

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный университет

Белорусский национальный технический университет

Учреждения образования:

«Белорусский государственный аграрный технический университет»

«Белорусский государственный медицинский университет»

«Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка»

«Белорусский государственный технологический университет»

«Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»

«Белорусский государственный университет культуры и искусств»

«Белорусский государственный университет физической культуры»

«Белорусский государственный экономический университет»

«Минский государственный лингвистический университет»

«НИРС-2005»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Х Республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь

в трех частях

Часть 2

14–16 февраля 2006 г.

г. Минск

Минск 2005

УДК 001 (476)(082)
ББК 72 (4Бей)я43

Редакционная коллегия:

Рахманов С. К., доктор химических наук, профессор,
Дик Т. А., доктор физико-математических наук,
Коростик К. Н., кандидат физико-математических наук, доцент
Толстик А. Л., доктор физико-математических наук, доцент
Крутько Э. Т., доктор технических наук, профессор
Минченко Л. И., доктор физико-математических наук, профессор
Алексеев В. Ф., кандидат технических наук, профессор
Малюгин В. И., кандидат физико-математических наук, доцент
Манак И. С., кандидат физико-математических наук, доцент
Якимов А. И., кандидат технических наук, доцент

Сборник тезисов докладов X Республиканской научной конференции студентов и аспирантов вузов Республики Беларусь «НИРС–2005». В трех частях. Часть 2.

УДК 001 (476)(082)
ББК 72 (4Бей)я43

Архитектура,
строительство,
транспортные
коммуникации

ДРАЎЛЯНЫЯ КАНСТРУКЦЫІ Ў МУРАВАНАЙ АРХІТЭКТУРЫ БЕЛАРУСІ МІНУЛЫХ СТАГОДДЗЯЎ

К. В. КРАЎЧАНКА. (студ. 5 к.), Ю. Т. ШАСТАК. (студ. 5 к.), БНТУ.

Аб'ектам даследвання з'яўляецца выкарыстанне драўляных канструкцый у мураванай архітэктурцы Беларусі мінулых стагоддзяў. Мэта працы—выяўленне гістарычнага шляху развіцця драўляных канструкцый у манументальнай архітэктурцы Беларусі, вызначэнне мясцовых прыёмаў і спосабаў апрацоўкі, высвятленне ступені магчымасці выкарыстання назапашанага досведу ў сучасным будаўніцтве.

Методыка працы—натурныя даследванні на тэрыторыі Беларусі, аналіз літаратурных крыніцаў.

Праблематыка на сёнешні час складаецца ў шырокім выкарыстанні драўніны ў новым будаўніцтве без уліку складзеных мясцовых асаблівасцяў, а таксама ва ўвядзенні неадпаведных элементаў у працэсе рэстаўрацыі драўляных канструкцый мураваных помнікаў архітэктурцы. Усё гэта вядзе да страты нацыянальных традыцый і знікнення вобразу беларускай архітэктурцы як такой.

У выніку даследвання былі сабраныя і прааналізаваныя факты, якія сведчаць пра тое, што вялікая колькасць помнікаў манументальнай архітэктурцы Беларусі мае драўляныя канструкцыі, утвораныя з максімальным рацыяналізмам і дасканалым разуменнем асаблівасцяў будаўнічага матэрыяла. Тэарэтычная значымасць атрыманых вынікаў палягае ў тым, што яны дазваляюць пашырыць навукова абаснаванае ўяўленне пра працэсы развіцця канструкцый з драўніны на тэрыторыі Беларусі ў мінулыя стагоддзі. Дадзеныя матэрыялы могуць быць выкарыстаныя для далейшага вывучэння станаўлення нацыянальнага стыля ў архітэктурцы Беларусі. Складзеныя гістарычны меры па зніжэнні вагі і павышэнні доўгатэрміновасці канструкцый, абароны іх ад вільгаці і вагню захоўваюць сваё значэнне і ў сучаснасці.

Практычнае выкарыстанне атрыманых вынікаў, у тым ліку і перспектывнае, палягае ў тым, што, згодна з матэрыяламі працы, з дрэва можна ажыццяўляць вельмі складаныя тэхнічныя і канструктыўныя рашэнні ў будаўніцтве, прычым найцікавейшым накірункам з'яўляецца пераасэнсаванне нанова прыёмаў і спосабаў, што дайшлі да нас з мінулых стагоддзяў. Сёння дрэва выкарыстоўваецца вельмі шырока ў інтэр'еры і экстэр'еры як эстэтычны, эканамічны і экалагічна бяспечны матэрыял, які мае ў сабе выразную повязь з нацыянальнай спадчынай.

1. Лакотка А.І. Нацыянальныя рысы беларускай архітэктурцы / Мн.: Ураджай, 1999.— 364 с.

2. Сергачёв С.А. Белорусское народное зодчество / Мн.: Ураджай, 1992.— 250с.

3. Трацевский В.В. История архитектуры народного жилища Белоруссии / Мн.: Выш. шк., 1989.— 191с.

ПОНЯТИЕ «АРХИТЕКТУРНАЯ ДЕТАЛЬ» В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

В. М. МИРОНОВ (аспірант), БНТУ

Впервые понятие «архитектурная деталь» стало употребляться в архитектуре только в начале XIX в., и несмотря на активную роль в рабочем лексиконе архитектора, не получило однозначного толкования в профессиональной литературе. Условно литературу можно разделить на 3 группы: общая профессиональная литература; специальные научные исследования; таблицы и каталоги.

Общая профессиональная литература рассматривает архитектурную деталь опосредованно.

Выделяются 2 основные направления. Первое направление, наиболее распространено, заключается в рассмотрении деталей как элементов композиции, значительно влияющих на формирование архитектурного образа объекта (Иконников А.В. «Основы архитектурной композиции», Максимов П. Н «Творческие методы древнерусских зодчих» и др.). Второе направление рассматривает деталь как элемент информационной среды, несущий огромную информационную нагрузку и значительно влияющий на эмоциональный образ от архитектурного объекта (Страутманис И. А. «Информационно-эмоциональный потенциал архитектуры», Кезик Т. «Архитектурная детализация», Крупницкий А. К. «Два фактора восприятия архитектурной формы» и др.)

Специальные научные исследования, как правило, рассматривают детали в первую очередь с точки зрения композиции и выявляют влияния на них социальной сути, конструкции, функции, способа строительства и материала объекта (Донгузов К. А. «Архитектурная деталь как элемент композиции в московской архитектуре 1930 – 1950 гг.», Форд Э. Р «Детали современной архитектуры» и др.).

Таблицы и каталоги систематизируют существующие аналоги деталей и предназначены для непосредственного применения на практике. Этот вид литературы наиболее распространен (Хорнбостл К. и Беннет Э. А. «Архитектурные детали и оборудование разного назначения», Борисовский Г. Б. «Архитектурные детали» и др.)

Обзор литературы по теме исследования позволяет сделать следующие выводы:

При описании любого архитектурного произведения исследователи всегда обращают внимание на деталь, которая рассматривается чаще всего в аспекте композиционного решения.

Как правило, деталь отмечается при описании произведений, связанных с прошедшими историческими эпохами. В описаниях посвященным произведениям современной архитектуры, упоминания о деталях крайне редки, случайны, не имеют системного характера.

ДРОЦ – НОВЫЙ ТИП САНАТОРНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ

А. Н. МАРКЕВИЧ (аспирант), БНТУ

Архитектурную среду следует рассматривать как важный фактор, способствующий реабилитации детей, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС. Реконструкции подлежат как вся сеть учреждений общественного обслуживания для детей, так и большинство зданий этой сети, расположенных в регионах, пострадавших в результате Чернобыльской аварии: здания детских дошкольных учреждений, общеобразовательных школ, внешкольных учреждений, учреждений отдыха, лечебно-профилактических учреждений и других. Не сформированы требования к проектированию нового типа учреждения для детей – детского реабилитационно-оздоровительного центра (ДРОЦ). Вместе с тем, в настоящее время в республике уже функционируют 10 комплексов ДРОЦ. Для этих целей приспособлены здания профилакториев, санаториев для взрослых, детских оздоровительных лагерей и других учреждений, которые не отвечают в полной мере современным требованиям организации полного комплекта реабилитационно-педагогических программ. До настоящего времени также отсутствуют нормативные и рекомендательные материалы по вопросам проектирования ДРОЦ.

Цель работы – снижение негативных последствий Чернобыльской аварии посредством создания полноценной архитектурной среды для организации процессов оздоровления, воспитания, обучения, рекреации в детских реабилитационно-оздоровительных центрах применительно к условиям Республики Беларусь.

Объект исследования – функционально-планировочная организация детских реабилитационно-оздоровительных центров, основные функциональные элементы зданий, их взаимное расположение и взаимосвязь.

Использованные методики – анализ литературных источников, статистических данных, проектных материалов, натурное обследование, экспериментальное проектирование.

Научная новизна – типологические особенности ДРОЦ изучаются впервые.

Полученные результаты – разработана функциональная структура нового типа санаторно-курортного учреждения – ДРОЦ, включающая помещения: проживания, учебные, медико-восстановительного лечения, общественного питания, культурно-массового обслуживания, физкультурно-оздоровительные и другие. Определены требования к планировочным решениям отдельных групп помещений. Разработанные рекомендации могут быть использованы при разработке пособий по проектированию комплексов ДРОЦ, а также в учебном процессе в архитектурной школе. Апробация полученных результатов проводилась в дипломном проекте «Детский реабилитационно-оздоровительный центр на озере Нарочь», выполненном при участии автора.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В АРХИТЕКТУРЕ

Т. А. ВОРОНИНА (студ. 4 к.), БНТУ

По социологическим данным среднестатистический городской житель от 60 до 90 % суточного баланса времени проводит в искусственной (архитектурной) среде. Возведение безликих архитектурных объектов породило экологическую проблему - видеоэкологию, а в ней - несоответствие принимаемых архитектурных решений объективным условиям зрительного восприятия человека. Проблема повышения качества архитектуры представляет важную социальную задачу, поскольку ее решение будет способствовать улучшению здоровья людей и сохранению природных ресурсов. Одним из направлений организации полноценной, «здоровой» архитектурной среды может стать использование бионических форм и принципов, так как эти формы эволюционно создавались природой, отбирались наиболее приспособленные и устойчивые элементы и наиболее художественно выразительные формы.

Цель исследования – изучить возможность применения бионических форм для типологического ряда жилых и общественных зданий и показать, что природная форма является моделью для архитектурной формы.

Объект исследования – взаимодействие приемов функционирования и формообразования природных и архитектурных объектов, творческая деятельность архитектора по применению бионических форм в организации искусственной среды.

Использованные методики: анализ литературных источников, изучение бионических моделей, экспериментальное проектирование.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Основная литература по проблеме – это исследования Ю.Лебедева. Однако в них вопросы взаимодействия бионических форм и конкретной типологии жилых и общественных зданий не отражены. Не затрагиваются также проблемы творческой деятельности в области бионической архитектуры.

Полученные научные результаты: показано, что бионические методы способствуют получению наиболее энергоэффективных и экологически благоприятных сооружений; даны также предложения по использованию бионических форм в различных типах зданий.

Положения работы апробированы в учебном проектировании при выполнении курсовых проектов автора по темам «Школа», «Досуговый центр». Настоящая работа может стать методическим пособием для студентов архитектурной школы. Ряд положений может быть использован в рекомендациях по проектированию. Предполагается проведение дальнейших исследований, связанных с вопросами экономии энергии в природных организмах и в искусственной среде.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ ЖИЛЬЕ (ТРАДИЦИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ)

Г. В. КОНДРАТЬЕВА (магистрант), БНТУ

Целью данной работы является изучение вопросов повышения энергоэффективности усадебного жилья за счет использования синтеза традиционных и современных технологий проектирования и строительства. Для чего детально анализируется процесс эволюции крестьянского жилища Беларуси (V–XX вв.).

В разные исторические периоды на территории Беларуси возникали разнообразные типы народного жилища. В V–VIII вв. на севере страны распространены постройки наземные, на юге – полуземлянки. Все жилища строили из дерева (экологически чистый материал) столбовой или срубной конструкции в «обло» (изоляция стыков); вход устраивался с южной стороны (защита от господствующих в зимний период ветров); печь, как правило, располагалась в правом заднем от входа углу (северо-запад – самая холодная зона) [1]. Таким образом, хозяин стремился как можно лучше расположить и построить свое жилище с целью сохранения тепла. На основании летописных сведений известно похолодание в XII–XVIII вв. [2], реакцией на что было в XI–XII вв. усиление процесса эволюции восточнославянского жилища, начавшегося в VIII–X вв.: жилое помещение поднимается выше уровня снежных заносов и весенних паводков, подальше от холодной влажной земли; рубленая постройка – клеть – была поднята на подклеть [3]; наземные жилища смещались к югу, вытесняя и заменяя собой полуземлянки; печь чаще ставили в правом переднем углу от входа [1]. В этот период появились трехкамерные и двухкамерные жилища [1] (увеличение количества дверей до теплого помещения, поворотная входная группа. Заключительным пунктом стали 70-е годы XX в. – типизация, формирование электрических и инженерных сетей (четкая фиксация границы застройки).

Сегодня совершаются попытки решения энергоэффективных задач за счет технических мероприятий, что приводит к удорожанию квадратного метра жилой площади, в то время как необходимо обратить пристальное внимание на утерянные сегодня национальные принципы формирования жилища, когда учет энергоэффективных, экологических и экономических задач стоял на первом плане.

1. *Раннопорт П. А.* Древнерусская архитектура. – СПб.: Стройиздат. С-Петербургское отделение, 1993. – 000 с.: ил.
2. *Суслов Н. М.* Тезисы для пресс-конференции посвященные Всемирному метеорологическому дню 23.03.04г. - <http://www.pogoda.by/press-release/press.html>
3. Восточнославянский этнографический сборник. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1956 (ответственный редактор: доктор исторических наук Токарев С. А.)

АРХИТЕКТУРА – ЖИВАЯ СРЕДА

А. С. АНДРЮШКИН (студ. 5 к.), Г. Е. МОЛОКОВИЧ, БНТУ

Здания и сооружения, малые архитектурные формы и целые архитектурные ансамбли обычно находятся в среде, от которой во многом зависит восприятие этих объектов. Средой являются и окружающая застройка, и ландшафт, и зелень, также к ней можно причислить воздух, свет, различные природные явления наподобие дождя или тумана. Последним, обычно, уделяется мало внимания и их воздействие часто не учитывается.

Целью работы является анализ существующих примеров выигрышного использования элементов среды, с последующим предложением по применению их на практике.

Въезд в древнюю Петру – один из самых драматических спектаклей, сопряженных с солнечным светом. Извилистое, узкое ущелье достаточно темное даже в яркий полдень, и вдруг взгляд упирается в ярко сияющую всеми оттенками золотисто-розовых цветов фасад высеченного в скале огромного святилища. Древний зодчий отлично понимал, что утомленный долгим путем караван должен был надолго застыть перед чудесным видением. Яркий дневной свет позволяет различать мельчайшие детали, он сглаживает все поверхности за счет сильных отражений солнечного луча – рефлексов, ощутимых даже в глубокой тени. Слабый искусственный свет заставляет остро проступить любую неровность, любую шероховатость материала, так что именно он приучил художника, скульптора, архитектора работать с различными фактурами – дерева, камня, штукатурки. Так, в полдень идеально выбеленная стена комнаты кажется идеально ровной, но стоит на нее упасть боковому вечернему свету, и немедленно проступят все неровности, как бы незначительны они не были. Византийцы догадались покрыть поверхности куполов и сводов кусочками золотой смальты – мозаикой. Благодаря этому, весь интерьер оказывается освещен золотым сиянием. Отраженный свет окрашивается за счет этого приема, создавая остро драматический эффект предельной возвышенности духа.

Особая прозрачность воздуха над океаном в несколько раз увеличивает четкость архитектурных деталей, воспринимаемых с далекого расстояния. В сильный холод воздух насыщен мелкими кристалликами льда, в кристаллы льда мгновенно превращаются частицы пара, и это сверкание погружает в тень даже исходно светлые архитектурные массы. Свет на юге «слепой» днем, и лишь в тенях, высвеченных рефlekсами, видны детали. Влажный и прозрачный воздух Севера мягко прорисовывает светотень, не размывая четкость силуэта, что неминуемо происходит в южных широтах. При этом в тени гораздо меньше рефлексов, и поэтому тень приобретает особенную глубину.

НОВОЕ И ТРАДИЦИОННОЕ В АРХИТЕКТУРЕ НЕПАЛА

МАРАХАТТА ПУНЕ САГАР (аспирант.), БНТУ

История архитектуры Непала свидетельствует о длительном эволюционном пути ее развития, во время которого было создано немало произведений, вошедших в сокровищницу мировой архитектуры. Но важно и то, что современная архитектурная среда активно использует достижения предыдущих поколений. Соседство памятников в центрах историко-культурного наследия всемирного значения с новыми, только что возведенными сооружениями, все более частое явление. Это свидетельствует о постоянном улучшении экономического состояния страны, но вызывает озабоченность общественности, которая обеспокоена слишком активным внедрением в повседневную жизнь местных жителей форм, никак не связанных с культурой непальского народа. Вместе с тем, исключительная выразительность традиционных форм архитектуры Непала, не исчерпала своего потенциала эмоционального воздействия. Поэтому для современной непальской архитектуры основной задачей является научное осмысление опыта взаимодействия традиционных и современных решений, и, прежде всего, в наиболее широкой сфере – жилищном строительстве.

Анализ объектов жилищного строительства показал, что в исторической высокоплотной застройке городов, особенно в долине Катманду, преобладает блокированный многоэтажный жилой дом, который получить развитие (при изменении демографического состава семьи) может только в вертикальном направлении. Окраинам городов, которые застраивались преимущественно во второй половине 20 в., и сельской местности характерны индивидуальные жилые дома, возможности развития которых определяются, прежде всего, размерами земельного участка. Новым типом жилья, характерным для государственного строительства последних десятилетий 20 в., стали блокированные 2-х этажные дома. Изменения в типологии жилья происходят параллельно с изменениями в формообразовании и с изменениями при реконструкционных мероприятиях, вызванных амортизационными или демографическими проблемами.

В связи с этим приоритетными направлениями научных исследований определены следующие:

1. Изучение традиционной жилой архитектуры Непала с целью выявления архитектурных форм, типичных традиционной архитектуре, раскрытия их многообразия, богатства и высокого эстетического потенциала;
2. Оказание методического обеспечения работ по реконструкции старого жилого фонда в исторических центрах городов Непала на основе рекомендаций по сохранению историко-архитектурного наследия;
3. Обоснование необходимости и возможности привлечения, на основе изучения процессов формообразования, прогрессивных традиций непальской архитектуры для создания современной жилой среды.

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ И ЦЕНТРОВ ДОСУГА МОЛОДЕЖИ В ИРАНЕ

ФАРРОХ СИЯР ФАРРОХ (аспирант), БНТУ

Основная часть учреждений досуга Ирана (кинотеатры, театры, музеи, выставочные залы, физкультурно-спортивные комплексы и др.) ориентирована на обеспечение одной - двух функций, как правило, сопутствующих. На этом сказывается определенная традиционность иранского общества, что находит выражение в достаточно предельной конкретике явлений общественной жизни. Однако, одновременно современная среда насыщается фактами и формами, основанными на новейших технологиях, что неизбежно обогащает содержательную сторону производственных, общественных и бытовых процессов. Безусловно, эти процессы будут воздействовать и на традиционные основы формирования среды молодежного отдыха. А так как людей молодого возраста в Иране около 25 % и в ближайшие годы, как показывают прогнозы демографической ситуации, этот показатель станет еще выше, то проблема организации досуга молодежи станет выходить за рамки лишь проблемы свободного времени.

В связи с этим можно рекомендовать, с учетом оценки существующей материальной базы сферы молодежного досуга, формировать среду для отдыха молодежи на основании следующих принципов:

- соблюдение оптимальности размещения центров отдыха (доступность, удаленность от мест проживания молодежи);
- универсализация внутренней структуры зданий для учреждений отдыха (возможность реагировать на новые технологии сферы развлечений, возможность эффективно изменяться в зависимости от вида мероприятий);
- обеспечение возможностей перспективного развития (инвесторов больше привлекают возможности реконструировать здания не за счет надстроек, а за счет расширения и пристроек, что позволяет продолжать эксплуатацию в период проведения реконструктивных мероприятий);
- создание выразительных архитектурно-художественных решений (архитектура зданий учреждений досуга, расположенных не только в центрах городов, но и в периферийных районах, должна быть активно участвовать в формировании выразительной и эстетически комфортной среды, а не ориентироваться лишь на возможности рекламы);
- экономичность (не только на уровне строительства, но и на уровне эксплуатации, что зависит не только от субъективных факторов – личностных достоинств организаторов, но от тех возможностей, которые обеспечит архитектурно-планировочное решение для трансформации и расширения видов предоставляемых досуговых услуг).

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И АРХИТЕКТУРА УСАДЕБНОГО ДОМА

Т. Ф. СИНЕГРИБОВА (магистрант), БНТУ

Тема альтернативных источников энергии и их применение в архитектуре является недостаточно развитой в Беларуси, но имеет тенденцию к стремительному увеличению интереса в изучении и освоении новых аспектов, связанных с энергосбережением и экологией. Многие страны уже вплотную занимаются этими вопросами, решая проблемы с помощью нетрадиционных методов. Тема является актуальной в наше время и в республике, так как ухудшается энергетическая и экологическая обстановка.

В наибольшей мере отрицательное воздействие на природную среду оказывает сжигание огромного количества топлива в целях энергообеспечения зданий, сопровождающееся загрязнением атмосферы. Применение энергосберегающего жилья помогает в решении этой проблемы, а также создает новые образы в архитектуре, что является немаловажным с точки зрения видеоэкологии и эстетики восприятия.

Цель работы – обозначить основные проблемы и тенденции развития современного архитектурно-строительного процесса, возникшие в последние годы вследствие обострения взаимоотношений человека и природной среды, а также выявить важнейшие приоритеты и перспективы, определяющие выбор принципов и средств решения энергетических и экологических проблем в строительстве и их влияние на архитектуру.

По результатам исследования наиболее выигрышны сегодня два пути повышения энергоэффективности объектов строительства: экономия энергии (снижением энергопотребления и энергопотерь), привлечение возобновляемых природных источников энергии. К альтернативным источникам возобновляемой энергии относятся: геотермальная, солнечная и ветровая энергии, а также энергия, получаемая различными способами из бытовых и промышленных отходов; энергия, получаемая из биомассы.

Европейский опыт в этой области уже показывает свои первые позитивные результаты, постепенно формирует основные принципы по их применению, что дает возможность анализа с целью их усовершенствования для других регионов со своими климатическими, экономическими и другими показателями. Результат исследования позволяет сделать вывод, что строительство экологического жилья – важная научно-техническая, архитектурно-строительная и социальная тенденция, решающая проблему экологии и энергосбережения. Нельзя также забывать и об архитектуре энергоактивного дома, нужно стремиться к повышению психофизиологического комфорта жизнедеятельности людей за счет совершенствования функционально-пространственной структуры архитектурно-градостроительных объектов. Так как на формирование образа экодому влияет применение альтернативных источников энергии, то можно с уверенностью заявлять о возникновении интересных приемов и новых тенденций в архитектуре.

ФОНТАНЫ В САДОВО-ПАРКОВОМ ИСКУССТВЕ

Т. А. ЯЦЕВИЧ (студ. 3 к.), А. В. МАЗАНИК (к. арх. н.), БНТУ

Слово «фонтан» происходит от латинского «fons» – источник или ключ. В Древней Греции каждый город имел свои фонтаны. Выложенные мрамором, с мозаичным дном, они совмещались то с водяными часами, то с водяным органом, то с кукольным театром, где фигурки двигались под воздействием струй. Историки описывают фонтаны с механическими птицами, которые весело пели и замолкали, когда внезапно появлялась сова. В первом веке нашей эры в Риме, благодаря пристрастию к фонтанам, на одного жителя расходовалось 1300 л воды в день. Самый высокий современный фонтан высотой 160 м находится в США. Воду гонят три насоса, мощностью по 600 лошадиных сил, а вес колонны-струи – более 8 тонн. До наступления эры электричества постройка фонтана была возможна лишь там, где есть расположенный выше источник водозабора. Один из ярких примеров – фонтаны Петергофа. Сегодня фонтан может быть построен даже в пустыне, – была бы подходящая емкость и небольшой запас воды. Циркуляция воды осуществляется за счет специального насоса. Существует несколько типов фонтанов: одно- и многоструйные, с одной или множеством чаш с переливающейся водой, украшенные скульптурой и прочим декором и другие.

Дворцово-парковый ансамбль Петергоф, крупнейшее в мире произведение паркового искусства, насчитывает 152 фонтана и 5 каскадов. Фонтаны Петродворца снабжаются ключевой водой по уникальному искусственному водоводу, использующему уклон местности к морю. Это исключительное гидротехническое сооружение своего времени, сохранившее до наших дней первоначальный принцип действия – самотечность. Водовод соединяет два канала, которые собирают воду ключей и речек Ропшинских высот. Три системы снабжают водой отдельные группы фонтанов – западную (Марли), центральную (Большой каскад) и восточную (Монплеизир). Более 2 тысяч струй выбрасывают за день около 100 тысяч кубометров воды.

Искусство освещения гидротехнического сооружения также имеет свои традиции, основанные на законах динамики и светопоглощающих свойствах среды. До того, как появились мощные искусственные источники освещения, использовали или отраженный свет от блестящих поверхностей (позолота, эмаль, перламутр), или масляные светильники и факелы. Сегодня светильники размещают за остекленными окнами или в специальной камере на дне и в бортах бассейна; под водой на глубине не более 10–15 см; в подводящей воду трубе около сопла (струя светится за счет полного внутреннего отражения светового потока); при освещении спадающих потоков воды – под водосливом. Фонтаны могут освещаться снаружи мощными прожекторами заливающего света. Цветомузыкальные фонтаны имеют огромное количество видов и типов, используют различные принципы функционирования и управления. Они являются визитной карточкой ряда городов – водные шоу всегда привлекают большое количество зрителей. Стоимость самого дорого цветомузыкального фонтана достигла 50 млн. долларов.

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В УСТРОЙСТВЕ МЯГКОЙ КРОВЛИ ПОКРЫТИЙ ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

О. М. ГОРБАЧЕВ (студ. 3 к.), В. Т. ПОЛЯК, Н. В. КУНИЦЫНА, БНТУ

Проблемой работы является возникающее под покрытием напряжение испаряющейся влаги в период эксплуатации кровли из рулонных наплавляемых материалов при ремонте плоских и скатных кровель промышленных и гражданских зданий.

Целью работы является эффективное устранение возникающих под покрытием напряжений и сокращение затрат по устранению возникающих под покрытием напряжений по сравнению с существующей технологией устройства микровентиляции кровель.

Использованные методики: 1. Методика микровентиляции кровли разработана в соответствии с договором № 65/5-99 от 12 апреля 1999 года «Разработать рекомендации по применению микровентиляции мягких кровель из наплавляемых материалов», заключенным между ООО №ГОЛТЭК-К№ и НИЭП ГП «Институт БелНИИС». Рекомендации одобрены Ученым Советом БелНИИС (протокол №55 от 14.06.99г.). 2. Замена перфорированного материала заводского производства на рубероид с крупной посыпкой. 3. Измерение влажности в % по массе в старом (существующем) подкровельном пространстве гидроизоляционного ковра и утеплителя до и после ремонта.

Научная новизна и особенность исследований: 1. Использование метода микровентиляции кровли с использованием доступных отечественных и недорогих материалов с сохранением старого покрытия кровли и существующего утеплителя кровли.

Полученные результаты и выводы: 1. Данный метод ремонта кровли с устройством микровентиляции сокращает затраты производства работ и увеличивает сроки эксплуатации кровли. 2. Позволяет достичь снижения влажности утеплителя и старого гидроизоляционного слоя до величины эксплуатационной влажности по СНБ 2.04.01.

Практическое применение полученных результатов: 1. Применение дышащей кровли исключает образование вздутий кровельного покрытия путем предотвращения повышения давления паровоздушной смеси под основанием кровельного ковра, обеспечивает мягкую эластичность ковра при деформациях, вызванных осадками и неравномерным нагревом конструкций, предотвращает образование трещин и разрывов от периодического замораживания, оттаивания и испарения, повышая надежность и долговечность кровли в 1,5–2 раза.

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ПЛАНИРОВКИ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ В 1917–1927 гг.

Р. ДРУГОМИЛОВ (студ. 5 к.), Д. В. КОЛЬЧЕВСКИЙ, БГСХА

Планировка – это архитектурно пространственная организация населенных мест, включая выбор и размещение материальных элементов, организацию и использование территорий и всей окружающей среды для решения комплекса градостроительных задач, направленных на максимальное удовлетворение потребностей населения.

Данная работа заключается в **анализе принципов планировки сельских населенных мест в период с 1917 по 1927 г.г.** и сравнении их современными принципами. Исследования основываются на трудах авторов того времени: инженера-архитектора И.И. Вerezубова и доктора Е.А. Брагина.

Октябрьская революция 1917г. существенным образом изменила принципы расселения и застройку населенных пунктов. 8 ноября 1917г. II съезд Советов принял декрет о земле, которым отменялась помещичья собственность на землю. В феврале 1919г. было принято «Положение о землеустройстве», которое предусматривало строительство крупных и благоустроенных поселков.

Большое внимание к архитектуре и планировке сельских поселений было приковано со стороны проектировщиков: проводилось большое количество конкурсов на проекты сельских клубов, зданий исполнительских комитетов, библиотек, крестьянских усадеб, жилых домов, животноводческих пр. построек, крестьянских жилых домов и ряд новых для деревни общественных зданий. В Москве и Петрограде были созданы первые государственные архитектурные мастерские, возобновили свою деятельность Московское архитектурное общество и Общество архитекторов-художников в Петрограде. В 1924 г. в РСФСР издаются «Обязательные правила о распланировании селений и их застройке», в которых впервые появились принципы функционального зонирования территории.

ГРУЗОПАССАЖИРСКИЙ ТЕРМИНАЛ: ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Д. В. ЖАРКЕВИЧ (аспирант), Е. Б. МОРОЗОВА (к. арх. н.), БНТУ

В последнее время в мировой практике строительства появился новый объект, называемый в зарубежной литературе терминалом [1]. Несмотря на активное строительство таких объектов, суть терминалов остается неясной. Возводимые в крупных мегаполисах мира, они отличаются по многим параметрам.

Под терминалами понимаются как комплексы, объединяющие аэропорты и станции рельсового транспорта, так и комплексы, соединяющие в себе лишь станции городского пассажирского транспорта с паркингами и общественно-деловыми функциями. Но при этом, у всех этих построек есть и общие черты – это обязательное пересечение станций в нескольких уровнях, соединение всех функций в одном объеме, «под одной крышей».

В российских «Рекомендациях по проектированию вокзалов» введено понятие «объединенный вокзал» [2]. Здесь можно сказать, что терминал является одной из форм объединенного вокзала, единым архитектурным объемом, объединяющим в нескольких уровнях станции междугородного, пригородного и городского транспорта.

Преимуществами возведения терминалов являются: экономия городских территорий, уменьшение загрузки городского транспорта, значительное сокращение времени пересадки, возможность получать в одном месте всю нужную информацию, приобретать билеты, сдавать и получать багаж.

В Беларуси, занимающей выгодное транзитное положение в Европе, в связи с развитием транспортного сообщения на оси Москва – Минск – Варшава – Берлин – Париж и увеличением грузовых и пассажирских потоков объединение станций различных видов междугородного, пригородного и городского транспорта в одном терминале становится необходимым. Еще более актуальным возведение транспортных терминалов делает дефицит городских земель и планируемое внедрение скоростного транспорта.

Таким образом, проблема проектирования, строительства и эксплуатации транспортных терминалов в настоящее время является актуальной, однако научно-обоснованных положений по их возведению не разработано. Не определено влияние видов транспорта, пересекающихся в терминале, на его функционально-планировочные параметры, не определены состав функциональных зон и их взаимное расположение, состав помещений, особенности объемно-пространственной организации и пр. Это выдвигает потребность в проведении научного исследования, которое позволит разработать функционально-планировочные и объемно-пространственные параметры транспортных терминалов, их типологию в зависимости от размещения, спектра обслуживаемых функций, питающих их транспортных систем и т.д.

1. *Cerver F.* The architecture of stations and terminals/ Arko. – 1997. Vol. 192.

2. *Азаренкова З. В.* Вокзал для города / Промышленное и гражданское строительство. – 2000. – № 10. С. 13–14.

ЭВОЛЮЦИЯ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В БЕЛАРУСИ

М. В. КЛЮКОВИЧ (аспирант), Л. В. ЕЛИЗАРОВА (к. арх. н.), БНТУ

Производственная инфраструктура поселений Беларуси, прежде всего городов, в процессе своего развития накопила целый ряд проблем: непропорционально высокая доля промышленных территорий относительно других частей города, нерациональное использование занимаемых предприятиями земель в следствие низкой плотности их застройки и неэффективности эксплуатации существующих площадей, изъятие ценных земель городского центра из общественного пользования, экологически неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Одним из способов оптимального решения проблем является реновация промышленных объектов – повторное использование объекта с изменением типа функционального назначения и возрождением непосредственно прилегающих к нему территорий. [1] Потребность в процессах трансформации предприятий возникла почти одновременно с промышленной архитектурой, но изучение их в Беларуси стало актуальным лишь с 70-х гг. XX в. В исследовании был собран и проанализирован белорусский опыт реновации производственных объектов центральных и переходных зон городских поселений. Для этого в процессе натурных обследований применялись графоаналитические методы, фотограмметрия и квалитетрический метод, адаптированный автором для анализа реновации промышленных объектов. Впервые были выделены четыре этапа качественного изменения реновации в Беларуси и дана их краткая характеристика. Им предшествовал период становления промышленности и ее непосредственной реконструкции в процессе развития научно-технического прогресса (кон. XIX – нач. XX вв.). В это время не предусматривалось присвоение новых функций предприятиям и прилегающим к объектам территорий, но закладывались предпосылки появления реновации, развитие которой началось с середины 20-х гг. Из всех этапов эволюции развития реновации наиболее интересен четвертый (нач. 90-х гг. по сегодняшний день). Он характеризуется резким увеличением количества реноваций промобъектов и осознанием ценности, эстетизацией производственных конструкций и инженерных коммуникаций. На основании полученных результатов дан кратковременный прогноз направлений реновации промышленных зданий и зон, выделены отрасли и перспективные новые функции реновируемых промышленных объектов. Данные могут использоваться при обосновании реализации регламентов Генерального плана г. Минска и разработке генеральных планов других городов. В перспективе материалы призваны расширить курс лекционных занятий и выступить в качестве пособия при курсовом проектировании по теме «Реновация промышленных предприятий».

1. *Сысоева О. И.* Реконструкция промышленных объектов: Учебное пособие/ Мн.: БНТУ, 2005. – 136 с.

АРХИТЕКТУРНАЯ АДАПТАЦИЯ НОВЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК К ПРОМЫШЛЕННЫМ ЗДАНИЯМ

А. В. КУЧЕРЯВЫЙ (студ. 4 к.), Д. Д. ЖУКОВ (к. тех. н.), БНТУ

В течение последних десятилетий развитие техногенной деятельности человечества происходит особенно стремительно. Причем базируется она преимущественно на таких невозобновляемых источниках энергии, как уголь, нефть и газ. Из такого положения вещей вытекают две фундаментальные проблемы: энергетическая и экологическая. Во многом решить эти проблемы позволяет использование возобновляемых источников энергии.

Целью данной работы является архитектурная адаптация двухкаскадных ветроэнергетических установок гелиоидного типа с вертикальной осью вращения к зданиям промышленного назначения и оптимизация данных архитектурно-технических решений.

Объекты исследования: промышленные здания, оснащенные ветроэнергетическими установками, гелиосистемами, тепловыми насосами и рекуператорами тепла вентиляционного воздуха.

Одна из особенностей настоящего исследования, базирующегося на научных разработках кандидатов технических наук Н.А. Лаврентьева и Д.Д. Жукова, заключается в том, что один из вариантов указанной адаптации и оптимизации разработан применительно к конкретному промышленному объекту в рамках курсового проекта «Энергоэффективный хлебозавод».

Полученные результаты показывают необходимость продолжения исследований и применения полученных знаний на практике.

УРБАНИЗАЦИЯ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Ю. А. ГЕТМАН (студ. 3 к.), Е. Е. НИТИЕВСКАЯ (к. арх. н.), БНТУ

Несмотря на то, что наш мир принято считать «цивилизацией мегаполиса», большие города – это относительно новый феномен. На протяжении большей части своей истории человечество жило в сельской местности и вело аграрный образ жизни. Ныне человечество вступило в период стремительной урбанизации, и неясно, каким образом этот процесс повлияет на будущее цивилизации. При стремительно увеличивающейся численности населения все острее встает вопрос о расселении большого количества человек на сравнительно небольшой по площади территории. В работе рассматриваются и анализируются проекты, позволяющие решить эту проблему [1].

Человечество рано или поздно вплотную подойдет к необходимости срочного решения вопроса расселения. Поэтому уже сейчас актуально проанализировать возможные предложения, чтобы в будущем избежать трудностей, связанных с решением проблем урбанизации. Достигнуть этого возможно путем переосмысления уже сложившейся системы городского планирования, создания качественно новой среды обитания, нового видения путей развития цивилизации.

В настоящее время возникают проекты многоуровневых, вертикальных городов, как подземных, так и башен-небоскребов [2]. При возведении таких сооружений решается масса проблем и, главное, повышается плотность населения. В результате мы имеем широко развитую инфраструктуру, высокий уровень проживания, перемещение в городе будет происходить уже в трех измерениях: не только в горизонтальной плоскости, но и по вертикали. Однако, вместе с этим катастрофически уменьшится площадь зеленых зон, а планировочная структура города будет четко отражать имущественное расслоение общества. Кто-то сможет себе позволить жить в воздушных пентхаусах, а кто-то будет страдать от недостатка естественного света, живя на нижних уровнях города-гиганта. Вполне возможно, что спустя некоторое время мы будем жить именно так, считая это вполне естественным.

Таким образом, уже сегодня внедрение некоторых решений и технологий, способствующих решению проблем урбанизации, является актуальной задачей, позволившей сделать человечеству еще один шаг в будущее.

1. <http://www.membrana.ru>; www.wemakemoneynotart.com

2. Иодо И. А., Потаев Г. А. Основы градостроительства и территориальной планировки: Учеб. для вузов. – Мн.: «Универсал-Пресс», 2003. – 216 с.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ. ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

А. ХОДЯКОВ (студ. 5 к.), Л. Е. РЫСЬ (к. арх. н.), БНТУ

Экологически чистая альтернативная энергетика – один из ключевых вопросов устойчивого развития и выживания цивилизации. Наша цивилизация динамична, а любое развитие требует, прежде всего, энергетических затрат. При существующих темпах и методах получения энергии можно ожидать в самом ближайшем будущем серьезных энергетических и экологических проблем. Переход к использованию альтернативных источников энергии необходим и во многих странах уже начался. Современный архитектор, как ключевая фигура в организации среды обитания человека, должен быть знаком с вопросами применения альтернативных источников энергии. В данной работе особое внимание уделено использованию энергии ветра.

Использование энергии ветра – идея не новая. До начала 20 века большая часть энергии в нашей стране производилась с помощью ветродвигателей и водяных мельниц. После 1917 года ветроэнергетика оказалась в забвении в связи с удешевлением тепла и развитием гидроэнергетики. В последние несколько десятилетий осознание глобальных проблем цивилизации стимулировало дальнейшее развитие ветроэнергетики. В 2002 году ЕВЕА совместно с «Гринпис» опубликовала отчет «Винд Форс 12», базирующийся на «мировом энергетическом обзоре 1998» Международного энергетического агентства о возможности покрытия 12 процентов мирового производства электроэнергии за счет ветроэнергетики к 2020 году.

Эффективность использования ветроэнергетических установок зависит от нескольких факторов, имеющих важное значение при решении композиционных и планировочных задач градостроительства. Так, результативность работы ветродвигателя возрастает при увеличении высоты его расположения, а также при размещении установок на открытых пространствах: побережье водоемов, в открытом море. Размеры ветроустановок требуют от архитектора рассмотрения этих объектов как значительного элемента современного ландшафта. Ветряки могут служить высотными доминантами, задавать ритм в архитектурно-ландшафтной организации открытых пространств, подчеркивать своеобразие ландшафта. Альтернативные источники позволяют вырабатывать энергию в непосредственной близости от потребителя. Современная энергосистема не позволяет эффективно приспособлять отдельные объекты под существующую динамику условий среды. Локализация системы производитель-потребитель возможна лишь с использованием альтернативных источников энергии. Город будущего

должен стать совокупностью автономных ячеек. Это позволит каждой ячейке самостоятельно быстро реагировать на изменение условий среды.

1. <http://www.ewea.org>

2. Жуков Д. Д., Лаврентьев Н. А. Энергию ветра – на ветер? // Архитектура и строительство. – 1999. – № 5.

АРХИТЕКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ (НА ПРИМЕРЕ ИНВАЛИДОВ ПО ЗРЕНИЮ)

Т. А. ШАТУНОВА (магистрант), Е. Б. МОРОЗОВА (к. арх. н.), БНТУ

Трудовая деятельность является неотъемлемой частью социальной реабилитации инвалидов. Основным местом приложения труда инвалидов по зрению является производственное предприятие. Среда производственного предприятия – это тот мир, в котором слепые и слабовидящий проводят значительную часть своей жизни. Хорошо спроектированная архитектурная среда производственного предприятия способна не только создать комфорт на рабочем месте, но и помочь ориентироваться, свободнее двигаться, получать новые возможности и чувствовать больше уверенности в своих силах. Существующая сегодня в республике среда для слепых и слабовидящих не может быть признана полностью благополучной. Она решает не все задачи, которые может и должна решать. Здесь не выполняются многие требования для ориентации, сама среда, находящаяся под диктатом технологических условий, наполнена препятствиями, создающими дополнительные проблемы. Объекты для слепых и слабовидящих создавались без достаточной научной обоснованности, часто с использованием типовых проектов, многие из них строились 60–80 лет назад. Нет строительных норм и рекомендаций по проектированию специальных производственных предприятий. Рассматривая вопрос создания производственных предприятий для людей с недостатками зрения и архитектурной среды в целом, необходимо решить, какой из двух принципиально различных подходов следует выбрать: проектирование специальных поселков, производственных комплексов или равномерное распределение пространства жизни инвалидов по зрению в структуре города, создание безбарьерной среды везде. Оба подхода имеют право на существование. Можно предположить, что на современном этапе более востребованными являются не большие комплексы, а малые предприятия. На данный момент проведено недостаточно научных исследований в области разработок архитектурной среды небольших производственных предприятий для инвалидов по зрению. Необходимо комплексное изучение построения объемно-пространственной структуры здания, в том числе и во взаимосвязи с системой ориентационных знаков. Изучение воздействия различных приемов архитектуры на разные органы чувств позволит создать архитектуру, которую смогут «увидеть» инвалиды по зрению, что сделает для них окружающий мир более интересным и наполненным.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТОРГОВЫХ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ В ИСТОРИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ БОЛЬШОГО ГОРОДА.

О. А. ВОЛОВИЧ (аспирант), БНТУ

Сеть магазинов, построенных в XX веке, нуждается в современной модернизации, как с технологической точки зрения, так и с архитектурно – эстетической.

Для того чтобы универсам соответствовал современным нормам и требованиям, а также был рентабельным, необходима экспозиционная площадь равная 600–1000м² и более для размещения всего ассортимента товаров. В центрах городов, построенных до середины XX века, таких универсамов нет или их количество не соответствует нормативному.

Для достижения цели – создания современного магазина – необходима разработка теоретической основы, где будет осуществлен анализ существующего положения и рекомендации по реконструкции торговой сети.

Исследование существующего положения показывает, что торговую сеть можно разделить на три типа:

- Магазины, встроенные в жилые здания.
- Магазины встроено-пристроенные, имеющие возможность дополняться пристройкой.
- Магазины, имеющие свободные от застройки площади, дающие возможность на их базе устройства структуры магазина.

Исходя из такого подразделения торговой сети, можно предложить следующую модернизацию:

- Перепрофилирование: ликвидация мелких продовольственных магазинов и преобразование их в фирмы и специализированные магазины, соответствующие современным нормам и требованиям туризма.
- Пристройка с главного или дворового фасада магазинов дополнительных объектов для увеличения экспозиционной площади.
- Устройство новых объемов на базе существующих магазинов для формирования в центре большого города в первую очередь недостающего количества универсамов, как наиболее прогрессивный и современный тип магазинов.
- Использование морально устаревших, нерентабельных предприятий для устройства в них универсамов.

Такая модернизация позволит улучшить архитектурно-эстетические качества торговой сети в соответствии с современными требованиями, а также устранить технологические недостатки (нет механизации, ускоряющей труд; недолговечные материалы, которые не дают возможность влажной уборки; малые торговые площади; нет перспективы расширения и т. д.) существующих магазинов.

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ЗРЕЛИЩНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В. В. ХАРА (аспирант), БНТУ

В ходе реальных социально-политических и экономических преобразований в Республике Беларусь изменяются и условия развития культуры. В целях качественного изменения основных функций культуры в жизни города и населенных пунктах должны быть усовершенствованы инфраструктура, экономические и социальные основы ее функционирования. Необходимо обновить материально-техническую базу, усовершенствовать демонстрационные комплексы, а при возможности создать новые сооружения.

Цель исследования – выявление оптимальной функционально-пространственной организации зрелищного сооружения универсального зрительного зала, обеспечивающей архитектурно-технические условия для реализации различных видов зрелищ с учетом условий их оптимального визуального восприятия.

Объект исследования – объемно-пространственные параметры зрительного зала, предназначенного для организации различных видов зрелищ в молодежных многофункциональных зрелищно-досуговых центрах, выявление зон совместимости размещения зрительских мест с благоприятными условиями наблюдения нескольких видов зрелищ.

Методология и методы. Решение поставленных задач проводилось на основе: изучения нормативных документов, литературных источников, анализа проектных материалов, графоаналитических методов построения конусов видимости, натурного обследования демонстрации зрелищ, выборочного анкетного опроса. Для исследования специфики и характера объектов наблюдения использовались визуальный метод, графоаналитический метод анализа «визуального кадра». Проведен анализ проектов многофункциональных зрелищно-досуговых центров. Объектографические исследования проведены в актовом зале, и в демонстрационном помещении белорусского центра моды. Для анализа параметров, определяющих условия видимости и зрительного восприятия, использованы данные офтальмологии, физики, антропологии. Научная новизна состоит: – во включении в комплекс объектов наблюдения в зрительных залах молодежных досуговых центров наряду с кинопоказом и театральным действием объектов демонстрации моделей одежды, восприятие, лектора – при проведении конференций и дискуссий; – в доказательстве зависимости архитектурной композиции зрительного зала досугового центра от обеспечения зрительских мест полноценными условиями зрительного восприятия комплекса различных видов зрелищ. Практическая значимость – рекомендации для проектирования новых и реконструкции действующих универсальных зрительных залов молодежных досуговых центров. Методические материалы по проектированию универсальных залов могут быть использованы в учебном процессе в высшей архитектурной школе при разработке проекта «Досуговый центр».

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА ГРАФОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ, ОТРАЖАЮЩИХ ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ НОРМ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д. А. АНТИПЕНКО (курсант 3 к.), А. А. СВИСТУН, КИИ МЧС РБ

Деятельность по обеспечению пожарной безопасности регламентируется большим количеством законодательных и нормативных актов, общее требование которых определяют основные направления в деятельности по обеспечению пожарной безопасности, составляющие единый комплекс мероприятий по предотвращению пожаров по противопожарной защите, а также организационно-технические мероприятия.

Попытки прямого применения действующих норм и правил пожарной безопасности при проведении обследований объектов приводят к следующему результату: низкое качество обследований (выявляются всего до 20 % нарушений), поскольку весь объем применяемой нормативной базы не укладывается в объем оперативной памяти человека.

Для решения этой проблемы необходимо синтезировать нормативную информацию и представить ее в виде графической модели, основу которой составляют принципы деятельности по обеспечению пожарной безопасности, проявляющей себя в конкретных ситуациях и ситуационно закреплённые в определенных нормах и правилах пожарной безопасности.

Возьмем в качестве информационной базы СНБ 2.02.01 «Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов», СНБ 2.02.02 «Эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре», СНБ 2.02.03 «Ограничение распространения пожара. Объемно-планировочные и конструктивные решения», в процесс формирования которой входят следующие этапы:

- обзор информации;
- отбор профессионально-значимой информации;
- анализ отработанной информации;
- обобщение результатов анализа;
- графическое отображение анализа информации.

Результатом такой работы является разработка комплекта графоаналитических схем, которые отражают противопожарные требования нормативных технических документов в строительстве на стадии проектирования и реконструкции зданий и сооружений по функциональной пожарной опасности классов Ф1- Ф4.

Он позволяет:

- изучать и применять противопожарные требования строительных норм и правил, содержащихся в

различных нормативных документах;

- упрощают понимание противопожарных требований строительных норм и правил;
- формируют логические связи;
- повышают надежность работы специалистов;
- приводят к снижению вероятности возникновения пожаров и ущерба от них.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИИ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В. И СОЛОВЕЙ (слушатель 3 к.), Г. И. КАСПЕРОВ (к. тех. н.) КИИ МЧС РБ

Исторический опыт свидетельствует о том, что развитие человеческого общества никогда не было бесконфликтным, непротиворечивым процессом. Одной из ключевых проблем является противоречие между упомянутым развитием и природной средой, в которой оно происходит. В отдельные моменты развития происходит своего рода кумуляция и обострение противоречий между природой и обществом, что влечет за собой возникновение чрезвычайных ситуаций, грозящих дестабилизацией или разрушением социальной и природной систем и потому требующих незамедлительного реагирования со стороны общества. Эти ситуации могут возникать взрывообразно, вследствие технологических (промышленных, энергетических и т.д.) катастроф, либо вызревать подспудно, принимая форму затяжного экологического кризиса, обусловленного серьезным загрязнением окружающей среды и подрывом природно-ресурсного потенциала.

В семидесятых годах в Европе имели место ряд крупных промышленных аварий. Эти аварии привлекли повышенное внимание к обеспечению промышленной безопасности и стимулировали разработку стратегии борьбы с крупными авариями – формирование в Евросоюзе политики предотвращения крупных техногенных аварий и катастроф.

В наших исследованиях отражены такие вопросы как:

- крупные аварии и катастрофы (техногенные и природные) в странах Евросоюза и Республики Беларусь;
- статус европейского сообщества;
- статистические данные крупных аварий и катастроф в странах Евросоюза и Республики Беларусь;
- основы государственного регулирования защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций.

Проведенные исследования и данные, полученные на их основе могут позволить:

- оценить хронологическую последовательность государственного регулирования защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь;
- проанализировать системы соответствующих государственных структур стран Евросоюза, предназначенных для реализации мероприятий в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций;
- проанализировать современный уровень регулирования защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь;
- проводить дальнейшие исследования в области государственного регулирования защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА НА СОСТОЯНИЕ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Э. ЗАХАРЕВИЧ (магистрант), БНТУ

В практике эксплуатации зданий встречается такое негативное явление как образование и рост колоний микроорганизмов на внутренних поверхностях наружных стен, вызванное выпадением конденсата на эти поверхности вследствие снижения их температуры ниже температуры точки росы. В особо неблагоприятных и подверженных образованию конденсата условиях находятся элементы наружных ограждений, в которых формируются двух- и трехмерные температурные поля. Это стыки между панелями стен и перекрытий, углы и т.п. Также актуальна проблема предотвращения конденсации внутри наружных стен, вследствие диффузии водяных паров в зимний период от воздушной среды помещения к наружному воздуху.

Основные факторы, оказывающие влияние на тепловлажностный режим ограждения: температура и влажность наружной и внутренней воздушных сред, геометрические параметры элементов ограждения и теплофизические свойства используемых конструкционных и теплоизоляционных материалов, высота и планировка помещения, характеристики систем отопления и вентиляции. Значительное влияние на распределение полей температуры и влажности в ограждении и внутри помещений оказывают локальные условия. Например, вблизи отопительного прибора или в застойных зонах, формируемых препятствиями для циркуляции воздуха.

Нормативные методики теплотехнических расчетов, содержащиеся в СНБ 2.01.04 – 97, носят обобщенный и упрощенный характер. Они позволяют проектировщику лишь поверхностно учитывать характер реальных многомерных и нестационарных процессов теплообмена. В некоторых случаях это может привести к указанным выше негативным явлениям.

Решение проблемы обеспечения нормального состояния наружных ограждений, а также теплового комфорта, видится в создании достоверной многомерной математической модели нестационарных процессов теплообмена между ограждающими конструкциями, внутренней и наружной воздушными средами с учетом воздействия систем отопления и вентиляции.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРУБ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННИХ ВОДОПРОВОДОВ ЗДАНИЙ

О. В. ЕВДОКИМОВИЧ (студ. 4 к.), О. Н. КОВШ (студ. 4 к.), БНТУ

В последнее десятилетие на рынке Республики Беларусь появились трубы из новых материалов. До этого в системах внутренних водопроводов зданий использовались преимущественно стальные трубы, которые отличаются большой прочностью и относительным удобством монтажа. Однако главным их недостатком является подверженность коррозии, что снижает надежность системы водопровода в целом. Кроме этого, скрытая прокладка труб, имеющих резьбовые соединения, запрещена.

В намного меньшей степени для систем водопровода использовались полимерные трубы, выполненные из полиэтилена низкого и высокого давления. Это было обусловлено рядом их недостатков: хрупкостью, низким коэффициентом температурного расширения, разрушением от воздействия ультрафиолетовых лучей.

Однако, на сегодняшний день, в системах внутренних водопроводах стараются не использовать стальные и полиэтиленовые трубы, характеризующиеся перечисленными выше недостатками. Им на смену пришли медные, полипропиленовые, металлополимерные и трубы из сшитого полиэтилена.

Целью данной работы – выявить наиболее рациональные области применения труб из этих материалов с учетом их характеристик. В качестве главных критериев при этом были использованы устойчивость к коррозии, допустимые параметры рабочей среды, устойчивость к внешним нагрузкам, в том числе температурное расширение, удобство и стандартизация монтажа, потери давления, теплопроводность.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Трубы из новых материалов (медь, полипропилен, металлополимер, сшитый полиэтилен) целесообразно использовать в системах внутренних водопроводов.

2. Трубы из этих материалов отличаются, по сравнению со стальными, существенно меньшими гидравлическими сопротивлениями, более низкой скоростью обрастания, что позволяет применить меньшие диаметры и снизить материалоемкость системы.

3. По сравнению с трубами из полиэтилена трубы из новых материалов обладают меньшими коэффициентами температурного расширения, что увеличивает область их применения в системах горячего водоснабжения.

4. Выбор конкретного материала труб для систем внутреннего холодного и горячего водопровода должен осуществляться в зависимости от конкретных условий.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

О. В. ЕВДОКИМОВИЧ (студ. 4 к.), О. Н. КОВШ (студ. 4 к.), БНТУ

Анализ труб, которые можно применять в системах внутренних водопроводов зданий показал, что наиболее предпочтительными с технологической точки зрения являются металлополимерные трубы. В них сочетаются преимущества стальных и полимерных труб: прочность, долговечность, коррозионная стойкость, низкая шероховатость, низкий коэффициент теплопроводности. Однако, до сегодняшнего дня отсутствуют теоретические исследования о технико-экономичной эффективности их использования. Основными критериями, при выборе материала труб, остаются консервативные представления о надежности стальных труб и отсутствие таблиц для гидравлического расчета металлополимерных труб.

Целью настоящей работы было – выявить технико-экономическую эффективность использования металлополимерных труб по отношению к наиболее часто используемым стальным.

Для этого были выбраны два жилых дома различной этажности и степени заселенности. Проекты были выполнены для стальных и металлополимерных труб с учетом требований, предъявляемых к устройству, монтажу и эксплуатации систем внутреннего водоснабжения жилых зданий из данных материалов [1, 2]. Гидравлический расчет системы из стальных труб выполнен с использованием таблиц [3], а из металлополимерных труб – с использованием номограмм [2].

В результате расчетов получены следующие основные выводы:

Холодный водопровод

1. Диаметры труб в системе из металлополимерных труб на 1 – 2 сортамента меньше, чем в системе из стальных труб.

2. Скорости в системе из стальных труб находятся в пределах 0,7 – 1,1 м/с, а в системе из металлополимерных труб достигают 3 м/с. При этом потери напора в системе из стальных труб выше в 5 – 7 раз, чем в системе из металлополимерных труб.

Горячий водопровод

1. Потери теплоты в системе из стальных труб в 25 – 30 больше, чем в системе из металлополимерных труб, что приводит к увеличению затрат на приготовление горячей воды и работу системы циркуляции при использовании стальных труб.

1. Пособие к СНиП 2.04.01-85 П1 – 2000 «Внутренние санитарно-технические системы. Производство работ».

2. Wavin система для внутреннего водопровода и отопления с пластмассовыми прессовыми соединениями. Инструкция и каталог изделий.

3. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. М.: Стройиздат, 1986 г., – 351 с.

УСТАНОВКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Е. Ю. ГОЛОВИЗНИН (студ. 4 к.), К. И. ДУНАЙ (студ. 5 к.), БНТУ

Основные принципы устойчивого развития диктуют нам новые требования, предъявляемые к охране окружающей среды, которые с каждым годом все больше ужесточаются. Очищенные сточные воды – один из источников загрязнения водных объектов республики. Возраст большинства канализационных очистных сооружений с биологической очисткой в нашей стране достигает 30 – 40 лет. Все они были запроектированы для удаления из сточных вод органических загрязнений по старым нормативным документам. Поэтому удаление на них из сточных вод биогенных элементов – основных компонентов, способствующих эвтрофикации водных объектов, не представляется возможным.

Выходом из сложившейся ситуации является реконструкция действующих и строительство новых очистных сооружений, предусматривающих биологическую очистку сточных вод с глубоким удалением биогенных элементов – азота и фосфора. Однако разработок, позволяющих осуществлять это, в нашей стране пока нет. А использование зарубежных аналогов не представляется возможным из-за различия в концентрациях поступающих на очистку сточных вод и технического развития отрасли.

Цель настоящей работы – совершенствование технологии очистки сточных вод с использованием установки имитационного моделирования.

В ходе работы, на основании проведенного анализа способов совместного удаления азота и фосфора из городских сточных вод, сделан выбор схемы биологической очистки сточных вод с реализацией технологии глубокого удаления биогенных элементов. Выбранная схема не требует больших эксплуатационных расходов, т.к. является безреагентной.

Создание анаэробной, аноксидной и аэробной зон с тремя рециркуляционными контурами должно обеспечить снижение содержания общего азота до 10 мг/л, а фосфора – 1 мг/л, одновременно снизив БПК сточной воды. При этом создаются условия для хорошего осаждения активного ила во вторичных отстойниках и уменьшения объемов избыточного ила. Выбранная схема обеспечивает возможность регулирования всех стадий процесса очистки.

Для принятия оптимальных параметров и технических решений принятой схемы, подтверждения теоретических основ технологического процесса была разработана и создана установка имитационного моделирования биологического процесса очистки сточных вод.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ГЛУБОКИМ УДАЛЕНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е. Ю. ГОЛОВИЗНИН (студ. 4 к.), К. И. ДУНАЙ (студ. 5 к.), БНТУ

Технологический регламент, разработанный в данной работе, основан на результатах научно-исследовательской работы «Разработать и внедрить в практику проектирования новых и реконструкции существующих очистных сооружений канализации технологию глубокого удаления биогенных элементов (азота и фосфора) с применением установки имитационного моделирования биологического процесса очистки сточных вод». Настоящий регламент устанавливает технологический режим эксплуатации и контроля процессов биологического удаления азота и фосфора.

Проведенные исследования подтвердили возможность очистки сточных вод с глубоким удалением биогенных элементов. Были выявлены основные факторы, влияющие на результаты очистки.

Технологическая схема UCT (разработана в University of Cape Town), опробованная в данной работе, основана на реализации в объеме аэротенка анаэробных и аэробных зон и позволяет снизить концентрацию загрязнений в сточных водах до следующих значений:

- взвешенные вещества – 15 мг/л;
- БПК₅ – 12 мг/л;
- азот общий (не более) – 10–15 мг/л;
- фосфор фосфатов (не более) – 1,0–1,4 мг/л.

Технология проведения процесса биологической очистки сточных вод с глубоким удалением азота и фосфора после строительства или реконструкции очистных сооружений включает в себя следующие этапы:

- подготовка к вводу в эксплуатацию;
- пусковые и наладочные работы;
- эксплуатационные работы.

График лабораторного контроля результативности процессов очистки составлен таким образом, чтобы можно было определять основные характеристики процесса очистки на различных этапах с учетом их функциональности. Кроме этого, регламентом определены основные методы контроля тех показателей, которые в стандартных условиях при эксплуатации действующих очистных сооружений не используются.

Регламентом определены основные рекомендации по проектированию очистных сооружений с глубоким удалением биогенных элементов с использованием предложенной технологической схемы. Кроме этого, в регламенте приведены технологические основы автоматизации таких очистных сооружений с целью повышения их эксплуатационной надежности.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ И ИХ РАСЧЕТ

А. П. ГРИГЕР (студ. 4 к.), БНТУ

Одним из основных элементов систем горячего водоснабжения являются водонагреватели теплообменного типа. Наибольшее распространение в отечественной практике получили скоростные водо- и пароводяные водонагреватели. Такие конструкции водонагревателей являются громоздкими и характеризуются повышенным потреблением теплоносителя. Один тепловой пункт с таким оборудованием представляет собой одноэтажное строение с размерами в плане 10х10 и более метров.

В последнее время разработаны более эффективные конструкции теплообменников – пластинчатого типа.

Наиболее распространенными в Республике Беларусь пластинчатыми теплообменниками, являются производимые фирмой «Термоблок». Эти аппараты по классификации относятся к типу эффективных (компактных) теплообменников. Интенсификация теплообмена в них достигается за счет турбулизации потока теплоносителя в каналах, образованными профилированными пластинами. Аппараты выпускаются в двух модификациях с двумя различными видами пластинами Р-0,25 и РС-0,2 – с площадью теплообменной поверхности 0,25 и 0,2 м² соответственно.

Подбор конструкции аппарата и определение режимных параметров можно осуществить двумя способами:

а) рассмотрение различных вариантов конструкции аппарата при проведении поверочного расчета каждого из выбранных вариантов;

б) проведение оптимизационных расчетов (определение экстремума целевой функции). В данном случае в качестве целевой функции задано число пластин и осуществляется поиск минимума этой функции.

Для расчета теплообменника должны задаваться 4 независимых переменных, которые выбираются из следующих величин: Q (тепловая мощность аппарата), $T_{гор.вх}$ (входная температура греющей среды), $T_{гор.вых}$ (выходная температура греющей среды), $T_{хол.вх}$ (входная температура нагреваемой среды), $T_{хол.вых}$ (выходная температура нагреваемой среды), $G_{гор}$ (расход греющей среды), $G_{хол}$ (расход нагреваемой среды). Возможность задавать различные сочетания параметров в качестве независимых переменных обеспечивает гибкость при расчете.

Расчет пластинчатого водонагревателя сводится к определению количества пластин и числа ходов теплоносителя. Фирмой-производителем разработана программа, позволяющая упростить и оптимизировать расчеты. Основу программы составляют результаты экспериментальных исследований, выполненных в Институте проблем энергетики НАН Беларуси.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ПОКВАРТИРНЫХ ВОДОМЕРОВ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Е. В. ХМЕЛЬ (студ. 5 к.), А. Д. ГУРИНОВИЧ (д. тех.н.), Е. А. КАЗАНЛИ, БНТУ

В связи с тем, что в строящихся и капитально ремонтируемых жилых домах приводится обязательная установка поквартирных приборов учета холодной и горячей воды (поквартирных водометров). Была проведена оценка экономии водных ресурсов и денежных средств потребителей.

Целью данной работы являлся анализ экономической эффективности установки поквартирных водометров путем сравнения нормативных данных и значений полученных в ходе исследования.

Объектом исследования стали две одинаковые квартиры, расположенных в 8-этажных жилых домах микрорайона Малиновка г. Минска. В квартире №1 данные по водопотреблению брались на основе показаний установленных крыльчатых водометров СКВ-15/Х, СКВ-15/Г, а в квартире №2 – учет велся по групповому водометру.

В процессе исследования осуществлялся сбор и сравнение данных о количестве и оплате за потребленную воду в квартирах с групповым и поквартирным водометрами. Была проведена параллель между данными, полученными в ходе исследования и величиной водопотребления во Франции.

Проведенное исследование доказывает, что установка поквартирных водометров целесообразна как для домов, где плата за коммунальные услуги производится на основании нормативных данных, так и для домов с групповыми водометрами.

ЦИРКУЛЯЦИОННАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ФИЛЬТРОВ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

А. М. ШЕЙКО (аспирант) БНТУ

В процессе эксплуатации водозаборных скважин наблюдается снижение их производительности. Основной причиной, приводящей к снижению количества добываемой воды из скважины и повышению энергетических затрат, является образование осадка на фильтре и в прифильтровой области скважины.

Поэтому для поддержания стабильной работы скважин и продления срока их службы, необходимо проведения восстановительных ремонтных мероприятий.

Комбинированный метод является наиболее эффективным при восстановлении дебита скважин [1]. На практике применение комбинированного метода является сложной инженерной задачей. Это связано с вопросами подбора состава реагента, его количества и др. Совершенно очевидно, что эти вопросы необходимо решать применительно к каждой скважине индивидуально, составляя свой «рецепт» восстановительных работ.

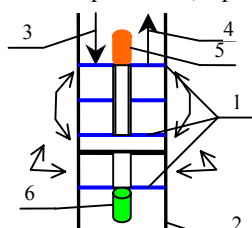


Рис. 1 Циркуляционное устройство

Основываясь на изучении комбинированных технологий [1], автором предлагается использование циркуляционной регенерации с использованием реагента и вибрации [2]. Причем циркуляция реагента возможна в осевом и в радиальном направлениях. Применение таких схем привело к созданию устройств, обеспечивающих циркуляцию реагента в различных направлениях [2,3,4]. Основными их элементами являются циркуляционные камеры 1, установленные в фильтре 2, подводящие 3 и отводящие 4 линии, осевой 5 и вибрационный 6 насосы (рис. 1).

Предлагаемое устройство, за счет увеличения глубины проникновения реагента в призабойную зону, повысит эффективность обработки фильтра и прифилтровой области благодаря циркуляции реагента в радиальном и осевом направлениях. Применение циркуляционных способов поможет увеличить количество добываемой артезианской воды и снизить затраты на ее подъем и подачу потребителю. Особенно актуально применение таких способов для скважин, эксплуатировавшихся более 5–10 лет.

1. Иващечкин В. В., Кондратович А. Н., Шейко А. М. Опыт применения комбинированных технологий восстановления дебита водозаборных скважин / Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Тезисы докладов 6-й Междунар. НТК. – Гродно:, 2005, – с. 78–79.

2. Шейко А. М., Иващечкин В. В. Технология циркуляционной декольматации фильтров водозаборных скважин / Аграрная энергетика в XXI столетии. Материалы 3-й Международной НТК. –Мн.: Типография РУП «Институт энергетика АПК, НАН Беларуси», 2005 – с. 208–210.

3. Шейко А. М., Иващечкин В. В., Герасименко И. А / Заявка № а20050552 от 2.06.2005 г. на выдачу патента РБ на изобретение: Устройство для циркуляционной обработки скважин на воду. (ВУ)

4. Иващечкин В. В., Шейко А. М., Кондратович А. Н., Лебян Ю. П., Губин В. В. / Заявка № а20050620 от 22.06.2005 г. на выдачу патента РБ на изобретение: Устройство реагентной обработки скважин. (ВУ)

ПРОИЗВОДСТВО МАЛОЭТАЖНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ ИНДУСТРИАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

*Е. А. ВОРОНКОВИЧ, Е. А. ДЕДЮЛЯ, О. В. ФИЛИППОВИЧ (студ. 5 к.),
В. М. САЦУРА (к. тех. н.), БГТУ*

Решение проблемы расширения объемов жилищного строительства на селе и его удешевления способствует развитию производства малоэтажных деревянных домов панельного типа и комплектов деталей для сельского строительства.

Одним из наиболее перспективных и высокоэффективных материалов, позволяющих снизить материалоемкость строительства, являются многопустотные древесностружечные плиты, технология изготовления которых разработана в Белорусском Государственном Технологическом Университете.

Отличительной особенностью этой технологии является возможность относительно просто изготавливать многопустотные плиты толщиной от 16 до 120 мм соответствующего назначения. При этом плиты толщиной от 16–19 мм можно использовать для производства элементов встроенной мебели, толщиной 34–40 мм – дверных полотен, 60–60 – перегородок, 100–120 мм – наружных стен малоэтажных домов, дачных домиков и др. сельскохозяйственных построек.

Применение многопустотных плит в конструкциях малоэтажных деревянных домов позволяет улучшить теплоизоляционные свойства последних и снизить их себестоимость. Например, конструкция панели наружной стены с использованием многопустотной плиты толщиной 120 мм с каналами, заполненными пенопластом, по сопротивлению теплопередаче эквивалентна кирпичной кладке в 750 мм. Трудозатраты на ее изготовление на 30%, а себестоимость в 1,5 раза ниже, чем у стеновой панели дома щитовой конструкции. Перегородка из многопустотной плиты при одинаковой толщине с гипсоплитовой (80 мм) в 1,5–2,6 раза превосходит последнюю по звукоизоляции, а изготовление обходится на 35% дешевле.

В докладе приведены основные физико-механические свойства многопустотных плит и строительных панелей на их основе, а также предложения по организации производства малоэтажных деревянных домов индустриальным методом.

ОГНЕСТОЙКИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

А. О. ДЕМИНА (студ. 5 к.), В. М. САЦУРА (к. тех. н.), БГТУ

Целью работы является повышение огнестойкости жестких пенополиуретанов (ППУ) с целью расширения областей по использованию (изготовление трехслойных строительных панелей, теплоизоляционного покрытия водопроводных сетей горячего и холодного водоснабжения, и др.).

ППУ находят все больший спрос в строительстве (гражданском и промышленном), так как обладают высокими звуко- и теплоизоляционными свойствами, водо- и атмосферостойкостью, прочностью.

Объектом исследований являлось изучение влияния новых катализаторов на физико-механические свойства жестких пенопластов.

Однако для дальнейшего расширения областей применения (в том числе и строительстве) проводятся исследования по получению огнестойких пенополиуретанов. Для расширения областей применения ППУ, наряду с улучшением огнестойких, прочностных и водостойких свойств были проведены исследования по получению самозатухающих ППУ.

Исследования и испытания проводились на трех видах образцов. Один вид образцов получали по известной рецептуре, на основе антипирина фосполиола II. Два других образца в качестве антипиренов были использованы соединения на основе галоидо- и фосфоросодержащих полиэфиров.

В процессе исследований были изучены изменения следующих характеристик: потеря массы при горении; скорость горения; время свободного горения; длине обгоревшей части; объемная масса; напряжения сжатия; удельная ударная вязкость; водопоглощение. В результате выполненной работы установлена практическая воз-

возможность повышения огнестойкости жестких пенополиуретанов с одновременным улучшением их прочностных свойств.

Испытания образцов производили в соответствии с требованиями ГОСТ или по существующим методикам для пластмасс такого класса. Результаты экспериментальных данных обрабатывались методом математической статистики.

В своем большинстве ППУ, получаемые по известным рецептурам – горючи. Однако с помощью их пока не удалось получить негорючие ППУ. Самозатухающие ППУ после кратковременного пребывания в пламени горелки прекращают самостоятельное горение и тление, но при длительном пребывании в пламени сгорают до 50–60%. Показатели огнестойкости улучшились в 2–3 раза, а физико-механические свойства в 1,5–2 раза, водопоглощение у образцов изменяется незначительно.

Следовательно, разработанные ППУ – композиции не уступают известным, а по огнестойкости и прочностным свойствам значительно их превосходят.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПЛИТЫ ИЗ ОТХОДОВ ОКОРКИ И ЖЕСТКИХ ППУ

Н. И. ЕРМОЛЕНКО (студ. 5 к.), В. М. САДУРА (к. тех. н.), БГТУ

В настоящее время в деревообрабатывающей промышленности использование древесной коры ограничено, что приводит к засорению окружающей среды и неоправданным затратами денежных средств на ее вывоз и сжигание.

Поэтому утилизация отходов окорки – одна из важнейших проблем решения задачи комплексного использования древесного сырья. Высокой эффективности, на наш взгляд, можно достичь при использовании отходов окорки для изготовления теплоизоляционных плит для строительства.

В качестве связующих для таких плит были использованы вспенивающиеся связующие (пенопласты), новые рецептуры которых разработаны в БГТУ.

Способность пенопласта вспениваться и отверждаться при комнатной температуре дает возможность резко снизить энергозатраты на обогрев пресса, а также на сушку древесных частиц, поскольку в данном случае некоторых особенностей пенопласта можно применять древесные отходы влажностью до 20 %.

Время выдержки плит в прессе не зависит от их толщины и равно 6–12 мин (этого времени достаточно для завершения всех химических и физических процессов, протекающих в результате синтеза ППУ), что особенно рационально при изготовлении теплоизоляционных плит повышенной толщины (60–100 мм) пригодных для использования в элементах конструкций стандартных деревянных домов.

Организация производства теплоизоляционных плит в промышленных условиях дает возможность резко снизить протяженность технологической линии получения плит (за счет исключения операций по предварительному смешиванию древесных частиц со связующим, формирования ковра и его подпрессовки и исключения из потоков соответствующего оборудования), повысить производительность прессов за счет относительно небольшого времени за счет прессования плит повышенной толщины.

В докладе приведены основные физико-механические свойства теплоизоляционных плит, а также дана схема устройства для их получения. В рассматриваемой схеме рекомендуемого устройства непрерывного изготовления теплоизоляционных плит нанесение связующего, формирование ковра и его прессование происходит в одном агрегате.

ДЕКОРИРОВАНИЕ ЩИТОВОГО ПАРКЕТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРА

Т. А. ЖИГАРЬ (студ. 5 к.), Л. В. ИГНАТОВИЧ, (к. тех. н.), БГТУ

Трудности реализации декоративной обработки древесины в промышленных масштабах вызваны значительным объемом ручного труда.

В последнее время в производстве художественного паркета широкое применение стали находить инновационные технологии. Данной инновацией считается применение лазера при декорировании паркетных щитов – интарсии, инкрустации, различных видах мозаики.

Использование лазерного луча на этих операциях позволяет частично решить проблему декоративной обработки древесины, делая возможной обработку древесины по сложному контуру, обеспечивая незначительную ширину реза и обеспечивая возможность обработки любого материала без предварительной подготовки.

Анализ современного уровня и состояния декоративной обработки древесины с применением лазерного луча показал, что с помощью лазерной установки реализуется прорезная резьба, плосковыемчатая резьба. Лазерная технология позволяет выполнять интарсию самыми различными материалами: металлом, пластиками, древесными материалами и т.п. Техника выполнения аналогична плосковыемчатой резьбе, но выемка в этом случае заполняется вставками из других материалов. Для выполнения такой операции необходима высокая точность воспроизведения рисунка. Представляет интерес изготовление таким образом образцов для блочной мозаики. На заготовке деталей блочной мозаики применяется импульсно-периодический режим работы лазера. С высокой скоростью и точностью позволяет лазерная технология выполнять инкрустацию изделий ценными породами древесины.

Использование в производственных условиях установки для декорирования с помощью лазерного луча подтверждает надежность ее работы, обеспечивает высокое качество паркетного изделия и воспроизводимость выбранных технологических режимов лазерного декорирования.

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ЛАМИНИРОВАНИЯ И КАШИРОВАНИЯ

А. В. ЛЕМЕХ (студ. 4 к.), Л. В. ИГНАТОВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

В настоящей работе предлагаются новые технологии каширования и ламинирования плитных материалов.

Трудности, связанные с производством мебели из натуральных материалов (массив древесины, натуральный шпон), требующим высококачественного исходного сырья, сложной технологии (склеивание, облицовывание, шлифование, отделка), привели к распространению синтетических облицовочных материалов – на базе пленок из пластмасс (АБС, ПВХ) или на основе бумаг с напечатанной текстурой древесины и пропитанных смолами. Детали мебели, облицованные методами ламинирования и каширования, как правило, не требуют дальнейшей отделки (лакирования), а мебель, облицованная высококачественными пленками, на первый взгляд, не отличается по внешнему виду от изготовленной с использованием натуральной древесины.

Поэтому в настоящее время приобретают актуальность исследования по созданию новых видов материалов, пригодных для использования в производстве мебели и строительстве без дополнительной отделки. Особенно, перспективными следует считать способы облицовывания, не требующие создания защитно-декоративных покрытий, так как в этом случае возрастает производительность труда и сокращаются материально-технические затраты. Речь идет о процессах ламинирования и каширования.

В работе представлены способы увеличения адгезии ламината к плите-основе. Анализ экспериментальных данных позволил из множества входных параметров выделить два фактора, оказывающих наибольшее влияние на объект исследования: температура в процессе каширования и ламинирования, а также продолжительность этих процессов. В рамках выполнения работы разработана рецептура дешевого клея на основе лигносульфонатов. При определении необходимых параметров ставились эксперименты с применением метода математического моделирования.

В нашей республике в настоящее время технология облагораживания древесноволокнистых плит слоем тонкоразмолотой массы внедрена на всех предприятиях, выпускающих ДВП мокрым способом. В АО «Витебскдрев» внедрена технология отделки плит в процессе их производства текстурной бумагой. В ПО «Борисовдрев» осуществляется окраска древесноволокнистых плит в процессе их изготовления составами на основе торфяного красителя.

Дальнейшие перспективы в применении и усовершенствовании технологий ламинирования и каширования очевидны, особенно в условиях Республики Беларусь.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

О. В. НАДУДИК (студ. 5 к.), О. Г. ЕРМОЛИК (студ. 5 к.), В. М. САЦУРА, БГТУ

Можно выделить три основных направления интенсификации процесса прессования древесностружечных плит методом экструзии. Один заключается в изменении конструкции экструзионных прессов, второй – в улучшении конструкции самих древесностружечных плит, третий – в применении известных методов по интенсификации процесса прогрева плит.

Не вызывает сомнения тот факт, что с увеличением ширины рабочего канала пресса прямопропорционально возрастает и производительность пресса.

Использование многоканальных прессов позволяет одновременно выпускать две и более непрерывные ленты таких плит.

С целью интенсификации процесса прессования многопустотных плит, снижения их веса при сохранении одинаковой приведенной плотности и экономного расхода пресс-массы можно изготавливать многопустотные плиты с углублениями на поверхностях.

Наличие указанных углублений позволяет, во-первых, снизить расстояние до точек плиты, максимально удаленных от поверхностей обогрева, и, во-вторых, увеличить площадь поверхностей обогрева, что позволит интенсифицировать процесс прогрева плит и соответственно увеличить производительность пресса.

Третьим направлением по интенсификации процесса прогрева многопустотных древесностружечных плит является использование некоторых уже известных методов. Прежде всего, это относится к методам «парового» и «газового» удара. Известна техническая возможность осуществления указанных методов и при производстве древесностружечных плит экструзионного прессования.

Общий эффект от применения «парового удара» может быть значительно выше, если поверхности многопустотных плит в процессе их изготовления смачиваются дозированным количеством перегретой воды, которую обычно применяют для обогрева коллектора и нагревательных плит пресса.

Таким образом, изготовление многопустотных плит с одновременным формированием углублений позволяет увеличить площадь обогреваемых поверхностей, которые прогреваются до температуры 100⁰С быстрее в 1,3 – в 1,65 раза, уменьшить расстояние до точек плиты, максимально удаленных от поверхностей обогрева, а соответственно и интенсифицировать процесс прогрева плит.

Методика и результаты экспериментальных исследований по интенсификации процесса прессования многопустотных плит представлены в докладе.

ВЛИЯНИЕ КРОМОЧНЫХ ПЛАСТИКОВ И КЛЕЕВ-РАСПЛАВОВ НА ПРОЧНОСТЬ СКЛЕИВАНИЯ

И. С. ПЕТРУКОВИЧ (студ. 5 к.), Л. М. БАХАР, БГТУ

В настоящее время для облицовывания кромок деталей мебели широко применяют кромочный материал ПВХ. В связи с этим появились проблемы, вызванные с низкой адгезией клеев расплавов к кромочному пластику и отслаиванием его от кромок мебельных деталей. Факторы, влияющие на качество облицовывания, а также способы повышения прочности клеевого соединения кромочного пластика с основой изучены недостаточно. Поэтому исследования, связанные с повышением прочности клеевого соединения представляются актуальными. Целью проводимых исследований являлось изучить свойства клея-расплава и кромочного материала, а также изучить влияние вида обработки поверхности кромочного материала на адгезионную прочность клеевого соединения. На основании проведенного аналитического обзора и патентной проработки, а также в соответствии с целью данной работы были поставлены следующие задачи: исследовать физико-механические показатели кромочных материалов и клеев-расплавов; выбрать из производственного опыта оптимальные режимы облицовывания и расход клея-расплава; исследовать методы повышения адгезионной прочности клеевых соединений. В проводимых исследованиях использовали материал, применяемый в мебельной промышленности Республики Беларусь: кромочный материал ПВХ, полиэфирный листовой пластик МКППЭ-2, меламинный рулонный кромочный пластик МКР-2, клей-расплав КРУС-2, клей-расплав SK-77.9.7. В ходе исследования был изучен производственный опыт по облицовыванию кромок мебельных деталей кромочным материалом, выбран оптимальный режим облицовывания: скорость подачи 30–40 м/мин; расход клея – 330–400 г/м²; усилие прижатия роликов в зоне контакта 1,8–2,5 кг/см², а также наиболее эффективные и доступные способы обработки (активизации) поверхности пластика. Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы: клей-расплав фирмы «Клейберит» SK-77.9.7 имеет более высокие физико-механические показатели, чем клей-расплав КРУС-2. Наиболее высокими показателями из изученных в данной работе обладают меламинный рулонный кромочный пластик МКР-2 и кромочный материал ПВХ. Экспериментально исследовано существенное влияние на адгезионную прочность оказывает обработка поверхности пластика ультрафиолетовым облучением и термообработка.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КЛЕЕНОГО БРУСА ДЛЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ СЫРЬЯ

Д. Л. РАПИНЧУК (аспирант), А. А. ЯНУШКЕВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

Жилищное строительство – важнейшее направление социальной политики государства. В минувшем году в республике введено в эксплуатацию около 3,5 млн м² общей площади, из них 960 тыс. м² – в сельской местности и малых городах. Такой объем строительства возможен лишь при условии максимального использования местных конструкционных материалов, одним из которых является древесина.

Объектом данного исследования является клееный деревянный брус, который обладает рядом преимуществ по сравнению с другими конструкционными материалами в деревянном домостроении. Он экологически чистый, обладает высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, долговечен, дома из него возводятся в кратчайшие сроки. Такой дом из-за низкого значения влажности древесины не требует усадки, которая откладывает все отделочные работы на длительный срок. По причине низкой влажности данный материал не подвержен гниению, не растрескивается и не рассыхается, не меняет геометрической формы, обладает высокой механической прочностью и минимальным коэффициентом тепловых потерь.

Целью исследования являлось определение оптимальных параметров клееного бруса и оптимального расхода сырья для его получения. Осуществлялось моделирование раскроя бревен диаметром от 16 до 40 см на определенное количество обрезных пиломатериалов толщинами от 25 до 50 мм и ширинами 100, 150 и 200 мм, поставки составлялись таким образом, чтобы учесть последующую механическую обработку пиломатериалов.

При составлении поставок за основу принималось шесть типоразмеров сечений клееного бруса: 100×100, 100×150, 100×200, 150×150, 150×200 и 200×200 мм. Полученные при раскрое бревен обрезные пиломатериалы компоновались в эти сечения. Определение размерных параметров клееного бруса осуществлялось исходя из условия рационального раскроя сырья. Затем, для сравнения показателей расхода сырья при производстве клееных брусей различных сечений и поиска оптимальных решений был подсчитан коэффициент расхода сырья на 1 м³ готового бруса различных сечений. В результате для каждого рассматриваемого диаметра сырья было получено некоторое количество значений коэффициента расхода, сопоставление которых впоследствии и позволило определить границы размерных групп диаметров и рекомендуемые сечения клееного бруса.

Таблица. Рекомендуемые сечения брусей в зависимости от размеров сырья

Размерные группы бревен d, см	16–22	24–30	32–40
Рекомендуемые сечения клееного бруса h×b, мм	100×150	150×150	200×200

Выполнение предложенных рекомендаций для рассматриваемых сечений клееного бруса способствует рациональному использованию пиловочного сырья, что в свою очередь влечет уменьшение вырубки лесов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННЫХ СОСТОЯНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Д. С. САМЕСОВ (студ. 1 к.), Т. И. РАЗВИНА (к. физ-мат. н.), БНТУ

При создании современных строительных конструкций очень важно знать характер деформаций, возникающих в этих изделиях при эксплуатации под действием статической либо ударной нагрузки. Необходимо учитывать не только конструктивные формы строительных элементов и физико-механические свойства материалов, но и особенности напряженного состояния элементов строительных конструкций. Целью нашей работы являются изучение явления фотоупругости и разработка на его основе устройства для моделирования и визуализации объемной и поверхностной деформаций, возникающих под действием нагрузки в исследуемых образцах, моделирующих различные элементы строительных конструкций.

Для проведения экспериментов был собран макет полярископа, работающего с использованием линейно поляризованного и эллиптически поляризованного света. Экспериментальная установка состоит из оптического рельса, на котором последовательно размещались источник света, поляризатор, исследуемый образец, закрепленный в прессе, и анализатор. Макеты строительных элементов изготавливались в заданном масштабе из прозрачного изотропного пластика. Когда нагрузки прикладываются к модели, в ней возникает плоское напряженное состояние, которое изменяет оптические свойства материала. Материал становится оптически анизотропным и действует как двулучепреломляющая пластинка. Если исследуемая модель, размещенная в полярископе, подвергается деформации, то на экране наблюдаются полосы: изохромы и изоклины. Для случая плоского полярископа выполнены расчеты формирования оптической анизотропии в зависимости от направления действия нагрузки. В пределах линейности деформаций формируется визуализация картин распределения напряжений в изучаемых элементах строительных конструкций при растяжении-сжатии, изгибе, при наличии концентраторов напряжений типа отверстий, трещин, гантельных переходов, контакта тел и т.п. В работе обсуждается зависимость наблюдаемых картин от размеров элемента, геометрии приложения к нему сил деформации и их уровня.

Полученные результаты позволяют установить наглядную связь между конструктивными особенностями строительных элементов и конструкций, характером испытываемых ими нагрузок и картиной возникающих деформаций, а так же определить пути оптимизации конструкций по критерию равнопрочности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГЛАЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПО ДЛИНЕ ЛИНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБРАБАТЫВАЕМУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Н. Н. СИДОРОВ (аспирант), П. Е. ВАЙТЕХОВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

Ускорение темпов и объемов жилищного, коммунального, промышленного, дорожного и других видов строительства требует совершенствования технологии и применяемого оборудования. Проектирование новых технологических машин часто сопряжено с трудностями в теоретической проработке вопроса и экспериментальных исследованиях. Создание машин для обработки незатвердевших бетонных поверхностей в том числе тормозиться этими факторами.

В настоящей работе предлагается оценивать эффективность заглаживающих машин по основной характеристике процесса обработки – заглаживающей способности.

Для сравнения выбран рабочий орган в виде вращающегося диска, который является наиболее часто используемым на практике, и рабочий орган в виде диска, совершающего планетарное движение.

По математическим зависимостям для простого и планетарного вращения рассчитана длина линии воздействия дисков на обрабатываемую поверхность, которая по гипотезе А.В. Болотного в основном определяет эффективность их воздействия.

На основании расчетов длин линии воздействия можно делать выводы о эффективности сравниваемых рабочих органов, отказавшись при этом от предложенных А.В. Болотным эмпирических зависимостей, требующих проверки на практике.

Результаты расчетов показали, придание дисковым рабочим органам планетарного движения увеличивает эффективность их воздействия на обрабатываемую поверхность в несколько раз. Это различие зависит от вида планетарного движения (внутренняя или внешняя обкатка), количества заглаживающих дисков, геометрических соотношений планетарного рабочего органа.

Таким образом, отказавшись на начальном этапе проектирования рабочих органов от трудоемких и дорогостоящих экспериментальных исследований процесса заглаживания, можно на основании анализа теоретических расчетов делать оценку эффективности рабочего органа с конкретными размерами.

Машиностроение
и машиноведение,
автоматизация
производственных
процессов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ MATLAB ДЛЯ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

С. А. И. СУЛТАН (аспирант), И. А. ИВАНОВ (д. тех. наук.), БНТУ

Метод ионно-плазменного осаждения позволяет получать покрытия сложного состава. Одним из факторов, влияющих на функциональные свойства таких покрытий является толщина осажденного слоя. Наиболее сильно это, зависимость проявляется для покрытий толщиной до 20 мкм, характерной для ионно-плазменных конденсатов. Поэтому задача разработки эффективных инженерных методов оценки толщины покрытий представляется актуальной.

Цель работы – использовать пакет прикладных программ MATLAB для анализа ранее полученных экспериментальных данных по распределению толщины однокомпонентного титанового покрытия с учетом изменения расстояния от испаряемой поверхности катода до поверхности основы.

Для решения задачи аналитического описания экспериментально полученных зависимостей предпочтительно подбирать эмпирические формулы в виде многочленов, степень которых заранее неизвестна [1]. Для расчета параметров многочленов предложено использовать пакет прикладных программ MATLAB для IBM совместимых РС. В MATLAB для построения интерполяционных полиномов пользуются методом неопределенных коэффициентов [2]. В качестве примера рассмотрен однокомпонентный плазменный поток, формируемый при испарении в катодных пятнах вакуумной дуги титана марки ВТ1-0. При моделировании за источник плазмы (центр испарения) принималась точка пересечения оси испарителя с испаряемой поверхностью катода модель "точечного источника".

Для титановой плазмы дугового разряда уменьшение скорости роста покрытия с удалением от поверхности катода взято из литературных источников в виде графиков. Полученные экспериментальные кривые могут быть описаны следующими уравнениями.

Для тока дугового разряда 115А скорость роста покрытия y зависит от расстояния основы от испаряемой поверхности катода h :

$$y_1 = 2.09 \cdot 10^{-7} \cdot h^3 - 6.95 \cdot 10^{-5} \cdot h^2 - 8.25 \cdot 10^{-3} \cdot h + 4.005$$

Для тока дугового разряда 70А эта зависимость будет описываться следующим уравнением:

$$y_2 = 2.88 \cdot 10^{-7} \cdot h^3 - 1.12 \cdot 10^{-4} \cdot h^2 - 1.28 \cdot 10^{-3} \cdot h + 4.147$$

Используя полученные уравнения можно рассчитать толщину осажденного покрытия с учетом положения основы в вакуумной камере. Таким образом, скорость осаждения ионно-плазменных покрытий может быть рассчитана с учетом движения основы в вакуумной камере.

Выводы: 1. Использование пакет прикладных программ MATLAB для статистической обработки результатов экспериментов позволяет получить аналитические зависимости для расчета скорости осаждения покрытий. Полученные аналитические зависимости могут быть использованы в качестве основы для разработки программы расчета толщины нанесенных покрытий

1. Румишинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971. – 192 с.

2. Кетков Ю. Л., Кетков А. Ю., Шульц М.М. MATLAB 6.x: Программирование численных методов. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 672с.

ПОВЫШЕНИЕ БОЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ САМОЛЕТА

С. А. БАЦАГИН (курсант 5 к.), О. А. КОНОПЕЛЬКО (к. тех. н.), ВА РБ

Авиационное артиллерийское вооружение (ААВ) является составной частью комплекса авиационного вооружения летательных аппаратов. В настоящее время проблема повышения эффективности ААВ является весьма актуальной. Одним из направлений такого повышения является разработка селективного питания оружия патронами. Существующая (штатная) процентовка типов артиллерийских боеприпасов снаряжаемых в патронную ленту (30 % – бронебойных, 70 % – осколочно-фугасных), не позволяет рационально использовать их поражающее действие при стрельбе по целям различной уязвимости.

В данной работе разрабатывается механизм автоматики авиационной автоматической пушки с селективным питанием патронами, применение которого позволит летчику на этапе боевого применения выбирать требуемые типы боеприпасов для повышения их боевой эффективности.

Основным звеном автоматики пушки является барабан с копирными пазами, который вращается при стрельбе. При этом затворы, размещенные в казенниках, за счет взаимодействия своих роликов с копиром, совершают возвратно-поступательное движение вдоль продольной оси оружия, обеспечивая выполнение всех операций по перезаряданию.

Работу механизма автоматики обеспечивает газопороховой двигатель, шток которого совершает продольное перемещение за счет поочередного воздействия на поршни пороховых газов, отводимых из каналов стволов в газовые цилиндры. Возвратно-поступательное движение газового штока преобразуется во вращательное движение барабана, что обеспечивается внутренним копирным пазом. Для начальной раскрутки барабана используется пиростартер. Подача патронных лент осуществляется посредством двух механизмов подачи, которые приводятся в работу от зубчатого венца барабана.

В результате оценки эффективности разработанной пушки выработаны практические рекомендации летному составу по рациональному применению артиллерийских боеприпасов.

Таким образом, разработанная авиационная автоматическая пушка с селективной системой питания патронами, позволит за счет выбора требуемого типа снарядов повысить эффективность боевого применения оружия до 30 % в зависимости от типа цели. При этом масса по сравнению с прототипом меньше, что достигается оптимизацией некоторых элементов конструкции прототипа.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КАРДАННЫХ ВАЛОВ И ПЕРЕДАЧ НАЗЕМНОЙ ТЕХНИКИ

М. И. ВАСЕВИЧ (магистрант), В. А. СТРУК (д. тех. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Карданные валы и передачи являются наиболее распространенными механизмами для передачи крутящего момента между агрегатами различных машин.

В автомобилестроении полимерные покрытия широко применяются для уменьшения трения скольжения и износа, в частности, в подвижных шлицевых соединениях карданных валов и передач. Покрытие наносится на одну из сопрягаемых деталей. Вторая сопрягаемая деталь должна иметь гладкую контактирующую поверхность, что достигается методами холодного пластического деформирования, в основном – накатки.

Одним из таких покрытий является полиамид 11, известный под торговой маркой «Rilsan». Применение рильсанового покрытия шлицевого соединения позволяет снизить коэффициент трения до значения $\leq 0,08$ и повысить ходимость карданных валов и передач до 500000–1000000 км.

Недостатком рильсанового покрытия является его высокая стоимость, а также необходимость применения специального подслоя – праймера, что существенно сказывается на цене карданного вала или передачи.

В связи с этим специалистами МиРТ УО «ГрГУ имени Янки Купалы» и ОАО «Белкард» ведутся работы по разработке состава композиционного триботехнического материала на основе полиамида 6 с высокими адгезионными и триботехническими характеристиками. Для этого в состав полиамида 6 вводятся частицы полиамида 11, чем обеспечивается повышение эластичности матрицы. В качестве модификатора в состав полимерного покрытия добавлены фторсодержащие компоненты и наносиликаты. Этим обеспечивается уменьшение коэффициента трения в шлицевой паре и повышает ее износостойкость.

Экономический эффект данной разработки заключается в том, что стоимость полимерного покрытия на основе полиамида 6 в 5–8 раз меньше, чем аналогичного по характеристикам покрытия торговой марки «Rilsan».

ГЕОМОДИФИКАТОРЫ – КАК НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

В. В. ГАВРИЛОВА (магистрант), В. А. СТРУК (д. тех. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Перспективным направлением современного полимерного материаловедения остается разработка функциональных наноконпозиционных материалов. В качестве модификаторов в таких материалах применяют наполнители с размером частиц от 1 до 100 нм, к числу которых относят ультрадисперсные металлы и их оксиды ультрадисперсные алмазы и керамики, фуллерены, природные минералы.

Особый интерес вызывают природные силикаты, т.н. «геомодификаторы» (ГМ). Из всех минералов силикаты наиболее распространены в земной коре. Это достаточно дешевый материал. Кроме того, геомодификаторы обладают уникальными свойствами, что обусловлено их специфическим строением. Геомодификаторы формируются в толще земной коры в условиях повышенных температур и высоких давлений. В результате геохимических процессов на поверхности частиц образуются нанопазы с особым зарядовым состоянием, которые активно взаимодействуют полимерными макромолекулами. Однако механизм такого взаимодействия недостаточно изучен, что затрудняет выбор оптимальных составов новых композиционных материалов.

Для исследований в качестве матрицы выбран политетрафторэтилен (ПТФЭ), обладающий высокой химической стойкостью, малой пористостью, низким коэффициентом трения, отличными электрическими и механическими свойствами.

Цель работы состоит в установлении механизма действия геомодификаторов типа слоистых и каркасных минералов на структуру и свойства политетрафторэтилена.

Объекты исследований – глинистые минералы, трепел, гранитная мука.

Геомодификаторы термообработывали при температурах от 100 до 1000°C. Исследовали зарядовое состояние частиц до и после термообработки методами термостимулированных токов (ТСТ) и ЭПР-спектроскопии.

Научная новизна состоит в установлении механизма армирования наносиликатами матрицы политетрафторэтилена.

Практическая значимость заключается в разработке малонаполненного наноконпозиционного материала на основе ПТФЭ повышенной прочности и износостойкости.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА ВАКУУМНЫХ ДУГОВЫХ ИСПАРИТЕЛЕЙ

Х. Т. Е. КАРМАЖИ (аспирант), И. А. ИВАНОВ (д. тех. н.), БНТУ

Для различных методов физического осаждения в вакууме стадия генерации плазменных потоков является наиболее важной. Так как, состав и параметры потока определяют условия осаждения покрытий.

Цель статьи: Расчет параметров плазменного потока вакуумных дуговых и испарителей.

Плазменный поток однокомпонентной металлической плазмы, генерируемой при испарении таких металлов как титан, цирконий, алюминий и т.п. включает ионы зарядов +1, +2, +3 и т.д. Процентное содержание этих ионов в потоке различно. Такая же закономерность наблюдается и при испарении вакуумной дугой катодов из сплавов металлов или металл-неметалл. Например, при испарении сплава титан-кремний образуются ионы как металла так и кремния с зарядами +1, +2, +3 (для металла), при этом содержание Ti -9...18 %, Si -7...16 %. В целом генерируемый при испарении катодов плазменный поток является электрически нейтральным, т.к. объемные плотности положительных и отрицательных зарядов в нем равны. В этом случае можно говорить о сред-

них параметрах потока. Любое тело, попадающее в плазменный поток, оказывает воздействие только на ту его часть, которая находится на расстоянии от поверхности этого тела не более радиуса Дебая. Рассчитаны величины радиуса Дебая и плотности ионов в потоке для различных условий.

В объеме всей вакуумной камеры плазменный поток является электрически нейтральным и его движение может описываться газодинамической моделью. Формирующаяся плазма является неизотермической, т.е. температуры электронов (T_e) и температуры ионов ($T_{ион}$) различны. Это, в основном, связано с тем, что легкие электроны при упругом ударе с массивными ионами практически не обмениваются энергией. Как правило $T_e \gg T_{ион}$. Существование такой неизотермической плазмы поддерживается за счет зарядного тока.

Плазма обладает двумя важными свойствами. Во-первых, она низкотемпературная, т.е. температура ионов составляет 10^5 К и ниже. Действительно, ионы различных металлов, формирующиеся в области катодного пятна, имеют начальную энергию в пределах 10...50 эВ. Таким образом, создаются предпосылки того, что бы при определенных условиях на поверхности твердого тела происходила конденсация ионов с образованием химических соединений. Во-вторых, плазма является идеальной. Следовательно, потенциальная энергия кулоновского взаимодействия двух частиц плазмы мала по сравнению с кинетической энергией их теплового движения. Расширение гетерируемой при дуговом разряде плазмы в вакууме происходит в режиме молекулярного течения. Для такого режима характерно значение числа Кнудсена $Kn = (x / \lambda_0) < 1$, где x – характерный размер вакуумной камеры (порядка 0,5–1,0 м); λ_0 – длина свободного пробега частиц. При давлении 10^{-2} Па длина свободного пробега частиц равна 1,8 м, что превышает характерные размеры вакуумной камеры.

Выводы. Поток частиц на подложку – ионов плазмы, молекул и атомов технологического газа является практически бесстолкновительным. Все реакции между осаждающимися частицами протекают только на поверхности конденсации. В этих условиях трудно допустить возможность возникновения сильных флуктуаций средних параметров ионно-плазменного потока вблизи поверхности конденсации приводящих к изменению механизма роста осаждаемого покрытия.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА АВИАЦИОННОГО ВООРУЖЕНИЯ ШТУРМОВИКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ ПО ВОЗДУШНЫМ ЦЕЛЯМ

Д. А. КОЛЕСНИКОВ (курсант 5 к.), Э. Ж. ПАВЛУШКИН, ВАРБ

В соответствии с требованиями Президента РФ и Министра обороны по укреплению обороноспособности государства, повышению боевой готовности войск и оснащению их современной боевой техникой и вооружением, в ВВС и войсках ПВО проводится закупка новых образцов техники и модернизация устаревших.

Такая необходимость подтверждается близостью границ стран НАТО, оценкой вероятного воздушного противника и уроками недавних войн и конфликтов. Модернизация КАВ штурмовика позволит расширить его боевые возможности по уничтожению воздушных целей, путем оснащения его техническими средствами обнаружения, замены устаревших ракет современными.

Проблему модернизации КАВ штурмовика можно решить путем размещения на нем современных авиационных управляемых ракет (АУР) класса «воздух-воздух», тепlopеленгатора (ТП) под фюзеляжем самолета (на шестую точку подвески) и доработки системы управления оружием (СУО).

При размещении ТП на штурмовике появится возможность применения самолета по воздушным целям в условиях радиоэлектронного противодействия противника. При этом значительно упростится работа летчика, так как без применения ТП ему приходилось обнаруживать цели визуально, а ракеты наводить на них маневром самолета. Это довольно проблематично, так как летчик может визуально обнаружить цель на дальности не более 8 км (при хороших метеоусловиях) и ему приходится вести ближний бой с маневрирующими целями. ТП в таких же условиях способен обнаруживать цели на расстояниях до 45 км. Система целеуказания построена таким образом, что координаты цели передаются автоматически на ракету без участия летчика, ему лишь необходимо нажать боевую кнопку для пуска ракеты.

Проведенные расчеты показали, что реализация такой модернизации на практике является экономически выгодной, так как не требует дополнительных затрат. Согласно результатам расчета оценок эффективности вероятность поражения цели увеличилась на 0,4. Сравнительный анализ КАВ штурмовиков РФ и стран НАТО показал, что эффективность КАВ отечественных штурмовиков больше штурмовиков НАТО.

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ПРЯДИЛЬНЫХ КОЛЕЦ С НАЛОЖЕНИЕМ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Р. Р. ЛУЖИНСКИЙ, В. Е. БАБИЧ (студ. 5 к.), Л. Е. СЕРГЕЕВ (к. тех. н.), БГАТУ

Одной из ответственных деталей влияющей на производительность современной кольцевой прядельной машины является прядельное кольцо со специально обработанной поверхностью. Технологический процесс изготовления данных колец включает в себя комплекс токарных сверлильных и фрезерных операций, закалку в защитной среде и шлифования. Однако, существует ряд определенных трудностей для их реализации. Это связано с тем, что форма кольца представляет собой достаточно сложную поверхность для получения требуемых выходных показателей. Изучая шероховатость поверхности кольца после шлифования, видно, что данные микронеровности вершин и впадин будут для протекающей по ним нити играть роль режущего лезвия при условии ее дополнительного натяжения во время ее движения. Даже если в целом обрыва пряжи и не произой-

дет, то во всяком случае определенная часть волокон окажется перерезанной, что резко снизит прочность нити и может сказаться на других технологических пунктах.

Как известно, процесс изготовления детали характеризуется копированием ее поверхностью, конфигурации формообразующего инструмента. В данном случае требуется обеспечить проникновение в труднодоступные участки кольца типа узких канавок режущих граней данного инструмента. Становится ясно, что это является сложной технологической задачей для шлифовального круга с твердой связкой его абразивных зерен, таким образом, можно сделать вывод, что контакт режущих зерен с деталью в такой зоне следует производить путем применения иного вида связки, обладающего большей вязкостью.

Создание такой связки с наличием подвижно-координированного зерна осуществлено и реализовано магнитно-абразивной обработкой (МАО). Ферроабразивная щетка, играющая роль инструмента, позволяет путем ее так называемого «выпучивания» и одновременного удержания на полюсном кончике, достигнуть шероховатости, отличающейся высокой степенью выглаженности радиусов вершин и впадин микронеровностей. При отсутствии острых граней сформированная методом МАО топография поверхности, обеспечивает в отличие от шлифования уменьшение обрывности нити. Также, для шлифования характерно возникновение высокой температуры (до 800°C) в зоне обработки, что приводит к концентрации напряжений, а следовательно возникновению прижогов. Данное явление становится следствием увеличения числа отказов.

В результате проведенных испытаний установлено, что применение МАО как финишной операции позволяет получить на сложно-профильной поверхности прядильных колец в местах их рабочего контакта с нитью пряжи шероховатость, $R_{a1}=0,01-0,02$ мкм. Данные показатели шероховатости обеспечивает снижение обрывности нити пряжи до 25 %, что повышает эффективность прядильного производства.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

С. Г. МИНАЕВ (магистрант), В. А. СТРУК (д. тех. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Проектирование форм для литья полимерных деталей под давлением начинают с анализа технологичности отливаемой детали. Этот процесс, включает в себя оценку эксплуатационных характеристик изделия, обеспечения рациональных условий течения материала в форме, точности изготовления; уменьшения внутренних напряжений, коробления, цикла изготовления. Конструкция изделия должна предусматривать место подвода литника, положение выталкивателей, следов от вставок и расположение линии разъема формообразующих элементов. До недавнего времени правильное выполнение всех вышеперечисленных действий основывалось на небольшом количестве расчетных формул, а также на квалификации, опыте и интуиции конструктора. Ошибки, допущенные на самых первых стадиях проектирования и обнаруженные после испытания формы, часто приводят к большому объему доработок вплоть до внесения принципиальных изменений в конструкцию и по стоимости могут быть соизмеримы с изготовлением новой оснастки. В настоящее время разработаны программные пакеты, позволяющие осуществить не только первичную оценку технологичности детали, но и выпустить комплект технической документации на оснастку и осуществить его проверку.

Цель работы состояла в анализе существующих программных продуктов в области контролирования оснастки для выпуска полимерных изделий.

Методика исследований представляла собой комплексный анализ основных параметров продуктов по критериям доступности, стоимости, технологичности и качества оснастки. Осуществлен анализ достоинств и недостатков различных программ в зависимости от уровня решаемой проблемы.

Предложена методология конструирования технологической оснастки с использованием на ранних стадиях процесса программных средств типа C-Modul или Moldflow, Pro/Engineer, Unigraphics, Delcam, Solidworks, Visicam.

Показана эффективность применения подхода к процессу проектирования оснастки, основанного на использовании комплектов нормализованных деталей фирм HASCO, DME, EOC и др.

Разработанная методология может быть использована на предприятиях, специализирующихся в области выпуска полимерных функциональных изделий из пластмасс.

ПРИРОДНЫЙ КВАРЦ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. ДРОБЫШ (аспирант), Т. Е. ПЕТЮШИК (студ. 1.к), Е. Е. ПЕТЮШИК (д. тех. н.), БНТУ

Одним из ключевых показателей эффективности и целесообразности создания новых проницаемых материалов, в частности, фильтрующих, является стоимость сырья. Использование местного природного сырья существенно снижает затраты на изготовление материала. В этом смысле на территории стран СНГ перспективным представляется природный кварц – песок, стоимость которого находится в пределах 10–30 тыс. руб./т.

Целью работы являлась экспериментальная оценка возможности использования в качестве сырья для получения проницаемых материалов и изделий природного кварца, добываемого в Республике Беларусь, балансовые запасы которого составляют более 51 млн. т. Кварцевые пески разрабатываются на двух (из 4-х выявленных) месторождений: Ленино и Четверня (оба – в Гомельской обл.), начата разработка Лоевского месторождения.

Объектом исследования являлся гранулометрический состав природного кварца. Рассев природного кварца Лоевского месторождения показал, что в общем объеме кварц фракции (–630 мкм) составляет ~5 %, фракции (–200 мкм) ~10 %, а фракции (+315)÷(–630) и (+200)÷(–315) мкм – 60 % и 25 % соответственно.

Из шихты на основе природного кварца фракций (+315)÷(–630) и (+200)÷(–315) мкм изготовлены образцы проницаемых изделий в виде труб [1] с размерами: Ø50×40мм, длина – до 600 мм. Технология изготовления

включала радиальное прессование заготовок, их спекание и дополнительную упрочняющую обработку. Некоторые характеристики пористого материала из природного кварца приведены в таблице.

Структурные характеристики	Фракция природного кварца, мкм	
	(+315)÷(-630)	(+200)÷(-315)
Пористость, %	46	35
Максимальный размер пор, мкм	95	62
Средний размер пор, мкм	51	39

Пористый пористый материал на основе природного кварца фракций (+315)÷(-630) и (+200)÷(-315) мкм обеспечивает фильтрацию жидкостей и газов от механических загрязнений в достаточно широком диапазоне их размеров. Повышение тонкости очистки может достигаться использованием порошка с меньшим размером частиц ((-200) мкм) как при изготовлении пористых изделий из него, так и при создании многослойных пористых изделий. Этим обеспечивается и более полное использование сырьевых запасов.

Таким образом, комплекс стоимостных показателей и функциональных свойств местных запасов кварца природного позволяет сделать вывод о возможности и целесообразности его эффективного использования для получения пористых пористых изделий.

И. Петюшик Е. Е., Азаров С. М., Дробыш А. А. Исследование пористости пористых изделий из природного кварца // Машиностроение. – Мн., 2005. – Вып. 21. В 2-х т. – Т.2. – С. 100 – 104.

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДЕЗАКСИАЛА КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А. Ю. ПИЛАТОВ (аспирант), Г. А. ВЕРШИНА (к. тех. н.), БНТУ

Одним из путей повышения удельной мощности двигателя внутреннего сгорания является осуществление двухтактного цикла. Экспериментальные исследования и теоретические расчеты показывают, что литровая мощность двухтактного двигателя при прочих равных параметрах больше литровой мощности четырехтактного на 50–70 %. Однако вследствие неизбежности выброса части горючей смеси в выпускное окно и из-за высокой токсичности выхлопа двухтактных двигателей необходимо вести работу по совершенствованию данного типа двигателей.

В ходе проведенных исследований было установлено, что в кривошипно-шатунном механизме, имеющем положительный дезаксаж (смещение оси поршневого пальца относительно оси поршня по направлению вращения коленчатого вала), средняя скорость поршня при его движении вниз меньше скорости поршня при его движении вверх. Также в ходе дальнейших исследований установлено, что дезаксаж в поршне двухтактного двигателя необходимо выбирать таким образом, чтобы поршень проходил закрытие продувочного окна и шел к закрытию выпускного окна, когда его скорость максимальна по абсолютному значению после верхней мертвой точки. Этот факт был подтвержден результатами экспериментов по снятию ряда внешних скоростных характеристик мотоциклетного двигателя. Для базового агрегата ММВЗ 3.115 положительный дезаксаж в 5 мм по сравнению с отрицательным в 5 мм (смещение оси поршневого пальца относительно оси поршня против направления вращения коленчатого вала) обеспечил снижение минимального удельного расхода топлива с 462 до 441 г/кВт·час, небольшое увеличение максимальной величины эффективной мощности от 5,89 до 6,13 кВт.

Также установлено снижение мощности механических потерь в следствие уменьшения величины силы бокового давления на стенку цилиндра на 4–10 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ИЗ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА

А. С. ПОДВИГИН (студ. 3 к.), А. М. АВСИЕВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Для Республики Беларусь, не имеющей достаточной собственной сырьевой базы, актуальной является задача удешевления технологии восстановления-упрочнения деталей нанесением покрытий с применением материалов, производимых на собственной территории с использованием отходов производства. Решение данной проблемы может быть связано с анализом формируемых в республике металлических отходов и разработкой эффективной технологии нанесения упрочняющих покрытий. Одним из перспективных материалов для нанесения таких покрытий являются отходы электроэрозионной обработки высокохромистого чугуна марки ИЧХ28Н2 следующего химического состава: 28 % Cr, 2,5 % C, 2 % Ni, 1 % Mn, остальное Fe. При проведении исследования на данном этапе ставилась задача изучить основные физико-механические характеристики плазменных напыленных покрытий из указанного материала: структуру, микротвердость, прочность сцепления с поверхностью основы.

Плазменное напыление производилось на установке УПУ-3Д при напряжении дуги азотной плазмы 90 В, сила тока варьировалась в пределах 200...400 А. Подготовка поверхности перед напылением производилась дробеструйной обработкой. Изучение структуры и микротвердости покрытий производилось на микрошлифах после травления 4 %-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте. Прочность сцепления покрытий определялась штифтовым методом.

Газотермическое напыление дисперсных отходов электроэрозионной обработки высокохромистого чугуна марки ИЧХ28Н2 позволяет получить покрытия с благоприятной для обеспечения высокой износостойкости композиционной структурой и микротвердостью от 4 до 17 ГПа при средних значениях 7,5...9 ГПа. С увеличением силы тока плазмы средняя микротвердость снижается, что можно объяснить увеличением количества ос-

таточного аустенита. Прочность сцепления с основой плазменных покрытий из порошка высокохромистого чугуна достигает 15..18 МПа при силе тока плазменной дуги 370 А, поверхностная пористость после напыления по визуальным оценкам составляет 25...30 %. По данным показателям покрытия являются работоспособными в ограниченном диапазоне нагрузок.

Полученные результаты позволяют считать порошок высокохромистого чугуна перспективным материалом для восстановления изношенных деталей газотермическим напылением. Существенное улучшение физико-механических свойств покрытий может быть обеспечено последующим их оплавлением концентрированными источниками энергии.

УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫПУКЛОГО НЕОДНОРОДНОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА, РАСПОЛОЖЕННОГО НА ГРАНИЦЕ НЕОДНОРОДНОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА

О. А. ЧИГАРЕВА (студ. 4 к.), БНТУ

Работа посвящена проблеме устойчивости равновесия твердых тел, стоящих на полупространстве под действием сил тяжести и фронтов ударных волн.

Целью работы является получение условий, при которых твердое тело может перейти в неустойчивое состояние.

Объектом исследования является твердое неоднородное тело, стоящее на неоднородном полупространстве.

Исследование базируется на основных законах механики.

Научная новизна состоит в постановке задачи о потере устойчивости твердым телом без деформирования и разрушения.

Получены условия перехода тела в состояние неустойчивого равновесия за счет смещения центра масс в неоднородном теле. Смещение центра масс может произойти за счет процессов происходящих внутри тела и ведущих к изменению распределения плотности. Рассмотрены модели накопления повреждений в основании тела, в результате чего, тело может перейти в состояние неустойчивого равновесия. Аналогичный результат имеет место в случае, когда в результате каких-либо процессов, протекающих в полупространстве, могут измениться характеристики жесткости, прочности среды. Например, в грунтах это могут быть процессы разупрочнения за счет водонасыщения или фильтрации. Рассмотрена задача о возможности перехода тела в состояние неустойчивого равновесия при воздействии фронта воздушной ударной волны или быстро летящего массивного тела. Импульс фронта определяется скоростью и массой волнового пакета. Получена оценка для критической скорости фронта волны, энергия которой способна совершить необходимую работу. Рассмотрена задача о возможности перехода тела в состояние неустойчивого равновесия под действием ударной сдвиговой волны сейсмического происхождения. Установлено, что фронт волны, приходящей с глубины примерно 500 метров будет параллелен поверхности полупространства. Вследствие того, что начальные напряжения в полупространстве растут с глубиной линейно, имеет место эффект сейсмического цунами, когда перемещения на фронте волны, идущей к поверхности растут, а напряжения падают. Получена оценка критической скорости фронта волны, способной совершить необходимую работу. Рассмотрены модели накопления повреждений в зоне контакта тела с полупространством, ведущие к снижению величин критических скоростей ударных волн в воздухе и грунте.

Область применения: устойчивость прочных сооружений при воздействии сейсмических и воздушных ударных волн.

ЗАДАЧА О ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВЯЗКО-УПРУГОЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВО ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ЕГО ПОВЕРХНОСТИ

А. А. КУЗНЕЦОВА (аспирант), А. В. ЧИГАРЕВ (д. физ-мат.н), БНТУ

Рассматривается движение с постоянной скоростью нормальной нагрузки по вязкоупругой балке, лежащей на вязкоупругом полупространстве. По балке, лежащей на вязкоупругом полупространстве, движется сосредоточенная нагрузка интенсивности P с постоянной скоростью c .

Дифференциальное уравнение изгиба балки, лежащей на упругом основании, записывается, как известно ([1]) имеет вид $B \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = p(x, t)$, где $w(x, t)$ - нормальное перемещение оси балки, B - ее изгибная жесткость, $p(x, t)$ - интенсивность нагрузки, приложенной к балке, ρ - плотность материала балки.

В подвижной системе координат вектор перемещения в упругом полупространстве удовлетворяет уравнению $\mu \Delta \bar{U} + (\lambda + \mu) \nabla \operatorname{div} \bar{U} = \rho c^2 \frac{\partial^2 \bar{U}}{\partial x^2}$, где $\bar{U}(U_x, U_y, U_z)$ - вектор перемещения, λ, μ - константы Ламе, ν_1 - коэффициент Пуассона.

Вязко-упругая постановка приводит к необходимости рассматривать в комплексной форме входящий в постоянные Ламе модуль упругости $E_1 = E' + iE''$, а также вектор перемещения $\bar{U} = \bar{U}_1 + i\bar{U}_2$.

Проанализированы полученные системы вида $\left\{ \left(\Delta - \frac{k_i}{E_1'} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) f = 0; \left(\Delta - \frac{k_i}{E_1''} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) f = 0 \right.$, где $k_i, i = 1, 2$ - некоторые константы, а в качестве f выступают действительные и мнимые части потенциальной и соленоидальной составляющих вектора перемещения. Решения получены в виде двукратных интегралов Фурье.

Отдельно проанализирован частный случай $E' = E''$, когда системы вырождаются в отдельные уравнения, решения которых отличаются от общего случая (см. [1]).

Полученные результаты могут быть использованы для решения прикладных задач динамики машиностроения и автомобилестроения.

1. Филиппов А. П. Колебания деформируемых систем – М.: Машиностроение, 1970. – 734 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ

Т. В. ХРАМОВА (аспирант), В. А. СТРУК (д. тех.н.), ГрГУ им. Я. Купалы

В настоящее время в конструкции карданной передачи все большее распространение получают композиционные материалы. Характерной особенностью композиционных материалов является наличие нескольких фаз и границ раздела. Отличительной чертой является существенная неоднородность их строения, эксплуатационные свойства этих материалов нельзя представить как «сумму» свойств компонентов.

Размеры изделия из композиционного материала превосходят размеры компонентов. Это позволяет применять теории эффективных свойств при расчете механических и эксплуатационных характеристик. Согласно этой теории, структурно-неоднородный материал рассматривается как однородная среда, обладающая некоторыми физико-механическими свойствами, которые называются макроскопическими или эффективными. Такой подход позволяет использовать математический аппарат механики деформированного твердого тела при расчете композиционных материалов.

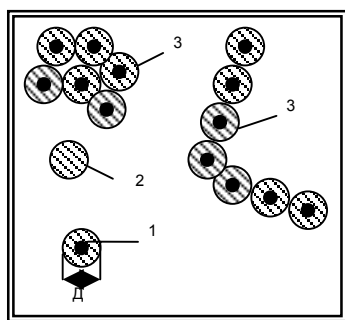


Рис. Кластерная структура нанокompозита:

- 1 – наночастица,
- 2 – модифицированная область матрицы,
- 3 – кластер и модифицированные области матрицы,
- Д – размер модифицированной области

Предложена модель кластерной структуры композиционного материала на основе полимерной матрицы (рис.). В рамках работы сделан расчет объема эквивалентной однородности для композиционных материалов на основе полимерных матриц.

СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА БАЗЕ СЫРЬЯ БЕЛОРУССКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е. В. СЕНЧУРОВ (студ. 5 к.), А. В. БАЗЕЛЕВ (студ. 4 к.), Л. Е. СЕРГЕЕВ (д. тех. н.), БГАТУ

В ряду финишных операций, предназначенных для достижения необходимых показателей деталей машин, определенное место занимает магнитно-абразивная обработка (МАО). Развиваемый диапазон давления рабочей среды в виде ферроабразивного порошка (ФАП) и смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на поверхностный слой изделий составляет 0,4—2 МПа, что позволяет осуществить размерный слой материала до 0,1–0,2 мм.

Была поставлена следующая задача: разработать и создать новые виды СОТС на основе продукции, выпускаемой белорусскими предприятиями и имеющей более низкую себестоимость, что в результате привело бы к снижению стоимости СОТС.

При проведении исследований были использованы концентраты и 5 %-растворы СОТС на основе следующих поверхностно-активных веществ (ПАВ): сульфозтоксилат, сиктамид-5, водорастворимая паста ДИС-А, диэтаноламиды, жидкие мыла на основе расщепленных жиров. При проведении эксперимента полученные СОТС сравнивались с Син-МА-1 ТУ 38.5901176-91 производства НИИ НП «МАСМА», г. Киев, Украина.

В результате проведенных исследований по созданию новых видов СОТС на основе ПАФ, выпускаемых белорусскими предприятиями, были получены концентраты СОТС, сопоставимые по ряду физико-химических, бактерицидных и других свойств с лучшими аналогами СНГ, но отличающимися более низкой себестоимостью изготовления.

МЕТОДОЛОГИЯ РЕЦИКЛИНГА АМОТИЗОВАННЫХ РТИ

И. С. ЯКОВЧИК (магистрант), С. М. ЗАЙЧИК (аспирант), В. А. СТРУК (д. тех.н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Динамический рост парка автотранспортных средств в развитых странах мира приводит к накоплению амортизованных шин, которые оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Актуальность проблемы утилизации и регенерации этого класса РТИ усугубляется увеличением стоимости продуктов нефтехимического синтеза вследствие истощения запасов минерального сырья.

Цель работы состояла в анализе экологической и технологической эффективности и целесообразности рециклинга амортизованных РТИ по различным технологиям: пиролиза, сжигания, регенерации, механического измельчения и т.п.

В работе использована методика системного анализа многочисленных факторов, влияющих на эффективность процессов переработки и повторного использования продуктов различного состава, полученных по различным технологиям.

Установлено, что к числу экономически целесообразных технологий рециклинга РТИ относится комплексная переработка с применением механического диспергирования, обеспечивающая получение качественного сырья для различных отраслей промышленности: дисперсного регенерата, модифицированного полиамида, размерных фрагментов, металлического корда. Рассмотрены особенности строения и свойств дисперсных частиц вулканизата, образующихся на различных стадиях технологического цикла. Установлена возможность применения активированных частиц в качестве наполнителя маточных резиновых смесей и модификатора термопластичных матриц.

Предложена технологическая схема комплексной переработки амортизованных РТИ в продукты заданного состава и дисперсности.

Полученный регенерат позволяет вернуть в сферу потребления дорогостоящее сырье и снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ШИМ-УПРАВЛЕНИЕМ ПО КРИТЕРИЮ – ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ

Д. А. АНКУДА (аспирант), В. П. БЕЛЯЕВ (к. тех. н.), БГТУ

Проблематика: работа выполнялась в области эффективного управления электроприводами и энергосбережения.

Цель работы – определения диапазона регулирования скорости асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при использовании ШИМ-управления. Критерием выбора диапазона регулирования является условие непревышения тепловыми потерями в обмотках двигателя их номинального значения.

Объектом исследований является математическая модель асинхронного электродвигателя, построенная при помощи пакета MathCAD 11A. *Предметом исследований* являются тепловые потери в обмотках электродвигателя при разных значениях угла управления ШИМ-напряжения.

При построении математической модели электродвигателя была использована *методика* из теории обобщенной электрической машины. Для улучшения гармонического состава питающего несинусоидального напряжения предлагается формирование изменения напряжения на обмотках статора из 3 пульсов одинаковой ширины, расположенных на полупериоде определенным образом: центр первого импульса располагается в точке $\pi/6$ от начала полупериода, центры соседних импульсов отстоят друг от друга на расстояние $\pi/3$. В таком случае гармонический состав включает 1-ю, 5-ю, 7-ю, 11-ю, 13-ю и т.д. гармоники. Расчет проводится для гармоник по 13-ю включительно, для гармоник более высоких порядков не проводится ввиду малости их влияния.

Исследования показали, что при условии не превышения греющими потерями их номинального значения для двигателя мощностью 2,2 кВт при величине нагрузки на его валу, равной номинальному крутящему моменту двигателя, регулирование скорости возможно в диапазоне от 300 до 280 рад/с. Такое регулирование происходит при уменьшении угла управления от максимального значения $\pi/6$ (для 3 импульсов на полупериод) до величины $0,739 \cdot \pi/6$. Таким образом, если регулирование скорости производится в небольших диапазонах, то такое ШИМ-управление позволяет достигать энергосберегающего эффекта.

Отметим также, что удельный вес потерь от высших гармоник не превышает 5 % от суммарных тепловых потерь.

ИЗНОС РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ КРОМОК ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСТП

Б. В. ВОЙТЕХОВСКИЙ (аспирант.), А. П. КЛУБКОВ (к. тех. н.), БГТУ

В деревообрабатывающей промышленности широкое распространение нашли облицованные ламинированные плиты. В данный момент в деревообработке нет достоверных данных о рациональных режимах обработки этих плит, которые позволили бы полностью использовать технические возможности применяемого оборудования при минимальных энергозатратах с учетом динамики затупления инструмента. Сложность обработки ДСТП обусловлено неравномерностью распределения ее плотности по толщине плиты и наличие в ее составе связующего, что вызывает необходимость применения дорогостоящего твердого сплава. Экономия твердого сплава и абразивного алмазного инструмента, является одной из приоритетных задач деревообрабатывающей промышленности. Цель работы установить влияние основных технологических параметров на величину износа режущего инструмента при фрезеровании кромок ламинированных ДСТП, рекомендовать рациональные режимы обработки. Объектом исследования является процесс фрезерования кромок ламинированной ДСТП (толщина $b=25$ мм, средняя плотность 760 кг/м^3 , количество связующего 12 %) твердосплавными ножами (ВК6). Для проведения опытов использовалась экспериментальная установка на базе станка марки С26-2М. Для определения износа режущего инструмента по задней поверхности использовался метод слепков. Достоинством этого метода является возможность получения информации о динамике затуплении твердосплавной пластины без ее снятия и последующего повторного базирования, что повышает точность проведения экспериментов. Для измерения конечного линейного износа использовался метод непосредственного измерения при помощи металлографического микроскопа ММР-4. Данные исследования позволили определить динамику износа режущего инструмента. Условия опытов были максимально приближенные к производственным условиям, что позволило установить

рациональные режимы обработки кромок ламинированных ДСтП. Максимальная стойкость инструмента достигается при заднем угле $\alpha=20^\circ$, с увеличением толщины стружки с $a=0,05$ до $a=0,35$ мм технологическая стойкость инструмента повысилась в 1,2 раза. Проведенные опыты позволили выявить влияние технологических параметров на износ режущего инструмента и уточнить производственные режимы на которых следует обрабатывать кромки ламинированного ДСтП. В результате уменьшаются затраты на переналадку станка и перезаточку режущего инструмента. Полученные данные можно применять на фрезерных станках моделей: ФЛ, ФЛА, ФС, ФСА, ФТ, ФТА, ФСШ, а также на четырехсторонних продольно-фрезерных станках: С10-3, С16-4А, С26-2А, С16Ф-1А, С25-2А, С26-2М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЛЕСНЫХ КОЛЕСНЫХ АГРЕГАТНЫХ МАШИН

С. Н. ПИЦОВ (аспирант), В. А. СИМАНОВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

Лесные колесные агрегатные машины в Республике Беларусь создаются преимущественно на базе сельскохозяйственных тракторов с незначительными изменениями в трансмиссии и ходовой части. Изменению в основном подвержены элементы, усиление которых связано с большой величиной нагрузок, возникающих при работе машин в лесных условиях.

Целью работы являются разработка конструкций оригинальных деталей и узлов для снижения динамических нагрузок, возникающих в силовом контуре технологического оборудования и базового трактора; выработка оптимальных режимов работы для повышения эксплуатационной надежности базовой машины и агрегатируемого оборудования.

Объектом исследования являются колесные трелевочные тракторы и агрегатные машины на их базе, которые представляют сложные взаимосвязанные колебательные системы. Им характерны как переходные, так и установившиеся динамические процессы, крутильные колебания в трансмиссии, периодические и случайные процессы, возникающие вследствие взаимодействия базовой машины и предмета труда с микропрофилем трелевочного волока.

Исследования динамики машин и механизмов играют важную роль, так как позволяют получить информацию, необходимую для проектирования машин, а в дальнейшем и для разработки режимов их работы. Важной задачей при проектировании новой и усовершенствовании уже существующей лесной техники является исследование динамической нагруженности основных узлов базовой машины и технологического оборудования.

Для снижения динамической нагруженности основных узлов и агрегатов технологического оборудования и базового трактора необходимо вносить изменения в их конструкцию. Перспективными и экономически оправданными являются модернизация и совершенствование элементов технологического оборудования колесных трелевочных тракторов, так как при незначительных затратах средств они позволяют существенно снизить общий уровень динамической нагруженности.

Предложенные конструктивные изменения в элементах технологического оборудования снижают общий уровень динамической нагруженности и сглаживают пиковые нагрузки, возникающие при переходных режимах движения. Снижение динамических нагрузок позволяет повышать скорость передвижения агрегатных машин лесного назначения в груженом состоянии, что приведет в конечном итоге к повышению производительности работ на трелевке и вывозке древесины на 12–27 %.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КАРБЕНИТРАЦИИ В РАСПЛАВЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

М. Н. ПИЦОВ (студ. 5 к.), С. Е. БЕЛЬСКИЙ (к. тех. н.), БГТУ

Условия эксплуатации ряда быстроизнашивающихся деталей лесозаготовительных машин, работающих в неблагоприятных условиях смазки, характеризуются значительным трением и интенсивным износом их рабочих поверхностей, что вызывает необходимость их частой замены. Для решения данной проблемы в БГТУ был разработан процесс по упрочнению деталей трансмиссии лесовозного автомобиля-тягача МАЗ-509А.

Представляется весьма перспективным процесс жидкостной карбенизации, проходящий при температуре 550–570 °С и времени выдержки 2–3 часа. Важнейшим преимуществом такого процесса упрочнения является возможность использования его в качестве финишного, поскольку проведенные исследования показали незначительные изменения шероховатости поверхности и нарушения стабильности размеров упрочняемых деталей. Получаемые в процессе насыщения поверхностные карбенидные слои успешно сопротивляются развитию коррозии в атмосферных условиях, что характерно для некоторых деталей лесных машин.

Однако его широкому использованию препятствуют недостаточная глубина, твердость и износостойкость поверхностного слоя. Для решения этой проблемы предложено ввести в расплав механические колебания различной частоты. Показано, что их применение повышает поверхностную твердость и толщину упрочненного слоя.

В данной работе проанализировано влияние параметров механических колебаний на величину и кинетику износа, а также усталостную долговечность сложно нагруженных деталей машин. Модели из прошедшей улучшения стали 40Х, обрабатывались в расплаве кальцинированной соды и мочевины при температурах 550–570 °С и продолжительности процесса от 0,5 до 5 часов. Ультразвуковые колебания частотой 3 и 18 кГц вводились в расплав с помощью грибовидного концентратора.

Усталостные испытания проводились в условиях знакопеременного растяжения-сжатия при симметричных циклах в диапазоне частот от 0,15 до 18 кГц с применением оборудования, методик и образцов, разрабо-

танных в БГТУ. Практическое использование данного метода проводилось на Белорусском автомобильном заводе и Бобруйском заводе резинотехнических изделий.

Полученные результаты показывают существенное повышение износостойкости и усталостных характеристик при использовании жидкостной карбонитрации с введением в расплав колебаний частотой 18 кГц. Это обеспечивает повышение надежности и ресурса деталей машин, работающих в условиях сочетания трения и динамических нагрузок.

РАСЧЕТ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПО КРИТЕРИЯМ ПРОЧНОСТИ

П. А. ФИГУРИН (студ. 2 к.), А. С. КРАВЧЕНКО (к. тех. н.), БГТУ

В некоторых случаях, в зависимости от режимов нагрузки, необходимо рассчитывать дереворежущий инструмент по критериям прочности. Существующие расчетные методы по определению усилий и напряжений, воздействующих на дереворежущий инструмент при обработке древесины, древесностружечных и древесноволокнистых плит, к сожалению, не дают возможности их определения с достаточной достоверностью, а в большинстве случаев расчетные значения и вовсе не отражают реальной картины процесса обработки, что не позволяет определить необходимые прогнозные показатели работы дереворежущего инструмента (стойкость, надежность, долговечность, скорость износа, интенсивность износа и др.), которые имеют большое значение при организации технологического процесса.

Для определения входных расчетных данных применяется устройство силоизмерительное телеметрическое которое позволяет измерять и регистрировать силы резания на фрезерных деревообрабатывающих станках. Конструкция устройства позволяет производить измерения одновременно до четырех силовых параметров непосредственно в зоне установки режущего инструмента, например, крутящего момента, изгибающего момента, радиальной силы и осевой нагрузки.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАМЕРНОЙ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

О. Г. РУДАК (магистрант), Л. Ф. ДОНЧЕНКО (к. тех. н.), БГТУ

Работа посвящена анализу современных методов камерной сушки древесины. Рассматриваются преимущества использования в качестве агента сушки диспергированной воды, что является более рациональным по сравнению с водяным паром. Также рассматривается возможность использования невысоких температур сушильного агента (35°C, 53°C) в период начального прогрева древесины с целью повышения качества конечного продукта.

Целью работы является изучение и анализ современных методов сушки древесины в конвективных сушильных камерах.

Объектом исследования являются современные рациональные технологии сушки и начального прогрева древесины, а также возможность применения их в Республике Беларусь.

Особенность проведенных исследований состоит в анализе существующих на сегодняшний день технологий камерной сушки древесины как отечественных, так и зарубежных фирм.

Результаты исследований особенностей современных технологий сушки древесины могут использоваться как учебный материал для выполнения студентами курсовых и дипломных проектов, а также носить рекомендательный характер при составлении режимов сушки на деревообрабатывающих предприятиях.

В работе рассмотрены новые технологии сушки, которые обеспечивают получение качественного продукта. В результате анализа выделены положительные и отрицательные аспекты прежних и новых способов сушки.

Основное внимание уделено вопросу начального прогрева древесины. Приведены сравнительные характеристики проведения начального прогрева древесины в сушильных камерах, теплоносителем в которых является водяной пар или вода. Также описывается технология проведения начального прогрева древесины в сушильных камерах одной из зарубежных фирм; указываются основные параметры режима проведения данной операции.

Приводятся методы расчета продолжительности начального прогрева по трем различным методикам и определяется наиболее рациональный исходя из рекомендаций получения качественного продукта.

НОВАЯ СБОРНАЯ КОНЦЕВАЯ ФРЕЗА

А. Ф. АНИКЕЕНКО (аспирант), Д. Л. ШУКЕВИЧ (студ. 5 к.), БГТУ

Совершенствование конструктивных, технологических и эксплуатационных характеристик дереворежущих инструментов.

Комплексное совершенствование процесса фрезерования, конструкции, технологии изготовления, подготовки к работе сборной концевой фрезы.

Объектом исследования является сборная концевая фреза (рис. 1) с изменяемыми угловыми параметрами, а предметом исследований процессы, протекающие при ее эксплуатации.

Применена система автоматизированного проектирования (Solid Works).

Общая методология предусматривает теоретические и эксплуатационные исследования, которые базируются на математическом и прочностном методах расчета.

Аналогов в мире подобной фрезы нет.

Особенностью данной фрезы является возможность бесступенчатого регулирования угловых параметров в зависимости от изменения режима резания.

Фреза может быть использована на деревообрабатывающем оборудовании, работающем по методу фрезерования.

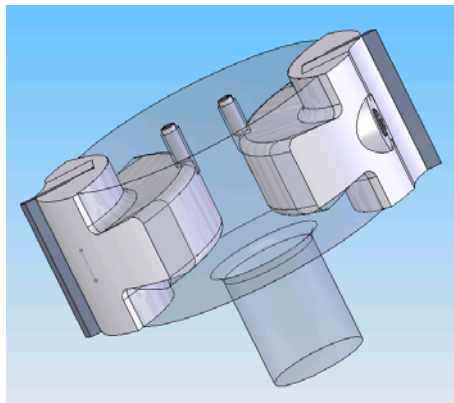


Рис. 1. Сборная концевая фреза с изменяемыми угловыми параметрами.

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВАКУУМНО-ВОЗДУШНОЙ СИСТЕМОЙ САМОНАКЛАДА ПЕЧАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРНЕВЫХ МЕТОДОВ

И. И. КОЛОНТАЙ (соискатель), В. С. ЮДЕНКОВ (к. тех. н.), БГТУ

В условиях высокой производительности печатных машин, необходимости оперативной переналадки на новый тираж с заменой запечатываемого материала, требуется быстрое и надежное отделение листа от стопы бумаги для подачи его в машину. Адаптивное управление вакуумно-воздушной системой самонаклада печатного оборудования, ответственной за точную и бесперебойную подачу листов, с учетом меняющихся в процессе работы факторов и в условиях существенного изменения параметров необходимо для ее автоматизации с целью стабилизации его работы.

Цель работы – разработка и исследование адаптивного управления вакуумно-воздушной системой самонаклада печатного оборудования с использованием корневых методов, ориентированной на работу в нормальных и экстремальных условиях существенного изменения параметров, которая решает проблему качественной стабильной работы оборудования во всей ее полноте.

Объектом исследований является вакуумно-воздушная система самонаклада. *Предмет исследований* – применение адаптивного регулирования работой вакуумно-воздушной системой самонаклада на базе мультипроцессорной системы управления печатным оборудованием с использованием корневых методов, ориентированной на работу в нормальных и экстремальных условиях существенного изменения параметров.

При построении математической модели работы вакуумно-воздушной системы самонаклада использовалась методика из теории гидравлики и аэродинамики и автоматического управления пневмосистемами.

В ходе работы выявлены основные параметры регулирования: давление и разрежение в нагнетающей и всасывающей ветвях вакуумно-воздушной системы самонаклада. Получена функциональная зависимость давления и разрежения от плотности и физических размеров бумаги, ее влажности, скорости работы печатной машины. Получены программные регуляторы и исследована устойчивость адаптивной системы управления на основе корневых методов в режиме реального времени с использованием MatLab.

Адаптивная система управления может использоваться при создании нового печатного оборудования и при модернизации существующего. В связи с этим потребителями системы могут быть как предприятия-изготовители печатного оборудования, так и предприятия-потребители, использующие в настоящий момент данное оборудование.

ПРЯМОЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПИЛЕНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСП

В. Т. ЛУКАШ (аспирант), С. А. КРАВЧЕНКО (к. тех. н.), БГТУ

Широкое применение косвенных методов измерения вызвано в первую очередь их простотой, что значительно упрощает работу исследователя. До сегодняшнего времени мощность, затраченную на резание и подачу в деревообрабатывающих станках, измеряют в основном самопишущими ваттметрами. Однако такие методы обладают значительной погрешностью при определении сил резания, что снижает их эффективность при проведении прецизионных опытов.

С целью повышения точности при исследовании сил резания, возникающих при распиливании ламинированных ДСП дисковыми пилами, в данной работе предлагается использовать тензометрическое устройство.

Объектом исследования являются: дисковые пилы с различными конструктивными параметрами, устройство для регистрации сил резания на вертикально-фрезерном деревообрабатывающем станке. Оно предназначено для измерения сил путем усиления, преобразования и бесконтактной передачи на измерительный прибор (компьютер) сигналов тензорезисторов, расположенных на силоизмерительной оправке, оборудованной режущим инструментом.

Методика определения сил резания основывается на принципе измерения сопротивления металлов и полупроводников под действием деформаций, вызванных этими силами. Принцип работы каждого измерительного

канала силоизмерительного устройства основан на предварительном усилении и преобразовании сигнала разбаланса тензомоста в цифровую форму с использованием последовательной кодировки Манчестер II и передачи полученного сигнала посредством трансформаторной связи на приемник. Сигналы разных каналов передаются последовательно. С приемника сигнал по экранированному кабелю поступает на декодер, где осуществляется обратное преобразование кода Манчестер II в параллельную байтовую форму, а затем с помощью цифро-аналогового преобразователя в аналоговый сигнал.

Особенность данного метода – возможность более точного измерения крутящего и изгибающего моментов, радиальной, тангенциальной и продольной сил резания, возникающих в процессе выполнения различных технологических операций.

С помощью предложенного тензометрического устройства можно подобрать наиболее оптимальные параметры и конструкции дисковых пил для обработки облицованных плитных материалов. Это, в свою очередь, позволит добиться более высокого качества распиловки, одновременно с повышением производительности и снижением энергозатрат процесса обработки.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ МАШИН СО СПИРАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РЕЗЦОВ

В. В. РАПОВЕЦ (аспирант), Н. В. БУРНОСОВ (аспирант), А. А. ГРИШКЕВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

Для переработки тонкомерной древесины диаметром от 8 до 16 см широко применяются фрезерно-брусующие станки (ФБС). Они предназначены для комплексной переработки бревен на пиломатериалы (брус) и технологическую щепу. Высокую размерно-качественную характеристику технологической щепы обеспечивают фрезы со спиральным расположением резцов. Процесс обработки достаточно сложный и требует исследований по установлению рациональных параметров фрез, резцов, режимов обработки, энергозатрат.

Целью настоящей работы является разработка методики по установлению работоспособности резцов спиральной фрезы фрезерно-брусующей машины, проведение экспериментов по уточнению временной стойкости главного резца, формирующего пласт бруса, разработка рекомендаций по практическому применению полученных результатов. Объект исследования – режущие элементы спиральной фрезы ФБС.

Суть разработанной методики заключалась в следующем: экспериментально определялась работоспособность основного резца, рассчитывался путь его резания, производился пересчет путей резания остальных резцов, и определялось их предельное время работы. Это позволило с минимальными трудозатратами провести экспериментальные проверки работоспособности резцов из разных марок сталей, методов упрочнения и др. Особенность проведенных исследований в том, что установлен предельный износ каждого резца спиральной фрезы по величине износа главного резца в зависимости от конкретных условий обработки и параметров обрабатываемого материала.

В результате разработана компьютерная программа, позволяющая в зависимости от размерных характеристик тонкомерного сырья и режимов работы станка установить время принудительной замены каждого резца при достижении предельного затупления. Экспериментально определен средний прирост радиуса затупления резца на 1 м пути резания, который составил $\varepsilon = 0,00022$ мкм/м для резца из стали 9ХФ. Расчеты показывают, что временная стойкость резца, формирующего пласт бруса, составляет 30 часов, а резца на периферии – около 72 часов. Поэтому предложено менять не весь комплект резцов, а попарно лишь те, которые достигли предела временной стойкости. В результате время на замену затупившихся резцов резко снижается, годовой расход резцов снижается на 20–22 %, коэффициент машинного времени увеличивается на 15–20 %, снижаются эксплуатационные затраты на переподготовку инструмента.

Данные результаты предлагаются к внедрению на деревообрабатывающих предприятиях РБ, имеющих подобную технологию и оборудование переработки тонкомерной древесины.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ КОНЦЕВЫМ ФРЕЗЕРНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

П. В. РУДАК (аспирант), А. А. ГРИШКЕВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

Концевой фрезерный инструмент является одним из наиболее распространенных типов дереворежущего инструмента для обработки плитных материалов, с помощью которого получают детали криволинейной формы, а также ведут чистовую обработку кромок. Это высокопроизводительный инструмент малого диаметра (8–30 мм) и его эффективная эксплуатация требует учета ряда особенностей.

Целью работы является исследование характерных особенностей концевого фрезерного инструмента (углы резания, скорость) и разработка рекомендаций по его производству и эксплуатации.

Объектом исследования является концевой фрезерный инструмент и древесные плитные материалы.

Особенностью процесса резания методом фрезерования является то обстоятельство, что траекторией движения лезвия в материале является циклоида (удлиненная при встречной и укороченная при попутной обработке). В результате этого происходит уменьшение номинального заднего и увеличение номинального переднего углов резания на величину угла движения, обратно пропорциональному диаметру инструмента. В связи с малым диаметром концевого фрезерного инструмента и использованием форсированных подач угол движения может при различных режимах обработки достигать величины 8° и более. Это неблагоприятно сказывается на стойкости резцов.

Проанализирована трансформация углов резания у резцов концевых фрез с винтовой режущей кромкой, когда углы режущего элемента, измеренные в плоскостях нормальной лезвию резца и нормальной к оси вращения инструмента, не совпадают.

При помощи разработанной программы выполнен расчет максимальных величин углов движения при различных скоростях резания и подачи. Построены графики зависимостей углов движения от величин отношения скоростей подач и резания для концевых фрез с прямыми и винтовыми режущими кромками. На каждом графике выделена область обязательного учета динамического угла. Полученные данные могут быть использованы на практике при проектировании и эксплуатации концевых фрез.

ВЛИЯНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ФРЕЗЫ НА ПРОЦЕСС ФРЕЗЕРОВАНИЯ

В. Н. ГАРАНИН (аспирант), А. А. ГРИШКЕВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

Решение проблемы рационального использования дереворежущего инструмента при переработке древесины и древесных материалов связано с определением технологической оптимизации процесса обработки. В настоящее время до конца не изучены процессы, проходящие в зоне взаимодействия инструмента с древесиной и древесными материалами. Использование результатов, полученных при обработке древесины, позволят разработать технологические режимы и для процесса переработки древесных материалов.

Цель данной работы заключается в определении оптимальных технологических параметров фрезерного дереворежущего инструмента на основании использования общего закона об изменении кинетической энергии инструмента и общей зависимости касательной силы резания от дуги контакта резца.

Объектами исследования служат: древесина, древесные материалы, инструмент и технологические режимы для их обработки.

Потеря кинетической энергии инструмента при поперечно-продольном фрезеровании древесины, опираясь на опытные данные профессора А. Л. Бершадского, послужит методикой для теоретического обоснования инерционных параметров фрезерного инструмента. Используемая методика позволит теоретически рассчитать и обосновать применение концевых и насадных дереворежущих инструментов для обработки древесины и древесных материалов с различными характеристиками.

Новизна предложенной методики заключается в том, что предложенный метод на предельных режимах обработки древесных материалов позволит определить работу, затрачиваемую в зоне резания опытным инструментом.

Полученные результаты обработки различных древесных материалов на предельных режимах (при которых инструмент полностью теряет свою кинетическую энергию на дуге контакта) позволят практически обосновать технологические требования к фрезерованию и пиленнию этих материалов. Эти расчеты обоснованы не прочностными, а инерционными характеристиками инструмента, что особенно актуально при обработке древесины и древесных материалов.

Полученные технологические требования к обработке различных древесных материалов позволят экономически обосновать применение более дешевых и легких материалов для изготовления несущей части сборного как фрезерного, так и пильного дереворежущего инструмента.

МЕХАНИЗАЦИЯ УХОДА ЗА КОЖНЫМ ПОКРОВОМ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

А. П. ДУКТОВ (магистрант), Н. В. ЛАЗОВИК (к. с.-х. н.), БГСХА

На скотоводческих фермах при использовании любых систем и способов содержания животных, их кожный покров накапливает отмерший волос и ороговевшие клетки эпидермиса, а также загрязняется пылью, остатками подстилки, частицами кормов, навозом. Загрязненная кожа и волос создают благоприятные условия для размножения микрофлоры, не обеспечивают нормальных функциональных свойств кожного покрова по газообмену и терморегуляции. Поддержание чистоты кожных покровов требует больших затрат ручного труда. Как показал многолетний опыт ведения скотоводства в республике, чистка животных ручными щетками и скребками обеспечивалось только в отдельных хозяйствах в санитарные дни. Грязные животные используют для очистки поверхности тела «чесалки» в виде выступов стен, заграждений и т. п. Не обращается внимания на то, что чистый кожный покров имеет существенное значение для стимулирования организма к высокой продуктивности.

В скотоводческой отрасли Беларуси до настоящего времени не нашло применения использование чистящих кожный покров механических устройств. В то же время они широко используются в мире. Одни устройства представляют собой металлический вал диаметром 100 мм и длиной 1 м с пластиковым ворсом толщиной 2 – 2,5 мм и высотой до 150 мм. Вал-щетку приводится в действие электродвигателем мощностью 0,2 кВт. Установка монтируется с пружинным креплением к стене, что обеспечивает надежность ее работы при надавливании животных на вал-щетку. Механическая щетка может иметь один вал, монтируемый под углом 45°, или два – с «Г»-образным расположением. Вал-щетку начинает вращаться при отклонении на 3–5° от нерабочего положения и продолжаться до прекращения соприкосновения с животным или же 1 минуту. Такие механические системы чистки одновременно проводят массаж тела животного.

Наши наблюдения в фермерских хозяйствах Германии показывают, что механические щетки позволяют выйти владельцам скота на более высокий уровень механизации содержания животных. Их используют в течение всего года на выгульных площадках, в загонах и секциях ферм любой планировки. Они позволяют обеспечить у животных чистку кожного покрова, улучшая его здоровье и организм животных в целом, сокращать объем ручных работ. Это повышает уровень гигиены на фермах, продуктивность и качество молока. Немаловажно и то, что

использование механической чистки формирует условия гуманного отношения к животным. Достоинства механической чистки состоят в том, что она постоянно доступна для использования, не вызывают стресса у животных. Поэтому игнорирование использования на фермах механической чистки тела животных недопустимо. Такие средства механизации формируют полнокомплектность оборудования для технологического процесса по уходу за их поголовьем и повысят эффективность используемых технологий.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЛЕПЕСТКОВЫХ МУФТ ТИПА РАЗМЕРНОГО РЯДА ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Д. А. ТРОФИМОВ (студ. 2 к.), Г. А. БАСАЛАЙ, БНТУ

В приводах технологического оборудования ПО «Беларуськалий» широко применяются упругие лепестковые муфты, конструктивные параметры которых приведены в таблице. Основным достоинством данного типа муфт является возможность передачи больших крутящих моментов с компенсацией значительных отклонений в осевом, радиальном и угловом положениях соединяемых валов. Главная особенность работы приводов – широкий диапазон потребляемой мощности, передаваемых крутящих моментов, скоростей вращения валов, а также инерционных характеристик оборудования. Существенное влияние на показатели безотказности и долговечности элементов приводов оказывают горно-геологические подвижки пластов и химическая агрессивность среды.

Таблица – Типоразмерный ряд упругих лепестковых муфт

№ п/п	Наименование параметров	Ед. изм.	Параметры лепестковой муфты							
			МЛ-1	МЛ-2	МЛ-3	МЛ-4	МЛ-5	МЛ-6	МЛ-7	МЛ-8
1	Крутящий момент	Н.м	100	200	300	800	1200	2500	4000	6000
2	Посадочный диаметр на вал	мм	18-35	36-55	56-60	63-75	80	85-100	105-120	125-130
3	Посадочная длина на вал	мм	30-60	60-85	85-107	107	135	135-170	170	170-205
4	Делительный диаметр болтов	мм	110	140	165	180	220	250	300	370
5	Наружный диаметр фланца	мм	140	175	205	230	365	300	360	435
6	Диаметр ступицы	мм	60	90	95	120	130	160	190	210
7	Количество лепестков	шт.	4	6	6	6	6	8	8	10
8	Диаметр болтов	мм	10		12	16			20	24

Анализ основных параметров муфт в зависимости от передаваемого крутящего момента показал, что более интенсивно увеличиваются диаметры установки болтов и наружные диаметры по фланцам по отношению к диаметрам установки на валы и ступицы, последние из которых выбираются по действующим стандартам.

Расчетные крутящие моменты, определенные исходя из суммарных сил трения, создаваемых стяжными болтами через шайбы при прижатии лепестков к торцам полумуфт, по отношению к номинальным рекомендуемым имеют значительные запасы (4-17 раз).

Таким образом, имеется реальная возможность провести оптимизацию основных конструктивных параметров муфт с целью повышения эксплуатационных показателей приводов технологического оборудования.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н. П. ПОЛИВКИНА (студ. 5 к.), В. Г. ГОРБУТОВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Стальные канаты относятся к основным элементам конструкций грузоподъемных устройств различных типов. Состояние канатов в значительной степени определяет уровень их безопасности в целом. По данным статистики, визуальный осмотр канатов не дает однозначного ответа о техническом состоянии последних. Поэтому необходим технический контроль приборами неразрушающего контроля, которые позволят не только своевременно продлить срок эксплуатации каната, пригодного для дальнейшей эксплуатации, но избежать несчастных случаев, связанных с обрывами.

На современном этапе технического развития неразрушающего контроля приборы типа «ИНТРОС» как раз отвечают требованиям достоверности диагностирования и реализуют магнитный метод.

Дефектоскоп ИНТРОС предназначен для дефектоскопии круглых, плоских стальных и резинотросовых канатов. Он измеряет относительную потерю сечения металла каната, наличие обрывов проволок и количество обрывов проволок на единицу длины каната (шаг свивки, 6d, 30d). Дефектоскоп при правильном использовании позволяет обнаруживать локальные дефекты в виде обрывов проволок, коррозионных язв, локального абразивного либо фрикционного истирания проволок каната. Результаты дефектоскопии канатов дефектоскопом ИНТРОС получают как в процессе контроля каната в виде текущей информации о дефектах, так и по окончании контроля в виде дефектограмм по потере сечения и локальному дефекту.

Дефектоскоп ИНТРОС позволяет осуществлять оперативный контроль, т.е. получать значительный объем информации с электронного блока непосредственно в процессе контроля каната. В этом режиме можно определить максимальное значение потери сечения, максимальный локальный дефект и максимальную плотность локального дефекта на уже проконтролированном участке, а также координаты мест, где они обнаружены. И все же, наиболее полную информацию о состоянии каната можно получить, анализируя дефектограмму каната на компьютере с помощью программы WINTROS.

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВАЛ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

В. М. ВАСИЛЕНКО (студ. 5 к.), М. И. ЗУБРИЦКИЙ, МГПУ

Первостепенное значение для технического перевооружения всего народного хозяйства имеет развитие машиностроения. Для решения этой задачи необходимо изыскать и использовать все имеющиеся резервы производства, одним из которых является сокращение вспомогательного времени при механической обработке за счет механизации и автоматизации технологических процессов.

Целью данного исследования является разработка более эффективного как технически, так и экономически специального станочного приспособления для обработки детали «Вал» на вертикально-сверлильной операции.

Объект исследования: технологический процесс механической обработки детали «Вал».

Метод исследования: расчетно-аналитический.

Результаты: экономический эффект от внедрения специального станочного приспособления составляет 1243000 руб./год.

Сфера применения: машиностроение, профессионально-техническое образование.

В научной работе проведены необходимые расчеты, а также предложена новая модель станочного приспособления.

Актуальность. В современных условиях производства задачи повышения качества продукции и снижения ее себестоимости необходимо решать на стадии проектирования. Внедрение прогрессивных технологических и конструктивных решений в этом случае способно существенно влиять на качество продукции, снижая при этом материальные затраты на ее изготовление. Вопрос о применении прогрессивных приспособлений может быть оптимальным образом решен при проектировании технологических процессов механической обработки, что подтверждает актуальность исследования.

Гипотеза. Улучшение технико-экономических показателей исследуемого технологического процесса будет достигнуто при уменьшении временных затрат на изготовление детали, которое будет достигнуто при:

- рациональном построении маршрута изготовления детали;
- назначении оптимальных режимов обработки;
- рациональном использовании средств технологического оснащения.

База исследования: Мозырский машиностроительный завод.

Практическая значимость исследования. Произведены разработка и внедрение в технологический процесс изготовления детали специального станочного приспособления для вертикально-сверлильной операции. В итоге было достигнуто снижение времени на изготовление детали и удешевление производства. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании технологических процессов механической обработки подобных деталей.

Внедрение результатов. Разработанное специальное станочное приспособление «Кондуктор» для вертикально-сверлильной операции механической обработки детали «Вал» внедрен в производстве Мозырского машиностроительного завода.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОТВЕРСТИЙ В ПРОЦЕССЕ ДОРНОВАНИЯ ВВЕДЕНИЕМ В ОЧАГ ДЕФОРМАЦИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

В. В. ГАПОНОВ (студ. 6 к.), П. А. ШАЦКИЙ (студ. 5 к.), Р. Н. ШАДУРО (к. тех. н.), БРУ

Исследования показывают, что традиционное статическое дорнование (СД) обеспечивает некоторое повышение точности размеров и формы отверстий, улучшение качества их поверхностей. Однако СД весьма чувствительно к величине и колебанию механических свойств материала обрабатываемых деталей, с точки зрения обеспечения точности отверстий ($\varepsilon = 1,4 - 1,6$). При СД отверстий в деталях материал которых обладает высокой пластичностью, возникают трудности обеспечения качества поверхностей, по причине схватывания материалов инструмента и детали. В работе сделана попытка повышения эффективности СД отверстий, за счет интенсификации процесса, введением в очаг деформации ультразвуковых колебаний.

Для исследований статического и УЗД были изготовлены образцы (втулки) с диаметром отверстия 12 мм (по 40 штук) из безоловянной бронзы БрА9ЖЗЛ (ГОСТ 493–79). Образцы отрезались из различных прутков поставленной партии материала. Ширина поля рассеяния твердости НВ втулок составила 34, тогда как ГОСТ 493–79 допускает 20. Дорнование проводилось с натягами $i = 0,02 - 0,065$ мм.

После дорнования результаты замеров размеров отверстий подвергались статистическим исследованиям. В результате исследований было установлено, что УЗД обеспечивает более существенное повышение точности по сравнению со СД. Так, при УЗД коэффициент уточнения оказался $\varepsilon = 2,4$ значительно большим по сравнению со СД ($\varepsilon = 1,5$). При УЗД шероховатость поверхностей отверстий присущая СД, образуется при значительно меньших натягах, на обработанных поверхностях отсутствовали царапины и задиры характерные для СД. Эти дефекты, имевшие место после протягивания отверстий, легко «залечивались» УЗД. Результаты исследований показали, что УЗД в меньшей степени чувствительно к жесткости стенок обрабатываемых втулок по сравнению со СД.

Предложена блок-схема стабилизации и управления амплитудной акустической системы под нагрузкой, позволяющая управлять качеством обрабатываемых отверстий в процессе УЗД.

Таким образом, введение в очаг деформации при дорновании ультразвуковых колебаний позволяет, за счет интенсификации процесса, повысить эффективность дорнования и дает возможность управлять качеством обрабатываемых отверстий.

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ СЛОЖНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ

Д. А. КАЗЯБА (студ. 2 к.), НГУЕН ФАН АНЬ (студ. 2 к.), Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат. н.), БНТУ

Обработка материалов сфокусированным излучением лазера является ведущим научным и техническим направлением технологий современного машиностроения. Уникальные характеристики генерируемого излучения делают лазер идеальным инструментом для различных видов обработки большого класса материалов. В настоящее время разрабатываются и внедряются в практику высокопроизводительные обрабатывающие центры, совмещающие механическую и лучевую технологии обработки. Такой подход позволяет не только повысить качество обработки материалов, но и улучшить технико-экономические показатели производственных процессов. Большинство технологических операций, осуществляемых с помощью лазеров, основано на тепловом воздействии света на обрабатываемые материалы.

В работе рассмотрены основные процессы взаимодействия вещества с импульсным лазерным излучением применительно к металлам. Причем основное внимание уделено процессам, существенным при технологическом использовании импульсных лазеров. Лазерное излучение, попадая на поверхность металла, частично отражается от нее, а частично проникает вовнутрь материала, поглощаясь в нем и нагревая его на глубину поглощающего слоя z . В этом случае процесс взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом условно можно разделить на следующие стадии: поглощение света, передача энергии тепловым колебаниям решетки твердого тела, нагревание материала, плавление материала, разрушение материала путем испарения и выброса расплава, остывание (кристаллизация) материала после окончания светового воздействия. Проведены исследования по качественному определению профиля нагрева в зависимости от материала образца и режимов его облучения. Выполнены оценки пороговых интенсивностей лазерного луча для трех стадий взаимодействия излучения с металлической поверхностью (нагрева, плавления и испарения) с учетом реальной формы лазерного импульса. Установлено влияние временной формы лазерного импульса на параметры размерной обработки металлических образцов различной толщины.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ ШАРОВ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНОГО РАСКАТНИКА

А. М. КИСЛЕНКОВ (студ. 5 к.), Е. Н. АНТОНОВА, БРУ

Для исследования влияния количества, формы, диаметра сопл, давления в осевой полости инструмента и в камере расширения на частоту вращения шаров была изготовлена экспериментальная конструкция пневмоцентробежного раскатника диаметром 109 мм с набором сменных распорных втулок различной толщины, с различной формой и расположением сопл. Одно кольцо, образующее камеру расширения и обрабатываемая деталь были изготовлены из оргстекла. Это позволило измерять не только частоту вращения деформирующих шаров с помощью стробоскопа, но и фотографировать траекторию перемещения шаров как в плоскости перпендикулярной оси инструмента, так и осциллирующее движение вдоль его оси.

Давление в осевой полости инструмента и в камере расширения измерялось с помощью манометров. Радиальные зазоры между обрабатываемым кольцом и наружным диаметром инструмента составляет 0,2; 0,4; 0,6 мм и обеспечивались сменными втулками с соответствующими диаметрами.

Влияние и расположения формы сопл относительно оси инструмента на частоту вращения шаров ранее не исследовалось. Изменение данного параметра оказывает большое влияние на угол атаки шара, а, следовательно, на изменение радиальной и тангенциальной составляющих результирующей скорости шара.

С увеличением количества сопл и давления в осевой полости инструмента частота вращения деформирующих шаров увеличивается, так как увеличивается массовый расход воздуха, совершающий работу, необходимую для смятия неровностей. Большее количество сопл меньшего диаметра, но с одинаковой суммарной площадью их проходных сечений, обеспечивающих постоянный массовый расход воздуха, способствует увеличению частоты вращения шаров.

Исследование влияния формы сопл на частоту вращения деформирующих шаров показали, что сопла с прямоугольным сечением обеспечивают меньшую частоту вращения по сравнению с цилиндрическими соплами. Наибольшее влияние на частоту вращения оказывают конические сопла с углом конуса 13° с прямоугольным поперечным сечением. Они обеспечивают частоту вращения шаров при избыточном давлении 0,2 МПа такую же, как цилиндрические сопла при избыточном давлении в осевой полости инструмента 0,3 МПа.

Исследование влияния формы сопл на частоту вращения деформирующих шаров показали, что сопла с прямоугольным сечением обеспечивают меньшую частоту вращения по сравнению с цилиндрическими соплами. Наибольшее влияние на частоту вращения оказывают конические сопла с углом конуса 13° с прямоугольным поперечным сечением. Они обеспечивают частоту вращения шаров при избыточном давлении 0,2 МПа такую же, как цилиндрические сопла при избыточном давлении в осевой полости инструмента 0,3 МПа.

УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕСАХ ПЕРЕДАЧИ СОСТОЯЩЕЙ ИЗ СОСТАВНЫХ ПОЛИСЕКТОРНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

А. А. КУЗЬМЕНКОВ (аспирант), А. М. ДАНЬКОВ (д. тех. н.), БРУ

Передаточные механизмы, спроектированные для постоянного режима функционирования, будучи рассчитанными для работы с определенными скоростями и нагрузками при уменьшении нагрузки на рабочем органе в процессе функционирования вынуждают двигатель потреблять излишнюю энергию или ухудшать энергетические характеристики. При перегрузках они не предохраняют двигатель от непредусмотренной остановки или выхода из строя. То есть весьма желательно, чтобы передаточный механизм был некоторым образом приспособлен к переменным условиям функционирования, а именно, имел переменное передаточное отношение. Такие механизмы могут быть созданы на базе составных зубчатых колес нового типа, образованных зубчатыми секторами, вылет которых относительно оси вращения может изменяться.

Конструкция передачи представляет собой два составных полисекторных колеса связанных кинематически при помощи промежуточного цельного зубчатого колеса. Наиболее оптимальной является конструкция, в которой в качестве промежуточного, используется цельное колесо с внешними и внутренними зубьями.

Обязательными условиями нормального функционирования передачи являются: наличия надежного и работоспособного механизма изменения вылета зубчатых секторов; возможности компенсации некратности окружного шага зубчатых секторов окружному шагу их зубьев, неизбежно имеющей место при определенных значениях передаточного отношения; обеспечение разделения силовых потоков.

Разделение силовых потоков и компенсация некратности окружного шага зубчатых секторов окружному шагу их зубьев осуществляется при помощи изготовления промежуточного зубчатого колеса особой конструкции, обеспечивающей разделение и упругую связь двух силовых потоков. Это осуществляется при помощи введения в конструкцию промежуточного зубчатого колеса упругих элементов (пружины, упругая среда, гофры).

В результате исследований возможных вариантов упругих элементов разработана новая конструкция передачи с составными полисекторными колесами, отличающаяся от предыдущих модификаций улучшенными динамическими характеристиками.

Передачи с составными полисекторными колесами представляют собой альтернативу фрикционным вариаторам.

УПРОЧНЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ШТАМПОВ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ

А. А. ЛУЗАН (студ. 5 к.), П. А. ГРИЦЕНОК (к. тех. н.), МГПУ

В ходе научно-технического прогресса машиностроение остается приоритетной отраслью. Большую долю операций в машиностроении составляет обработка металлов и других материалов резанием и использованием металлорежущих инструментов и оснастки. Режимы резания ужесточаются, в технологический цикл вовлекаются все больше специальных металлов. Удельный вес затрат на режущий инструмент и оснастку в себестоимости продукции машиностроительных предприятий достигает до 15 %. Существенное сокращение этих затрат достигается при внедрении процессов упрочнения инструмента и оснастки смазочной композицией. В связи с этим роль смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в такого рода процессе трудно переоценить. Поэтому очевидной является актуальность работ по применению СОЖ в производство.

Данная научная работа представляет собой обобщение экспериментальных исследований проведенных по хоздоговору «упрочнение режущего инструмента и штампов смазочной композицией» с Мозырским машиностроительным заводом.

Объектом исследования являются штампы холодной штамповки для листовой малоуглеродистой стали, толщиной 2...10 мм.

Цель работы – подбор смазочной композиции повышающей стойкость инструмента, разработка методики стойкостных испытаний и технологии, внедрение в производство.

В процессе работы проводились исследования по выбору оптимального состава растворов поверхностно – активного вещества.

В результате исследований рекомендована и внедрена технология по применению смазочно-охлаждающей жидкости 6СФК-180–20 в штампах холодной и листовой штамповки.

По полученным результатам разработана технология и технологическая оснастка упрочнения инструмента и штампов. В учреждении образования «Мозырский педагогический университет» на инженерно-педагогическом факультете разработана и внедрена в учебный процесс лабораторная работа по упрочнению режущего инструмента смазочной композицией.

В результате внедрения процесса эпиламирования, стойкость штампов повысилась более чем в 2 раза, что повысило производительность труда и снизило себестоимость изготовления деталей.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСТАВНЫХ ПОЛИСЕКТОРНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

С. И. РОДИОНОВА (аспирант), А. М. ДАНЬКОВ (д. тех. н.), БРУ

Многие предприятия используют кузнечнопрессовое оборудование широкой номенклатуры, поставляемое заводами-изготовителями, в приводах которого используются крупногабаритные зубчатые колеса. В течение срока службы оборудования происходит потеря его работоспособности за счет неравномерного изнашивания зубчатого венца крупногабаритного зубчатого колеса.

Целью исследований является обоснование эффективности и возможности использования составных зубчатых колес взамен изношенных крупногабаритных зубчатых колес, учитывая местную специфику технологии их изготовления.

Объектом исследования являются составные полисекторные зубчатые колеса [1], состоящие из ступицы, дисков и зубчатых секторов, заготовками для которых могут служить прокат и поковки соответственно.

В ходе исследований сопоставлены и проанализированы технологические процессы изготовления цельного крупногабаритного и составного зубчатых колес. На основе анализа разработана маршрутная технология изготовления составного зубчатого колеса, используя существующие станочное оборудование, преимущественно универсальное. Проведенные исследования показывают, что трудоемкость изготовления составного зубчатого колеса превышает по объему механической обработки трудоемкость изготовления цельного зубчатого колеса. Однако с помощью составного зубчатого колеса разработанной конструкции можно комплексно решить такие задачи: повышение ремонтпригодности зубчатых колес и передач с составными колесами; сокращение номенклатуры типоразмеров зубчатых колес, служащих заготовками для изготовления секторов составных полисекторных зубчатых колес; экономия дорогостоящих материалов; обеспечение беззазорного зацепления в течение всего срока службы передачи; устранение брака возникающего в результате литья и переход на более прогрессивные методы изготовления; периодическое изменение передаточного отношения передачи.

Впервые составные полисекторные зубчатые колеса были разработаны на кафедре ОПМ Белорусско-Российского университета, причем исследования передач на базе составных зубчатых колес ведутся только в Белорусско-Российском университете.

Полученные результаты могут быть полезны для предприятий машиностроительного комплекса не только г. Могилева, но и Республики Беларусь в целом.

1. *Скойбеда. А. Т., Даньков А. М.* Передаточные механизмы на основе составных зубчатых колес. - Мн.: БГПА, 2000. – 96 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРАВНОВЕШИВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ НА РЕАКЦИИ В ШАРНИРАХ

Е. Н. ГАМЗЮК (студ. 3 к.), А. Г. СЕМИН (к. тех. н.), ВГТУ

Динамические нагрузки, действующие на звенья механизмов, вызывают вибрацию корпуса, которая отрицательно сказывается на работе машины. Для устранения или минимизации этого явления проводится уравнивание механизмов путем установки дополнительных масс или целых механизмов. Однако, в литературе нет исчерпывающего ответа на вопрос, какие последствия вызывает это уравнивание. Уменьшение вибрации одновременно приводит к увеличению металлоемкости машины, росту реакций в кинематических парах, повышению неравномерности хода машины, увеличению потребляемой электроэнергии.

Данная работа посвящена вопросу исследования влияния уравнивания на реакции в шарнирах механизмов. В качестве примера выбран рычажный кривошипно-коромысловый механизм. Был проведен его кинематический анализ, в результате которого найдены ускорения центров масс и угловые ускорения звеньев. По данным кинематического исследования выполнен силовой анализ – определены реакции в четырех шарнирах и найдена движущая сила, как функции угла поворота кривошипа.

Затем механизм был уравновешен путем установки дополнительных масс и проведен повторный силовой анализ. Исследования проводились при различных скоростях входного звена.

Уравнивание механизма привело к значительному росту реакций в шарнирах, особенно реакция в шарнире кривошип-шатун, которая по сравнению с неуравновешенным механизмом выросла более чем в три раза. Увеличение сил в кинематических парах вызывает интенсивный износ шарниров, уменьшает срок службы машины. Поэтому, к вопросу об уравнивании механизмов следует подходить с большой осторожностью. Не во всех случаях уравнивание оправдывает себя, что часто наблюдается в реальных машинах, многие механизмы остаются неуравновешенными.

Дополнительная неравномерность вращения входного звена (кривошипа) вызывает появление новых сил инерции, которые, в свою очередь, увеличивают реакции в шарнирах и способствуют усилению вибрации стойки.

Продолжением данной работы является оценка влияния уравнивания на реакции, в шарнирах механизма нитепротягивателя швейных машин.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ НИТИ С РАЗРЕЗНЫМ ВОРСОМ

А. В. БУТКЕВИЧ (студ. 1 к.), Р. А. ВАСИЛЬЕВ (студ. 3 к.), А. В. ЛОКТИОНОВ (д. тех. н.), ВГТУ

Технологии формирования нитей достаточно разнообразны. Это обуславливается тем, что процесс прядения непрерывен, волокна имеют различную длину, хаотично расположены в продукте и связаны между собой силами трения и сцепления.

Аналитическое исследование технологических процессов получения нити позволяет оценить влияние различных факторов на качество нити, прогнозировать результаты переработки продукта и разработать новые технологические процессы. Наиболее сложным в технологическом процессе получения многокомпонентных нитей является процесс формирования продукта с разрезным ворсом (нити «Синель»). Однако существующее оборудование для получения таких нитей не удовлетворяет современным требованиям. При его разработке необходимо аналитически описать основные технологические этапы получения нити. Полученные расчетные формулы позволяют определить натяжение нити и построить траекторию, движения нити по сборной поверхности. Последнее позволяет оценить оптимальность заполнения ворсовой поверхности нитью и, как следствие, получить нити требуемого качества.

При расследовании рассмотрен случай вращения гибкой нити вокруг формирующей поверхности круглой формы. При этом нить представлена в виде нерастяжного компонента. С учетом силы сопротивления среды и центробежной силы получены для однородной гибкой нити дифференциальные уравнения движения элемента нити единичной массы.

Предложенные расчетные формулы позволяют определить натяжение нити, а также построить кривую, образованную нитью при ее движении по сборной поверхности. Последнее позволяет оценить оптимальность заполнения фасонной нитью ворсовой поверхности и, как следствие, получить нити требуемого качества.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ КОНДЕНСОРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ЛЬНЯНЫХ ОТХОДОВ

Т. А. МАЧИХО (аспирант), А. В. ЛОКТИОНОВ (д. тех. н.), ВГТУ

Технология получения нетканых текстильных материалов с использованием льняных отходов позволяет вернуть ценное сырье в переработку, а также исключить негативное влияние отходов на окружающую среду. При этом необходимо обосновать возможность применения для производства нетканых полотен вторичных восстановленных волокон с достаточно низкими качественными показателями. Для формирования нетканых материалов зарубежные разработчики технологий и производители оборудования для переработки отходов текстильной промышленности предлагают широкий спектр технологий и оборудования. Однако, из-за их высокой стоимости, энергоемкости, высоких требований к обслуживающему персоналу и качеству перерабатываемого сырья зарубежное оборудование не приобретается предприятиями Беларуси. Необходимо, используя местную сырьевую, кадровую и техническую базу, разработать технологию получения нетканых полотен с вложением отходов льняных волокон, оценить возможность использования существующего оборудования для их переработки. В производстве нетканых полотен необходима очистка восстановленных волокон, так как льняные отходы засорены, содержат много костры, коротких и поврежденных волокон. Очищенный продукт обеспечивает стационарность технологического процесса, а именно снижение обрывности и неравноты полуфабриката. Наиболее производительным является аэродинамический способ очистки, заключающийся в воздействии сил инерции на движущиеся в воздушном потоке клочки волокон и примеси.

Для очистки волокнистой массы из отходов производства предложено устройство, состоящее из двух (баббанов), в зоне контакта которых с волокнами создается разрежение. С учетом силы сопротивления волокнистого слоя, пропорциональной квадрату скорости движения соринки составлено дифференциальное уравнение движения сорной частицы. Представлено общее решение уравнения, из которого определено время прохождения сорных примесей через волокнистый слой и сетку конденсора, которое при различной толщине волокнистого слоя, соответствует технологическим возможностям быстроходного конденсора.

Проведенные теоретические исследования процесса очистки волокон от сорных примесей позволили установить условия работы конденсора, при которых происходит отделение от волокнистого объема сора различной массы. Установлено, что имеющееся оборудование может быть применено для очистки льняного волокна.

СИНТЕЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ

П. Э. ЧЕРНЫЙ (аспирант), Л. А. БОРИСЕНКО (д. тех. н.), БРУ

Приоритетным направлением развития современного машиностроения является создание новых видов передач, а также разработка методов их синтеза и анализа. Во многих случаях требуется удовлетворение специфическим требованиям к функциональным характеристикам передаточных механизмов. Особенно это относится к автоматическим машинам, работающим в режиме управления в реальном масштабе времени, разнообразным мехатронным устройствам. Наиболее ярким примером в этом случае являются промышленные роботы и манипуляторы с электроприводом. Для достижения требуемых технических характеристик приводы таких машин содержат редукторы с большим передаточным отношением, что позволяет согласовывать оптимальную частоту вращения электродвигателей с частотой вращения исполнительных органов. Требования к редукторам в основном сводятся к минимизации массогеометрических показателей при соблюдении высокой точности и жесткости передачи и при большом передаточном отношении – порядка 100–200. Применение высокооборотных двигателей с частотой вращения более 3000 мин⁻¹ дает выигрыш в массе и мощности привода, но требует редукторов с еще большим передаточным отношением.

В настоящее время для указанных целей наибольшее применение находят редуктора на базе планетарных и волновых передач. Среди планетарных механизмов лучшими массогеометрическими характеристиками обладает передача по схеме KHV. Использование в этой схеме эвольвентного зацепления ограничено из-за сложности создания безинтерференционного зацепления и малого коэффициента перекрытия, поэтому эффективные пере-

дачи реализуются на базе циклоидального зацепления. Наряду с несомненными достоинствами циклоидального зацепления вследствие многопарности зацепления и большого коэффициента перекрытия имеется ряд недостатков. В частности нельзя создать редуктор с малыми размерами зубьев (например эквивалентными модулю 0.5 эвольвентного профиля) из-за сложности изготовления цевок малого диаметра. Нельзя получить большое передаточное отношение в одной ступени из-за больших габаритов колес.

В цепном редукторе в передаче усилия участвует до половины зубьев звездочки. В то же время очень важным преимуществом цепного редуктора является простота конструкции и невысокие требования к точности изготовления. Заметим, что в циклоидальном редукторе, напротив, требуется высочайшая точность изготовления на грани технических возможностей производства – в противном случае редуктор будет неработоспособен.

МАКЕТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Л. Л. ШУШКЕВИЧ (студ. 2 к.), В. П. ЮШКОВСКИЙ (студ. 2 к.), Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат. н.), БНТУ

В машиностроении актуальна проблема повышения точности и качества механической обработки детали. Эксплуатационные свойства деталей машин и долговечность их работы в значительной степени зависят от состояния поверхности. Качество обработки деталей связано с наличием неровностей их поверхностей. Одним из видов таких неровностей являются микронеровности, которые определяют шероховатость обработанной поверхности. Шероховатость поверхности появляется в результате обработки и представляет собой сочетание наложенных друг на друга неровностей с различными шагами. Одним из перспективных методов исследования поверхности является оптический метод, основанный на анализе зависимости ее отражательной способности от шероховатости. Целью нашей работы является макетирование компьютеризированной системы сравнительного анализа микроизображений поверхности и картины рассеяния лазерного луча данным участком поверхности.

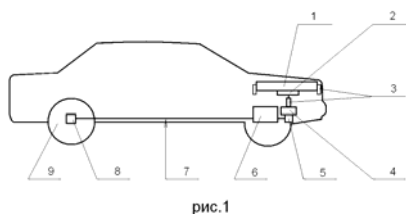
В докладе сообщается о результатах разработки и макетирования цифровой схемы микроскопии на основе оптического согласования микроскопа и цифрового фотоаппарата Kodak-cx7300. В проводимых экспериментах использовался металлографический агрегатный микроскоп МЕТАМ-Р1. Разрабатываемая оптическая схема позволяла получать микроизображения в поляризованном свете при подсветке исследуемой детали излучением лазера и обычного источника света. Реализованный вариант схемы оптического согласования позволил получить качественные микроизображения при увеличении микроскопа до 500×. В докладе представлены микрофотографии исследуемых объектов, полученные данной цифровой схемой. Абсолютно гладкая поверхность, не имеющая дефектов, хорошо и однородно отражает падающий свет и имеет высокую отражательную способность. В работе была рассмотрена возможность получения в данной схеме регистрации режима обработки микроизображений в реальном масштабе времени. В этом случае цифровой фотоаппарат подключается к компьютеру в процессе микросъемки. Подробно проанализированы особенности применения программных средств обработки оптического изображения. Применение данной разработки может значительно повысить эффективность определения качества поверхности при механической обработке.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА АВТОМОБИЛЯ С МАХОВИЧНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

А. И. ПИРЧ (студ. 3 к.), Э. И. АСТАХОВ, БНТУ

В настоящее время разрабатываются новые перспективные экологически чистые виды городского транспорта без двигателей внутреннего сгорания. Предлагается схема легкового автомобиля с инерционным маховичным двигателем для использования в условиях городской езды. Целью работы является разработка кинематической схемы и определение основных параметров легкового такси с маховичным двигателем с периодической раскруткой маховика на конечных остановках.

Общий вид трансмиссии маховичного автомобиля показан на рис.1, где обозначено: 1)быстровращающийся маховик в герметичном корпусе; 2)волновая зубчатая передача;3) и 7)карданные передачи и подвесы;



4. механическая муфта сцепления; 5. коническая передача; 6. двухступенчатый клиноременный вариатор; 8. дифференциал; 9. колесо.

Особенностью данной конструкции является, во-первых, использование быстроходной волновой передачи с генератором волн специальной конструкции для вывода вращения из герметичного кожуха маховика. Во-вторых, применение двухступенчатого клиноременного вариатора в качестве коробки передач, где первая ступень автоматически уменьшает передаточное отношение при падении скорости маховика, вторая регулируется педалью газа и служит для разгона автомобиля. Возможность применения клиноременного вариатора обусловлена использованием его на уже существующих моделях легкового автотранспорта.

Маховик представляет собой равнопрочный диск из углепластика, вращающийся с угловой скоростью 15 000 об/мин и накапливающий 48 МДж энергии. Муфта сцепления, дифференциал, карданная передача используются такие же, как и на обычных автомобилях.

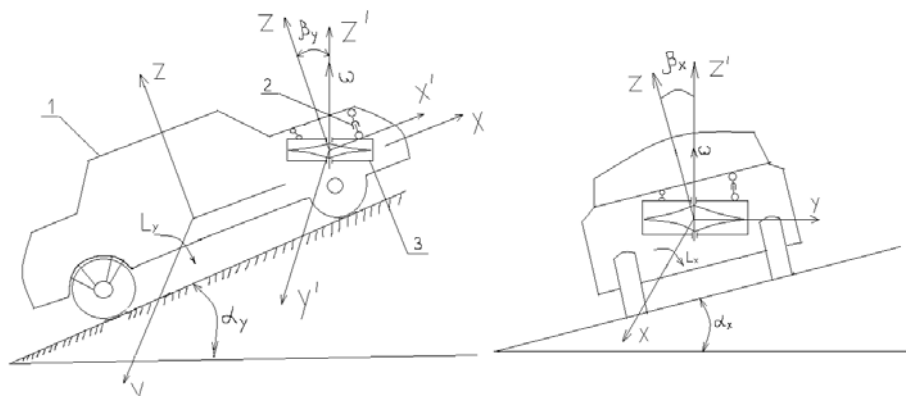
Маховичные автомобили конкурентоспособны именно в городах, где вопросы экологии стоят особенно остро, и где требуется передвижение на незначительные расстояния с большим количеством остановок.

Кинематический расчет трансмиссии показал теоретическую возможность эффективного использования такой техники в городских условиях: рассматриваемый автомобиль при одной зарядке маховика может перемещаться на расстояние 100 км с множеством остановок и крейсерской скоростью 60 км/ч.

Полученные результаты позволяют начать конструкторскую разработку экологически безопасного городского транспорта.

ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ В МОБИЛЬНЫХ МАШИНАХ С МАХОВИЧНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

А. К. САБОЛЕВСКИЙ (студ. 3 к.), Э. И. АСТАХОВ, БНТУ



Объектом исследований является мобильная машина с маховичным двигателем на базе стандартного легкового автомобиля. Целью предлагаемой работы является исследование динамических нагрузок в машине с маховичным двигателем и их влияния на подшипники ротора маховика, корпус маховичного двигателя 3, закрепленного через карданный подвес 2 на раме автомобиля

1, а также разработка методики расчета этих нагрузок.

Динамические нагрузки в мобильных машинах с маховичным двигателем, как видно из рисунка, возникают при движении автомобиля по неровностям. При этом ось Z автомобиля отклоняется от вертикальной оси Z' вращения маховика, из-за этого возникают добавочные динамические нагрузки: нутационные и прецессионные моменты. При расчетах была использована методика определения прецессионных и нутационных моментов, взятая из литературы по теории гироскопов.

Исследования показали, что возникающие динамические моменты в работе зависят от неровностей дороги и скорости движения автомобиля. Также было выяснено, что прецессионные моменты в несколько раз больше нутационных и достигают 400000 Нм. Для ликвидации этих динамических моментов на корпус машины предложена конструкция карданного подвеса корпуса маховика к раме автомобиля.

Полученные результаты позволяют оценить динамические нагрузки в мобильных машинах с маховичным двигателем, а также приступить к расчету подвеса корпуса маховика и подвески автомобиля.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

С. В. КИСЕЛЕВ (аспирант), А. Ф. ДУЛЕВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

В настоящее время перед деревообрабатывающей промышленностью РБ поставлена задача значительного повышения качества продукции с целью обеспечения ее конкурентоспособности. Однако при использовании традиционных технологий это приводит к значительному удорожанию изделий. Одним из путей решения данной задачи является использование ленточных пил, применение которых позволяет успешнее решать проблемы ресурсо- и энергосбережения.

Эффективность использования ленточных пил обеспечивается за счет: уменьшения ширины пропила расход древесины в стружку сокращается в 2–3 раза по сравнению с рамными и круглыми пилами; возможности проведения индивидуальной открытой распиловки позволяет повысить сортность получаемых пиломатериалов; распиловки крупногабаритных (по диаметру) бревен; высокой скорости резания ленточнопильных станков (40–60 м/с) по сравнению с лесопильными рамами (6–10 м/с) определяет более высокое качество обработанной поверхности; возможности получения криволинейного пропила ленточной пилой.

Однако широкое применение ленточных пил в Республике Беларусь в настоящее время ограничено из-за отсутствия собственного отечественного производителя; высокой стоимости ленточных пил производителей дальнего зарубежья низкого качества ленточных пил российского и украинского производства.

Практика показывает, что эффективность использования ленточных пил связано с качеством изготовления пилы и соблюдения допуска на геометрические параметры (толщина полотна, шаг зубьев, прямолинейность задней кромки и пр.), ее подготовки (вальцевание, развод или плочение зубьев, заточка) и условиями работы (правильная установка пилы на станке, соблюдение рациональных режимов резания, очистка пилы от опилок и смолы).

Таким образом, использование ленточных пил в Республике Беларусь сдерживается отсутствием теоретических исследований и анализа практического использования пил при различных режимах эксплуатации. В свою очередь разработка рационального технологического процесса изготовления и подготовки ленточной пилы к работе невозможно без достаточных теоретических исследований этих процессов. Вот почему в настоящее время нами проводятся работы по получению математической модели нагруженного состояния ленточной пилы.

Для повышения долговечности пилы необходимо: провести исследования в области напряженного состояния полотна пилы, выбрать материал пилы, разработать современную технологию изготовления полотна пилы, повысить стойкость зуба, поднять культуру пиления древесины ленточными пилами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ СТВОЛА ШАХТЫ

А. В. МАРФИН (студ. 4 к.), Д. С. КАРПОВИЧ (к. тех. н.), БГТУ

Актуальной на сегодняшний день является проблема сбережения электрической энергии и тепла. Поэтому она выходит на первый план и требует тщательного анализа и рассмотрения. До настоящего времени большинство из используемых на линии отопления технических средств контроля и регулирования температуры, расхода теплоносителей не приспособлены для работы в замкнутой АСУ с ЭВМ.

Цель работы – показать на конкретном примере возможность реализации проекта по модернизации технологического объекта, путем внедрения современных технологий, результатом чего стала экономическая эффективность, за счет экономии энергии.

Объектом исследования стала система отопления ствола шахты 4 РУ ПО «Беларуськалий». Цель автоматизации – поддержание температуры воздуха, подаваемого в шахту выше 2 °С. Отображен критический анализ на ранее существующую систему управления. Рассмотрены проблемы, возникающие при ее реализации.

Автоматическое управление процессом осуществляется программно через контроллеры, которые связаны между собой сетью. Предусматривается автоматическое поддержание температуры в калориферах, камере смешения и клетевом стволе, температуры после каждой секции калориферов, после калориферного помещения, расходов первичного и вторичного теплоносителей за счет применения насосов, клапанов, запорной аппаратуры.

Проведенный анализ показал эффективность осуществления программного автоматического управления процессом через промышленные контроллеры. Выдвинутые требования к проектируемой системе управления так же были удовлетворены посредством выбора принципа построения системы управления. Выбор средств ТСА удовлетворял заданным условиям, что в свою очередь привело к грамотному согласованию выходных параметров, точности измерения, диапазонов изменения параметров и других условий работы устройств и приборов контроля и регулирования температуры теплоносителя с аналогичными параметрами и условиями работы управляющей вычислительной машины.

В результате, промоделировав данный процесс в математическом пакете MATLAB “Simulink”, были получены удовлетворительные результаты, что еще раз подтверждает его практическую значимость.

По итогам полученной модели, была синтезирована система автоматического управления и регулирования, тем самым показано качественное применение математических численных методов в химической промышленности.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОФОРМЛЯЮЩИХ ВСТАВОК ПРЕСС-ФОРМ МЕТОДОМ КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОГО АРМИРОВАНИЯ ГАЛЬВАНОПЛАСТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

С. В. БРОВКО (студ 5 к.), А. И. НОВИКОВ (студ 5 к.), А. К. НОВИКОВ, А. Н. ГОЛУБЕВ, ВГТУ

В настоящее время существует несколько направлений изготовления пресс-форм для литья пластмасс. В зависимости от конструкции прессуемого изделия, серийности выпуска, материала изделия и режимов литья различают следующие варианты получения пресс-форм: изготовления всего комплекта элементов пресс-формы на металлорежущих станках; изготовление элементов пресс-формы на электроэрозионных станках; получение оформляющих элементов пресс-формы методом гальванопластики.

Использование электроэрозии или металлорежущей обработки для получения пресс-форм, предназначенных для изготовления деталей малыми партиями, неоправданно, т.к. требует значительных затрат времени и средств на разработку программного обеспечения и обработку заготовок. В этих случаях используют технологию гальванопластического получения вставок пресс-форм, которая включает в себя следующие основные этапы: разработка изделия дизайнером и изготовление мастер-модели (материал – дерево, глина, гипс, воск, пластик); получение гальваноматрицы путем получения оттиска с мастер-модели; нанесение электропроводящего слоя на поверхность гальваноматрицы; электроосаждение слоя металла; армирование тыльной стороны вставки; отделение гальваноматрицы от армированной вставки. Недостатком такой технологии является низкая прочность армирующего элемента, в качестве которого используется композиция эпоксидной смолы с металлическими порошками, и ограничения по температурному режиму прессования.

Для упрочнения вставок пресс-форм разработана технология армирование гальванического отпечатка металлическими порошками методом изостатического прессования в условиях всестороннего сжатия. Гальваноматрицу предлагается изготавливать из материала, являющегося рабочей средой при квазиизостатическом прессовании. После нанесения на гальваноматрицу (материал – композиция парафина и воска) токопроводящего слоя и осаждения слоя меди или никеля, гальваноматрица извлекается из ванны с электролитом и промывается в дистиллированной воде для удаления растворов кислот с тыльной поверхности металлического отпечатка. Далее гальваноматрица включается в состав парафиновой оболочки, в которой будет происходить прессование металлического порошка, таким образом, чтобы гальванически осажденный слой металла являлся одним из элементов внутренней полости. В эластичную оболочку засыпается медный порошок, и оболочка подвергается всестороннему сжатию.

После прессования гальваноматрица разрушается либо механически, либо, что предпочтительней, путем расплавления. Получившуюся прессовку, состоящую из спрессованного медного порошка и металлической оболочки и являющуюся оформляющим элементом, закрепляют в плите пресс-формы.

ОСОБЕННОСТИ СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ С МЕНЯЮЩЕЙСЯ КРИВИЗНОЙ ВДОЛЬ И ПОПЕРЕК ОСИ ДЕТАЛИ НА ПРИМЕРЕ БОЧКООБРАЗНЫХ РОЛИКОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Д. А. ЧЕРЕЙ (аспирант), БНТУ

Общая долговечность подшипников качения в значительной степени зависит от шероховатости рабочих поверхностей его деталей. По данным ВНИПП [1] снижение шероховатости рабочих поверхностей шариковых подшипников с $Ra0,32$ до $Ra0,08$ повышает его долговечность в 2,4 раза. В результате совместных работ, проведенных ЕкатеринбургНИИПТИМАШем и 6 ГПЗ [2] по усовершенствованию технологии обработки роликов и колец сферических двухрядных подшипников за счет снижения шероховатости рабочих поверхностей с $Ra0,63$ до $Ra0,04$, получено повышение долговечности подшипников типа 3614 при стендовых испытаниях в 3,5 раза (771 час вместо 216–230 часов).

На протяжении многих лет перед МПЗ стоит задача обеспечить: шероховатость $R_a0,32...0,16$, гранность 5 мкм, овальность 0,2 мкм, волнистость 0,2 мкм при шлифовании поверхности качения роликов 73727/04 при производительности 10 роликов в минуту. В ее решении принимали участие: УралВНИИАШ, ЧЗШ, физико-технический институт г. Минск и МПЗ. Несмотря на большую совместную работу эта задача при достигнутой производительности до сих пор не решена окончательно.

Анализ исследовательских работ и производственного опыта [3] показывает, что процесс суперфиниширования деталей с переменными поперечным и продольным сечениями, например, бочкообразного ролика имеет проблемный характер. Проблема заключается в том, что при суперфинишировании брусок, перемещаясь вдоль оси бочкообразной поверхности, в каждый момент времени контактирует с разной кривизной обрабатываемой поверхности.

Мы произвели исследование контакта инструмента с роликом в продольной и поперечной плоскостях и аналитически определили непостоянство условий контакта инструмента с деталью. Установлено, что теоретически невозможно обеспечить правильное формообразование бочкообразной поверхности суперфинишированием, т.к. каждое продольное и поперечное сечения имеют свою кривизну и это приводит к тому, что резание протекает по контактными линиям, изменяющим свое место на поверхности резания за каждый двойной ход бруска.

1 Билик Ш. М., Ройтерштейн Э. Х., Голев А. А. Микродоводка внутренних и наружных поверхностей сложного профиля/ Вестник машиностроения, № 4, 1970.

2 Зыков Е. И., Китаев В. И., Кулин Л. Г., Студенский Е. И. Повышение надежности и долговечности роликоподшипников/ Машиностроение, 1969.

3 Ящерицын П. И., Рожанский Г. А. Пути повышения эффективности процесса суперфиниширования роликов. – //Материалы первой Всесоюзной научно-технической конференции «Совершенствование финишной обработки в машиностроении»: – Минск: Вышэйшая школа, 1975, С. 56–59

Транспорт

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКО-УПРУГИХ СВОЙСТВ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОПРИВОДОВ ПРИ ПУЛЬСАЦИЯХ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА

К. Я. НЕКРАШЕВИЧ (студ. 4 к.), П. С. СКЕПЬЯН (студ. 4 к.), И. А. ВЕРЕНИЧ (к. тех. н.) БНТУ

Вязкость и сжимаемость рабочей жидкости значительно влияют на динамические характеристики гидропривода. Правильный выбор рабочей жидкости может существенно повысить КПД гидропривода, снизить расход жидкости и улучшить энергетические и экологические характеристики. Поэтому исследование изменяющихся вязкостно-упругих свойств жидкостей, возможностей управления ими представляет актуальную задачу. Цель работы – установить зависимость изменения вязкости и сжимаемости рабочей жидкости от частоты пульсаций давления и расхода в гидроприводе. Методика исследований основана на представлении жидкости вязкоупругой моделью Кельвина – Фойгта и определении безразмерных параметров вязкости и упругости при гармонических пульсациях давления и расхода. Научная новизна состоит в разработке нового подхода к исследованию влияния изменяющихся свойств жидкости на энергетический баланс гидропривода. Результаты исследования показали отличие модуля упругости и динамической вязкости жидкости, особенно при низких частотах пульсаций давления и расхода, от квазистационарного расчета. Применение данной методики позволит более точно оптимизировать энергетические параметры гидропривода.

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КАНАЛОВ ГИДРОПРИВОДА

М. А. ТИНИ (аспирант), И. А. ВЕРЕНИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Расчет нестационарных гидродинамических процессов становятся в ряд определяющих при разработке новых гидроприводов мобильных машин. Это вызвано возрастанием энергонапряженности систем, повышением требований к режимам регулирования и аварийным режимам, которые являются существенно нестационарными и значительно влияют на энергетические параметры привода. Поэтому разработка методики расчета параметров привода с учетом этих процессов представляют актуальную для инженерной практики задачу. Цель работы – исследовать влияние нестационарности течения жидкости в каналах на коэффициенты гидравлического сопротивления и энергетические параметры привода. Объект исследований – гидроприводы мобильных и технологических машин. Используемые методики – гидродинамическая нестационарность задавалась изменением во времени расхода жидкости в виде ускорения и замедления потока без создания колебательных процессов. В качестве критерия нестационарности течения жидкости использован безразмерный параметр. Научная новизна состоит в разработке методики расчета влияния нестационарности потока жидкости в каналах на коэффициенты гидравлического сопротивления и энергетические параметры гидропривода. Полученные результаты показывают, что коэффициенты гидравлического сопротивления с учетом нестационарности гидродинамических процессов отличаются от стационарных расчетов в 1,5...2,0 раза. Методика расчета может использоваться при проектировании перспективных гидроприводов.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПЛОМБИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

А. В. ВЕРЕЗУБОВ (студ. 4 к.), И. А. ЕЛОВОЙ (д. экон. н.), БелГУТ

Средства для контроля и защиты грузов от хищений подразделяются на три группы: средства, затрудняющие или препятствующие совершению хищений; средства пресечения или предупреждения совершения хищений; средства, ускоряющие обнаружение хищений. Запорно-пломбировочные устройства, применяемые для пломбирования железнодорожного подвижного состава, относятся к первой группе. Они, в свою очередь, различаются по следующим классификационным признакам: используемые материалы; конструктивные особенности; область применения; степень защищенности от несанкционированного вскрытия; степень разрушения при вскрытии; способ контроля сохранности пломбы и считывания информации. В настоящее время применяются в основном металлические силовые ЗПУ с гибким тросом и визуальным контролем и считыванием информации; они могут быть как универсальными, так и специализированными, моноблочными и многоэлементными, одноразовыми и многооборотными.

Из всего многообразия запорно-пломбировочных устройств на Белорусской железной дороге для опломбирования цистерн при перевозке нефти и нефтепродуктов, как правило, применяются ЗПУ «Блок-Гарант». Как и все рассмотренные ЗПУ, «Блок-Гарант» обладает хорошими техническими характеристиками и имеет надежную конструкцию, однако его использование не гарантирует сохранности перевозимых наливом нефтепродуктов ввиду наличия существенных недостатков в конструкции цистерн, создающих предпосылки для совершения хищений. К таким предпосылкам относятся следующие: а) возможность хищения груза через предохранительно-впускные клапаны цистерн, которые ранее закручивались болтами. б) возможность откачки груза из цистерн с крышками загрузочных люков барашкового типа путем введения шланга под крышку люка, не нарушая ЗПУ.

Исследования показали, что верхний люк можно отжать на 1,2 – 6 см по следующим причинам: неправильное приваривание пломбировочных проушин для наложения ЗПУ; увеличенный зазор между ушками; не полное затягивание троса ЗПУ в процессе пломбирования.

С целью повышения сохранности перевозимого груза применяются следующие меры: а) укладка резиновых уплотнительных колец между крышкой верхнего люка цистерны и основанием в специальный паз; б) приваривание внутри люка по периметру ограничительного кольца.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТ ПОЖАРНОЙ АВТОЦИСТЕРНЫ С РАЗРАБОТКОЙ КОНСТРУКЦИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ОБРАТНЫЙ КРЕН КУЗОВА

Д. В. БАБЕЙ (курсант 4 к), Б. Л. КУЛАКОВСКИЙ (к. тех. н.), В. И. МАХАНЬКО, А. В. КУЗНЕЦОВ, КИИ МЧС РБ

Устойчивость против опрокидывания и заноса пожарной автоцистерны (АЦ) с частичным заполнением емкости жидким грузом значительно ниже чем у грузового автомобиля. В связи с этим задача исследования устойчивости автоцистерн является актуальной. Решением этой проблемы является разработка конструкции для повышения устойчивости пожарной автоцистерны при движении на повороте с обеспечением обратного крена кузова.

С этой целью предлагается система – горизонтирующее устройство (рис.1.). Применение его позволяет выполнить обратный крен кузова при движении по дороге как с поперечным уклоном, так и на повороте.

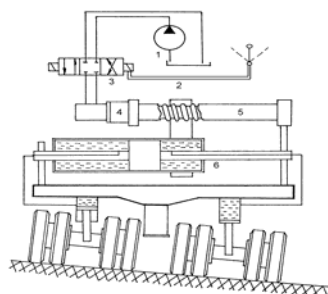


Рис.1. Автоматическое горизонтирующее устройство:

- 1 - насос;
- 2 – включатель поворота;
- 3 - гидрораспределитель;
- 4 - гидродвигатель;
- 5 - ходовой винт;
- 6 - гидравлический уравнивательный цилиндр.

Устройство включает в себя гидравлический уравнивательный цилиндр двойного действия, корпус которого связан с гайкой ходового винта, причем привод последнего осуществляется гидромотором, системой клапанов, а также включателем правого или левого указателя поворота. При приближении к повороту, заблаговременно включаем правый или левый указатель поворота, который в свою очередь посылает электрический импульс на срабатывание гидромотора. При этом он начинает вращаться с ходовым винтом в направлении, при котором перемещение корпуса гидроуравнивательного цилиндра обеспечивает подачу дополнительного количества рабочей жидкости в тот бортовой контур, в сторону которого произошло опускание платформы. При этом одновременно забирается равное количество рабочей жидкости из противоположного бортового контура. Это продолжается до тех пор, пока платформа вновь не займет горизонтальное положение.

Применение горизонтирующего устройства позволяет:

- наиболее быстро произвести подъем одного борта ПКП при одновременном опускании другого;
- снизить величину мощности, необходимой для горизонтирования;
- сохранить неизменной первоначально установленную высоту и горизонтальность платформы при различных условиях эксплуатации.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

Опыт эксплуатации АЦ показывает, что система обратного крена кузова повышает устойчивость автомобиля и является неотъемлемой частью конструкции оперативного автомобиля.

Применение системы обратного крена кузова позволит повысить безопасность движения, равномерно распределить нормальные реакции дороги, упростить управление АЦ при движении к месту ЧС и, в конечном итоге, повысить эффективность использования пожарных аварийно-спасательных автомобилей.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ МАШИН ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ

М. В. ВОЛОЖАНИН (курсант 4 к.), В. А. ДЕВЯТОВ, ВА РБ

Вопросы обеспечения подвижности войск и своевременного восстановления автомобильной техники. Основные этапы восстановления военной автомобильной техники в различных условиях.

Анализ результатов использования ремонтных средств в ходе боевой подготовки, КОТУ, ТСУ.

Анализ штатов ремонтных подразделений, технических возможностей по ремонту военной автомобильной техники.

Состояние, возможности существующих машин технической помощи. Целесообразность введения машин технической помощи в штаты подразделений и частей.

Проблемы обеспечения подвижности и живучести подразделений технического обеспечения, автомобильной техники частей в ходе ведения различных видов боевых действий.

Требования к системе восстановления автомобильной техники по повышению подвижности и живучести частей и подразделений.

Принципы развития машин технической помощи, совершенствование тактико-технических характеристик по живучести, подвижности, технологической оснастке этих средств принятым на вооружение образцам автомобильной техники.

Разработка типов машин технической помощи, соответствующих типам состоящих на вооружении в Вооруженных Силах автомобилей.

Оснащение войск современными образцами машин технической помощи.

Изменение штатов и оснащенности ремонтных подразделений и частей.

КОНТРЕЙЛЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. А. ГРИНЕВСКАЯ (студ. 4 к.), И. А. ЕЛОВОЙ (д. экон. н.), БелГУТ

В современных условиях необходимо исследовать возможность освоения и развития новых видов перевозок на железнодорожном транспорте, в тесном взаимодействии его с автомобильным транспортом.

Одним из таких видов перевозок являются контрейлерные, которые позволяют создать непрерывную транспортную цепочку от грузоотправителя до грузополучателя, удовлетворяющую возросшим требованиям клиентов по качеству предоставляемых услуг, и наиболее полно использующую преимущество каждого вида транспорта. С экономической позиции эти перевозки станут эффективным решением как для грузовладельцев, стремящихся к обеспечению качества и надежности перевозок, так и для развития коммерческой деятельности предприятий транспорта.

Контрейлерные перевозки наиболее эффективны при следовании на расстояния более 250–300 км и длине доставки автотранспортом до 20% от плеча следования по железной дороге. При этом их применение целесообразно лишь на том направлении, где постоянно существует высокая плотность движения большегрузных автомобилей. Кроме того, эффективность контрейлерных перевозок зависит от их места в логистической цепи.

На сегодняшний день на зарубежном транспорте функционируют маршруты контрейлерных перевозок в большинстве стран мира. Республика Беларусь также участвует в организации пропуска контрейлерного поезда “Викинг” по маршруту Ильчевск–Минск (Колядичи)–Клайпеда.

Контрейлерным перевозкам присущи следующие преимущества: сочетание качеств двух доминирующих видов транспорта – маневренности, оперативности и скорости автомобильного транспорта и большой производительности, всепогодности и безопасности железнодорожного транспорта; сокращение времени простоя автопоездов на пограничных автомобильных переходах; уменьшение расхода автомобильного топлива; значительное снижение загрязнения окружающей среды; обеспечение сохранности автомобильных дорог; снижение вероятности дорожно-транспортных происшествий; возможность осуществления доставки груза «от двери до двери».

В целом контрейлерные перевозки следует рассматривать как комплексное техническое, технологическое и экономическое взаимодействие железнодорожного и автомобильного транспорта высокой степени сложности. Их осуществление является чрезвычайно трудоемкой организационной задачей, требующей комплексного управления на всех этапах транспортного процесса. Эта задача в настоящее время стоит перед железной дорогой

РАЗРАБОТКА КОНТАКТНО-АККУМУЛЯТОРНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

В. С. ДЕРЕВЯНКО (студ. 5 к.), В. С. МОГИЛА (к. тех. н.), БелГУТ

Решается проблемы экономии электрической энергии на тягу поездов на электрифицированных участках железных дорог, внедрения подвижного состава нового типа и улучшение качества обслуживания пассажиров.

Целью данной работы является разработка контактно-аккумуляторного электропоезда, который предназначен для перевозки пассажиров на электрифицированных участках железной дороги, имеющих не электрифицированные вставки, а также создание силовой схемы электропоезда, которая должна обеспечивать возможность применения рекуперативного торможения.

Объектом данного исследования является конструкция и режимы работы мотор-вагонного подвижного состава электрифицированных железных дорог.

В ходе проделанной работы использовались методы математического моделирования переходных процессов в электромеханических системах.

Научная новизна и особенность проведенных исследований заключается в том, что в настоящее время в странах СНГ и за рубежом отсутствуют контактно-аккумуляторные электропоезда переменного тока. Разработка электропривода и системы управления для поездов такого типа обладает признаками практической и научной новизны.

В ходе проделанной работы получены следующие результаты:

- 1) доказана принципиальная возможность использования контактно-аккумуляторных электропоездов в условиях Беларуси;
- 2) найдено экономическое обоснование применения таких поездов;
- 3) разработаны основные узлы системы управления электроприводом контактно-аккумуляторного электропоезда;
- 4) выбран тип аккумуляторной батареи, рассчитана её потребная мощность, определены режимы заряда и разряда аккумуляторов.

Результаты полученных разработок предполагается использовать на железных дорогах Беларуси, а в дальнейшей перспективе и за рубежом.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

*В. И. ЗИНЬКЕВИЧ (курсант 4 к.), Б. Л. КУЛАКОВСКИЙ (к. тех. н.), В. И. МАХАНЬКО,
А. В. КУЗНЕЦОВ, КИИ МЧС РБ*

К техническому состоянию тормозных систем автомобилей, находящихся на вооружении органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, предъявляются самые высокие требования, реализация которых возможна лишь с широким использованием диагностирования.

Вместе с тем следует отметить, что известные методы контроля технического состояния, основанные на диагностировании требуют значительных материальных затрат и выделения специально оборудованных помещений.

Мы же предлагаем более простые, дешевые, но не менее эффективные методы диагностирования тормозных систем.

Стенд диагностирования технического состояния тормозного механизма с гидроприводом.

Стенд состоит из устройства для создания и измерения усилия на педаль тормоза, а также – устройства для измерения момента силы торможения.

При диагностировании колесо автомобиля вывешивают над опорной поверхностью. На тормозной педали крепится устройство для создания и измерения усилия на педаль тормоза. На колесо устанавливается устройство для измерения момента силы торможения. К динамометру прикладывается заданное усилие, которое передается на педаль тормоза и через гидропривод тормозной системы на тормозной механизм. При этом тормозные накладки прижимаются к тормозному диску или барабану с усилием соответствующему усилию на педаль тормоза.

Прилагая усилие на проворачивание колеса в заторможенном состоянии с помощью динамометрического ключа, определяется величина момента силы, которая характеризует эффективность торможения.

В процессе диагностирования можно определить: неравномерность износа тормозных накладок, возможную эллипсность тормозного барабана или нарушение соосности тормозного диска, состояние стяжной пружины колодок.

Стенд диагностирования технического состояния тормозного механизма с пневмоприводом.

Данный метод заключается в измерении момента силы на колесе. Стенд содержит захватную скобу, установленную на регулировочный рычаг тормозного механизма с закрепленным динамометрическим ключом.

Диагностирование тормозного механизма проводится при поднятом колесе. Захватная скоба устанавливается внутренней частью и фиксируется винтами к регулировочному рычагу тормозного механизма. Пластина накладывается с наружной стороны колеса. На гайки захватной скобы и приспособления крепления к диску колеса устанавливаются динамометрические ключи с торцовыми головками.

При проведении экспериментальных исследований установлено, что в процессе приложения нагрузки на захватной скобе можно определить величину крутящего момента на прокручивание колеса с помощью динамометрического ключа, а по величине крутящего момента определяется техническое состояние стяжной пружины тормозных колодок и пружины диафрагмы тормозной камеры.

В целом применение устройства с большой точностью позволяет диагностировать техническое состояние накладок тормозных колодок, определять возможную эллипсность барабанов, регулировать величину тормозных сил на каждом колесе автомобиля.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ АВТОМОБИЛЕЙ

А. В. БЕСПАЛЫЙ (студ. 4 к.), В. К. ЯРОШЕВИЧ (д. тех. н.), БНТУ

Основная область применения гальванических покрытий в ремонтном производстве – восстановление деталей с небольшим износом, но с высокими требованиями к износостойкости, твердости, сплошности покрытия и прочности его соединения с основой. Гальванические покрытия наносят на восстанавливаемые поверхности клапанов, поршневых пальцев, шатунов, отверстий под подшипники в корпусных деталях, валов с небольшим износом.

Процесс нанесения гальванических покрытий обеспечивает сохранение структуры материала деталей за счет отсутствия вложения в него тепла, высокую износостойкость и твердость покрытий, равномерную их толщину, большое количество одновременно восстанавливаемых деталей и возможность автоматизации, использование недефицитных материалов. Однако гальванический процесс самый длительный по сравнению с другими способами нанесения покрытий, процесс многооперационный и сопровождается расходом воды и загрязнением сточных вод ионами тяжелых металлов. Совершенствование способа осуществляется в направлениях повышения производительности и уменьшения затрат на материалы.

Гальванические покрытия нашли применение при восстановлении деталей: наращивание и повышение износостойкости поверхностей (железо, хром, никель, медь), придание защитно-декоративных (хром, никель, медь, цинк, кадмий, олово, свинец) и антифрикционных свойств (железо, медь, цинк, олово), защиту от цементации (медь), повышение теплостойкости (хром), придание поверхностному слою специальных свойств – электро- и теплопроводности (медь).

В ремонтном производстве наибольшее распространение получили хромирование и железнение,

Для повышения производительности процесса (за счет повышения катодной плотности тока) и качества покрытий применяют: новые электролиты (применение холодных саморегулирующихся электролитов на основе солей кальция позволяет повысить выход по току при хромировании до 40%), принудительную циркуляцию электролита в зоне электролиза (снижает время нанесения покрытия) и повышение его температуры, нестационарные токи (железнение на ас-

симметричном, реверсивном или импульсном токе), наложение на зону осаждения покрытия ультразвуковых колебаний или электромагнитного поля. Используется электролиз при пониженном давлении среды на зеркало ванны, что позволяет увеличить прочность соединения покрытия с основой и уменьшить пористость осадка. Перспективно создание установок для нанесения гальванических покрытий, в которых заготовка помещается в агрегат гальванической обработки, а технологические среды и ток поочередно подаются в электролизные ячейки.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРИБЫТИЯ ПАСА НА ЧС ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Н. А. КАНДЕР (курсант 4 к.), Б. Л. КУЛАКОВСКИЙ (к. тех. н.), А. В. КУЗНЕЦОВ, КИИ МЧС РБ

Наиболее важными показателями, по которым сравнительно полно можно характеризовать тягово-скоростные свойства пожарного аварийно-спасательного автомобиля (ПАСА), являются его средняя скорость движения и время разгона на мерных участках 400 и 1000 метров дороги. Эти параметры являются определяющими при оценке оперативности прибытия ПАСА на место чрезвычайной ситуации (ЧС).

Величина средней скорости ПАСА зависит от многих факторов, которые можно условно разделить на внешние и внутренние. К внешним факторам следует отнести: температуру окружающей среды, состояние дорожного покрытия, погодные условия, среднюю скорость транспортного потока. К внутренним факторам следует отнести: конструктивное исполнение ПАСА, техническое состояние агрегатов и систем, тепловое состояние двигателя и трансмиссии, компоновку, квалификацию водителя.

В зимний период времени такие факторы, как температура окружающей среды, состояние дорожного покрытия, тепловое состояние двигателя и трансмиссии, оказывают существенное влияние на снижение средней скорости движения, а, следовательно, и позднее прибытие ПАСА к месту ЧС.

С целью установления зависимости времени прибытия ПАСА к месту ЧС от времени года были проанализированы данные сводной таблицы боевых действий подразделений МЧС и данные представленные Гидрометцентром – среднемесячные и максимальные температуры воздуха по областным городам и в целом по Республике Беларусь в течение пяти последних лет.

Анализ общего времени прибытия подразделений на ЧС показывает, что со снижением средней температуры окружающего воздуха время прибытия ПАСА на ЧС увеличивается. Такая закономерность объясняется не только медленным прогревом двигателя и трансмиссии автомобиля при низких температурах окружающего воздуха, но и ухудшением дорожных условий в зимнее время года.

В связи с приведенными данными исследований, проблема сокращения времени прибытия ПАСА к месту вызова на ЧС, особенно в зимнее время года является весьма актуальной, так как от этого зависит как число спасенных, так и снижение ущерба от ЧС.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО ХОЗЯЙСТВУ ПУТИ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Т. А. КОНЬКОВА (студ. 5 к.), П. В. КОВТУН (к. тех. н.), БелГУТ

В целом 2004 год оказался положительным в обеспечении безопасности движения поездов на предприятиях путевого хозяйства, что является следствием повышения уровня организаторской работы руководителей, более сознательного выполнения нормативов командным составом, применения более совершенной путевой техники.

Несмотря на снижение количества случаев брака до 7 случаев или 5% от общего количества случаев брака, допущенных всеми службами за 2004 год, работникам путевого хозяйства необходимо обратить пристальное внимание на состояние шпального хозяйства; устранение отступлений по рихтовке пути в кривых участках; недопущение отступлений по уровню, нарушений технологии производства работ, порчи рельсовых цепей, их изломов, приемки в эксплуатацию километров, не перекрытых рельсовыми плетями бесстыкового пути, неудовлетворительной очистки стрелочных переводов от снега. С целью повышения скоростей движения поездов следует увеличить объемы работ по оздоровлению инженерных сооружений и улучшить организацию капитальных ремонтов пути. Путевым бригадам необходимо и в дальнейшем производить планово-предупредительные работы, направленные на профилактику появления неисправностей пути, так как главным принципом текущего содержания является не устранение, а предупреждение образования отступлений от норм устройства и допусков содержания железнодорожного пути. Кроме того, необходимо своевременно выявлять и устранять причины неисправностей.

Для дальнейшего повышения эффективности функционирования предприятий путевого хозяйства и обеспечения безопасности движения поездов необходимо:

- продолжить работу по улучшению трудовой и производственной дисциплины работников, совершенствованию методов проведения технической учебы;
- ужесточить спрос за выполнением личных нормативов командным составом и руководителями среднего звена, в особенности по контролю над состоянием пути и стрелочных переводов, организации работ в «окно»;
- принять необходимые меры по выполнению в полном объеме плана летних путевых работ;
- обеспечить переход с ручного контроля на мобильные средства автоматизированного контроля рельсов и применение нового поколения съемных дефектоскопов АВИКОН и РДМ на основе микропроцессорной техники;
- продолжить работу по укреплению дорожной дисциплины и правопорядка на переездах.

«ЦЕНА» ВХОЖДЕНИЯ В РЫНОК УСЛУГ АВТОСЕРВИСА

М. Г. КРУТОВ (студ. 4 к.), Е. Л. ПЕШКО (студ. 4 к.), В. Л. ШАБЕКА (к. экон. н.), БНТУ

Целью проекта является обоснование финансово-экономической целесообразности создания предприятия.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- эффективная организация структуры управления предприятием;
- эффективная организация диагностики и ремонта;
- эффективная политика в области кадров;
- организация структуры затрат;
- увеличение рентабельности собственного производства;
- разработка маркетинговой концепции и стратегии;
- оптимизация налоговых отчислений;
- диверсификация оказываемых услуг.

Проведенное исследование показало наличие потенциального рынка услуг по ремонту и диагностированию автомобилей.

Автосервисы относятся к бизнесам, пользующимся наибольшим спросом. В 1-м полугодии 2005г. на одну выставленную на продажу компанию такого профиля в России приходилось несколько десятков потенциальных покупателей. Это значительно сокращает время продажи автосервиса, которое не превышает 1,5 месяцев.

Следует отметить, что оказание услуг по ремонту, как правило, производится организациями, которые обслуживают автомобили определённой марки и, при этом, не заинтересованы в расширении вида предоставляемых услуг. В этой связи мы предполагаем создание дополнительного рынка услуг за счёт осуществления сервисного обслуживания автомобилей различных марок.

Выход на рынок планируется с помощью проведения рекламной компании.

На начальной стадии открыт один автосервис, а в последствии целая сеть автосервисов в г. Минске.

Для создания автосервиса в республике планируется взять кредит в банке в размере 85 миллионов белорусских рублей, из которых 50 миллионов пойдут на приобретение основных средств, а остальные – на прочие расходы.

Проект является среднебюджетным и, в силу этого, достаточно мобильным, что позволяет избежать многих рисков. Однако, несмотря на это, быстро окупается, приносит сравнительно высокую прибыль.

Полученные деньги будут использованы для образования оборотного капитала, финансирование маркетинга, создание фонда расширения и резервного фонда.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

Ю. О. ЯКУБОВ (студ. 4 к.), Е. Л. САВИЧ (к. тех.н.), БНТУ

К лакокрасочным материалам, применяемым для окраски легковых автомобилей, предъявляется комплекс требований: высокие декоративные и антикоррозионные показатели, атмосферостойкость, соответствие экологическим требованиям по эмиссии растворителей и удешевление процесса нанесения.

Соответствие этим требованиям обеспечивается за счет использования материалов со специальными свойствами и нового высокоэффективного оборудования.

Анализ последних достижений в области окраски узлов и деталей автомобилей показывает, что все большее распространение в окрасочном производстве получают порошковые лакокрасочные материалы.

Важнейшим преимуществом покрытий на основе порошковых красок по сравнению с традиционными жидкими лакокрасочными материалами является отсутствие органических растворителей. Это снижает пожароопасность процесса окраски, улучшает условия труда и экологическую обстановку. Отличительная особенность применения порошковой окраски — практическая безотходность процесса. Потери составляют 1–2% по сравнению с 50–60 при окрашивании изделий распылением традиционными жидкими ЛКМ. Кроме того, сокращается время окраски, так как появляется возможность исключить операции грунтования и нанесения промежуточных слоев, обеспечить требуемую толщину однослойного покрытия. Однако при этом следует учитывать, что не все порошки пригодны для верхних прозрачных покрытий кузовов, а только те, которые отверждаются при температуре не выше 130–150 °С и образуют покрытия, по оптическим, механическим свойствам и долговечности не уступающие покрытиям из двухупаковочного полиуретанового лака. В наибольшей степени перечисленным требованиям удовлетворяют порошковые композиции, содержащие в качестве пленкообразователей эпоксиакрилаты, а в качестве отвердителей — полиангидриды алифатических дикарбоновых кислот. Оба эти компонента выпускаются фирмой Hoeschst: эпоксиакрилаты — под маркой Synthacryl, полиангидриды — под маркой Additol.

Японская фирма Honda одной из первых внедрила процесс грунтования кузовов автомобилей порошковыми материалами. Окраска кузова производится так называемым инверсионным способом, типичным для многих предприятий. Цикл состоит из подготовки поверхности, нанесения порошковой краски (грунтование), отверждения покрытия, нанесения жидкой грунтовки методом электроосаждения, сушки, промежуточного легкого шлифования, нанесения жидкого лакокрасочного материала (верхний слой) методом электростатического нанесения и его отверждения.

Порошковые краски начинают применять в качестве основных слоев покрытия во Франции, Японии, США.

РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ (ТЛК) В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. И. КУРАКОВ (аспирант), БНТУ

Проблематикой данной работы является оптимизация складских и транспортных затрат при распределении продукции между предприятиями, а также от последнего производителя до конечного потребителя. Как показывает практика ведущих стран Западной Европы и Северной Америки, современным «инструментом» решения вышеобозначенной проблемы являются транспортно-логистические комплексы (ТЛК) и логистические центры (ЛЦ).

Поэтому основной **целью работы** является исследование применения транспортно-логистических комплексов и логистических центров при распределении произведенной продукции в наиболее развитых странах Западной Европы (Германия, Франция, Англия, Италия, Австрия) и Северной Америки (США, Канада) для дальнейшей разработки организационно-экономического механизма их функционирования в условиях Республики Беларусь.

Объектом исследований в данной работе являются организационно-экономические отношения, возникающие в процессе создания и функционирования транспортно-логистических комплексов и логистических центров.

В работе будет обобщен опыт имеющихся **методик** по расчету капитальных вложений по проектируемым предприятиям, издержек производства, экономической эффективности проектируемых предприятий, и предложена собственная **методика** по созданию и эксплуатации транспортно-логистических комплексов и логистических центров, адаптированная к условиям хозяйствования в Республике Беларусь.

Научная новизна проводимых исследований состоит в том, что в Республике Беларусь до сих пор не разработано организационно-экономического механизма функционирования транспортно-логистических комплексов и логистических центров, которые позволяют существенно оптимизировать складские и транспортные затраты при распределении произведенной продукции.

В **результате** выполнения работы будет разработана собственная методика по расчету капитальных вложений при создании и эксплуатации транспортно-логистических комплексов и логистических центров, экономической эффективности их функционирования.

Разработанная методика будет иметь важное **практическое значение**, так как заложит основу для создания и функционирования транспортно-логистических комплексов и логистических центров в Республике Беларусь, что будет способствовать снижению затрат на распределение продукции и создаст предпосылки для снижения ее конечной цены.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОРОШКА ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОГО ХРОМИСТОГО ЧУГУНА

Ю. О. ДЕВОЙНО (аспирант), В.К. ЯРОШЕВИЧ (д. тех. н.), БНТУ

Снижение затрат на восстановление деталей автомобилей напылением возможно за счет применения недорогих отечественных материалов, в том числе отходов металлургического, машиностроительного и других производств.

В ходе разработки новой технологии восстановления, осуществлялось плазменное напыление покрытий порошком из отходов электроэрозионной обработки чугуна ИЧХ28Н2 (28 % Cr, 2,5 % C, 2 % Ni, 1 % Mn, остальное Fe). Размер частиц порошка – 40...120 мкм. Напыление производилось на установке УПУ-3Д с использованием плазмотрона ПП-25. Напряжение дуги составляло 90...100 В, сила тока 260 А, расход азота – 3 м³/ч.

Совместно с БГУИР проводилось моделирование динамики тепловых процессов и изучение кинематики частиц различной грануляции при напылении порошка ИЧХ28Н2.

Расчеты показали, что степень разогрева частиц в значительной степени зависит от их грануляции. Расплавленные частицы грануляцией 80 мкм перегреваются выше точки плавления примерно на 400 градусов, а при грануляции 40 мкм температура перегрева на порядок выше. Полное расплавление происходит на дистанции от 1 мм (для грануляции 40 мкм) до 12 мм (при грануляции 120 мкм). Перегрев выше температуры плавления происходит на дистанции 25...30 мм, когда частицы находятся в горячей части факела плазменной струи. Предельный размер, при котором частицы достигают температуры плавления, составляет 120 мкм.

Температура частицы в момент удара об основу должна находиться в пределах $T_{пл} < T < 0,8T_{пл}$. Поэтому для оптимизации технологических параметров процесса напыления необходимо знать расстояние, на котором происходит обратный переход частиц из жидкого состояния в твердое. При грануляции порошка 40 мкм это наблюдается на расстоянии 320 мм от среза сопла и на расстоянии 20 мм при размере частиц 120 мкм. Основная причина этого заключается в различной температуре разогрева частиц.

Результаты расчетов подтверждены экспериментальными данными. При оптимальных режимах частицы порошка обладают достаточной температурой, способностью к адгезии и пластичностью (но не находятся в жидкой фазе).

Установлено, что для плазменного напыления высокохромистого чугуна в струе азота при силе тока 260 А и напряжении 90 В, можно использовать порошки с широким диапазоном грануляции от 75 до 110 мкм.

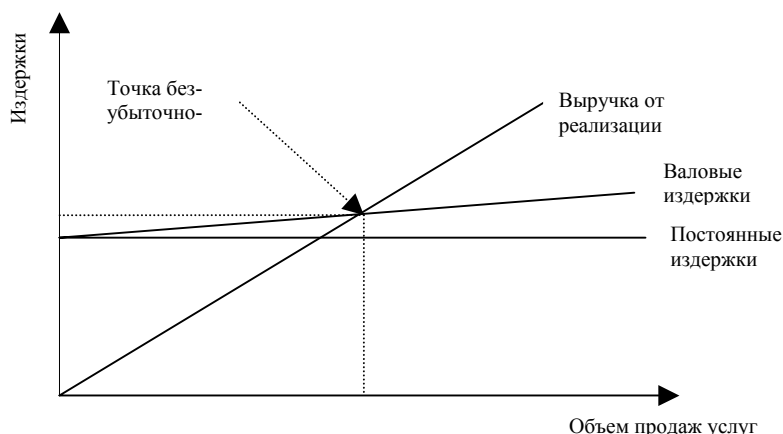
«ЦЕНА» ВХОЖДЕНИЯ В РЫНОК УСЛУГ ПО ПАССАЖИРСКИМ ПЕРЕВОЗКАМ

К. В. ПИНГОЛЬ (студ.3 к.), М. В. КАЛИНЮК (студ.3 к.), В. Л. ШАБЕКА (к. экон. н.), БНТУ

Цель: определить пороговые значения затрат на входение в рынок таксомоторных услуг с нулевого цикла. Результаты позволят отразить основные моменты бизнес-планирования по данному направлению. В итоге автотранспортное предприятие получит комплексный проект мероприятий необходимых для открытия нового направления перевозок. Для достижения цели необходимо решить задачи: 1. изучение организационных процедур для получения административных допусков по осуществлению данного рода услуг (подготовка специалистов,

лицензирование, получение выделенного телефонного номера, закрепленного за предприятием); 2. Приобретение подвижного состава (в данном случае рассматривается возможность открытия направления при наличии 10 единиц подвижного состава), также задается условие, что предприятие является действующим и затраты на его регистрацию не учитываются. Гипотеза исследования состоит в том, что можно с достаточной степенью достоверности определить план по затратам, которые будут произведены до момента достижения позитивного баланса затрат и прибыли, а также расчет времени достижения точки безубыточности.

График – достижение точки безубыточности предприятием.



ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД УЧАСТКА НАРУЖНОЙ МОЙКИ МАШИН

Н. Д. ПОЛХОВСКИЙ (студ. 6 к.), А. Л. КАЗАКОВ, БГСХА

Наружная мойка машин является важным технологическим процессом эксплуатации техники. Основной очищающей средой, при наружной мойке машин, является вода. В процессе мойки в состав воды попадают взвешенные вещества и нефтепродукты, которые находились на поверхности машин. Для целесообразного использования водных ресурсов, а также снижения вредного влияния на окружающую среду, необходимо применять замкнутую схему использования воды с её технологической очисткой.

Существуют большое количество систем для очистки воды от загрязнений, которые в большинстве случаев дорогостоящие и технически сложны в эксплуатации. Эти системы, как правило, используют несколько способов очистки, и предназначены для получения нормативно чистой воды, но для участка наружной мойки машин может использоваться техническая вода.

Принятая нами система для очистки сточных вод, содержащая отстойник, резервуар для сбора нефтепродуктов, напорный гидроциклон и резервуар для сбора очищенной воды, наиболее проста и низкоэнергоёмкая, не требует больших материальных затрат при строительстве и эксплуатации. Данная установка позволяет, очистить воду до параметров технической воды.

Нами выполнены расчеты по определению параметров и геометрических размеров всех элементов принятой системы очистки сточных вод участка наружной мойки машин.

Параметры системы рассчитывались для определенного объема расхода воды и концентрации загрязнений.

Принятая схема и рассчитанные параметры системы очистки сточных вод могут быть использованы для модернизации существующих систем очистки сточных вод и проектировании новых.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

Н. А. РОМАНОВИЧ (студ. 5 к.), А. В. КЛИМКО (студ. 2 к.), К. В. САШКО (к. тех. н.), БГАТУ

При изучении технических дисциплин одним из основных методов познания является демонстрация эксперимента. Эксперимент выступает с одной стороны, как средство формирования внешнего технического образа, а с другой стороны, как и научный эксперимент, вносит в процессе познания элементы исследования и создает условия для добывания научных фактов.

Целью работы явилось создание учебной модели скребкового транспортера, позволяющей изучить его конструкцию и исследовать влияние физико-механических характеристик груза и конструктивных параметров конвейера на устойчивость скребка.

Скребок транспортеры составляют большую группу машин непрерывного транспорта, основанных на принципе волочения транспортируемого груза по желобу различных форм сечения скребками, прикрепленными к тяговому элементу.

Для демонстрации процесса работы скребка и проведения исследований создана установка, новизной которой является то, что скребок расположен неподвижно, а навстречу ему движется желоб, в качестве которого использован ленточный транспортер.

Устойчивость скребка обеспечивается натяжным устройством, тяговым элементом и динамометром, фиксирующим усилие в тяговом элементе.

Учебный прибор работает следующим образом. С помощью гайки натяжного устройства в тяговом элементе создается предварительное натяжение, которое фиксируется динамометром. Транспортируемый груз засыпается на движущуюся ленту транспортера и сгруживается у скребка, отклоняя его от первоначального положения. Угол отклонения скребка отслеживается по шкале с помощью стрелки. Гайкой натяжного устройства увеличивают натяжение в тяговом элементе, добиваясь, чтобы отклонение скребка было в пределах $2-3^\circ$ и по динамометру замеряют усилия, которое должно быть в цепи скребкового транспортера, обеспечивающее устойчивую работу скребка при различном шаге цепи. Таким образом, имитируется работа скребка в скребковом транспортере.

Исследования, проведенные на разработанной установке, позволили определить зависимость между усилием в тяговом элементе и физико-механическими свойствами груза при обеспечении требуемой устойчивости скребка.

Установка используется не только для научных исследований, но и в учебном процессе при изучении дисциплины «Подъемно-транспортные машины». На ее конструкцию подана заявка на получение патента на полезную модель.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

В. А. ВОЛЬСКИЙ (студ. 2 к.), Н. С. ПРИМАКОВ (к. тех. н.), БГАТУ

Использование технологического подхода к организации инновационной деятельности студентов позволит повысить эффективность процесса обучения профессиональной подготовки инженерных кадров для различных областей народного хозяйства РБ.

Данный подход при изучении дисциплины «Подъемно-транспортной машины» включает в себя демонстрационные опыты, которые иллюстрируют теоретические выкладки, правила решения практических задач, позволяет отразить учебную и профессиональную значимость учебного материала.

Целью работы является создание экспериментальной модели ленточного транспортера, позволяющей в лабораторных условиях определить некоторые эксплуатационные и технологические характеристики транспортирующей машины.

Лабораторная установка состоит из горизонтального ленточного конвейера с приводом от электродвигателя. С целью ограничения размеров установки принята длина транспортера 0,9 м, поэтому промежуточные опоры ленты отсутствуют. Нагрузка на ленту от веса транспортируемого груза создается прижимным роликом, который через ленту воздействует на концевой барабан. Диаметр ролика и барабана, а также их опоры одинаковы, поэтому силы сопротивления движению ленты по барабану и ролику равны. Сила прижатия ролика к барабану, имитирующая вес транспортируемого груза, создается грузом, передвигаемым по рычагу. Для снятия нагрузки с ленты имеется упор. Мощность двигателя замеряется ваттметром, установленного в цепи питания.

На основе проведенного патентного поиска была разработана и подана заявка на полезную модель «Учебный прибор для демонстрации работы ленточного транспортера».

Установка позволяет провести исследование и определить зависимость между нагруженностью транспортера и требуемой при этом величиной затрат энергии на его привод.

Данная работа может быть использована как в учебном процессе, так и в исследовательской деятельности при создании новых конструкторских решений, использующих гибкие тяговые органы.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ ПО ВНЕДРЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА ПРИМЕРЕ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Т. М. БУЛКА (студ. 5 к.), Г. И. МОПЗАК (к. тех. н.), БНТУ

Современные предприятия имеют в своем составе, как правило, несколько производств, находящихся между собой в определенной связи. Входящие в состав предприятия производства обособляются в организационном отношении в отдельные цехи: цехи основного, подсобного побочного производства и вспомогательные цехи.

В работе проведен анализ нормативных правовых актов (НПА) и технических нормативных актов (ТНПА), регламентирующих деятельность транспортного подразделения предприятия.

Особое место в составе предприятия занимает внутривозвратной транспорт. Он является важнейшим звеном в производственном процессе завода. Структура транспортного хозяйства определяется главным образом объемом грузооборота, особенностями грузов и объемом производства.

Для управления работой транспорта на заводах организованы цехи с рядом служб и бюро. Посредством служб и бюро осуществляются административно-хозяйственные, планово-экономические и финансовые функции, оперативное планирование и регулирование перевозок, а также содержание и ремонт.

Работа автомобильного транспорта складывается из многочисленных технологических процессов, определяющих порядок содержания, технического обслуживания, ремонта подвижного состава и автомобильных дорог, а также элементов технического оснащения; осуществления начальных, конечных и собственно движущихся операций, составляющих перевозочный процесс грузов и пассажиров. Главное назначение технологических процессов заключается в обеспечении исправного работоспособного состояния всех элементов технического оснащения, эффективного выполнения поставленных задач.

В соответствии с Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Об утверждении инструкции об организации производственного контроля в области охраны

окружающей среды и инструкции о порядке разработки, согласования и утверждения по осуществлению производственного контроля в области охраны окружающей среды» предприятия обязаны разработать, согласовать и утвердить инструкцию по осуществлению производственного контроля в области охраны окружающей среды в срок до 1 июля 2004 г.

Для соблюдения и реализации основных задач производственного экологического контроля, включая производственный аналитический контроль, предприятиям, имеющим в своем составе транспортные цеха, следует выполнять требования НПА и ТНПА.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

И. И. РАК (студ. 5 к.), А. И. ШУМЕЙКО (студ. 5 к.), В. Л. ШАБЕКА (к. экон. н.), БНТУ

Проблематикой данной работы является анализ проблем развития автомобильных международных перевозок грузов в Республике Беларусь. Как показывает практика последних лет, конкурентоспособность автомобильных перевозчиков на рынке международных перевозок существенно ухудшилась. Поэтому целью работы является изучение перспектив развития отрасли, выявление существующих трудностей и поиск путей их решения.

Объектом исследования являются финансово-экономические отношения, существующие в исследуемой отрасли. В работе был использован опыт уже существующих методик по планированию и расчёту себестоимости перевозок, экономической эффективности работы организации, налоговых платежей.

В работе были выделены два вида условий, которые влияют на развитие перевозок: внешние и внутренние.

К внешним условиям относятся: подорожание энергоносителей на международном рынке; значительное снижение уровня ставок на перевозки за последние пять–семь лет; существенный рост парка подвижного состава в странах, перевозчики которых всегда были нашими основными конкурентами в Польше, Литве, Венгрии, Украине, России; введение новой системы дорожных сборов в Германии.

К внутренним условиям относятся: износ подвижного состава; налогообложение; формирование себестоимости; условия лизинга в РБ.

В результате выполнения работы было выявлено следующее:

1. В парке, занятом в настоящее время в международных перевозках, 70% транспортных средств имеют возраст семь и более лет.

2. При сохранении условий лизинга в ближайшие три года парк белорусских перевозчиков сократится почти вдвое.

3. Существующая налоговая нагрузка чрезмерна и существенно снижает возможность соответствовать сегодняшним конкурентным ценам.

В итоге был сделан следующий вывод: если не принять соответствующие меры, то возникнут сложности с финансовой стабильностью предприятий, а если думать глобально, то и с существованием международных автотранспортных перевозок грузов в Республике Беларусь. Поэтому данная работа имеет важное значение для государства.

ТАРИФНАЯ ПОЛИТИКА ПЕРЕВОЗОК ГОРОДСКИМ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

Е. С. РОМАНЮК (студ. 3 к.), О. В. ЧЕРНЫХ, БНТУ

Развитие и совершенствование всех видов городского пассажирского транспорта направлено, прежде всего, на более полное и своевременное удовлетворение потребностей населения в передвижении.

Это достигается путем непрерывной модернизации подвижного состава, развития комплексной транспортной сети городов, оптимизации маршрутной схемы всех видов городского транспорта, совершенствования планирования перевозок, методов организации движения.

Кроме того, необходима разработка новой тарифной системы, которая должна быть более гибкой и устойчивой, учитывая условия рыночной экономики и направленной на совершенствование технологических, организационных форм и методов осуществления перевозочного процесса.

Как показали исследования, существующие тарифы на внутригородские пассажирские перевозки в большинстве случаев не обеспечивают прибыльности маршрутов.

Это обусловлено тем, что существующая методика построения не учитывает рыночные взаимодействия.

Целью исследования является разработка механизма регулирования величины тарифа на городские пассажирские перевозки с учетом потребительских возможностей населения и финансовых потребностей автотранспортных предприятий (АТП).

Для этого поставлены и решены следующие задачи:

1. установление взаимосвязи уровня тарифа и экономического потенциала автотранспортного предприятия;
2. разработка методики моделирования тарифа с учетом спроса на поездки;
3. разработка экономико-математической модели, позволяющей оперативно формировать тариф.

В качестве объекта исследования приняты автотранспортные предприятия, осуществляющие пассажирские перевозки различных маршрутов во внутригородском сообщении.

Важность исследования заключается в возможности реализовать на практике предложения, направленные на повышение экономического потенциала автотранспортного предприятия с помощью гибкого управления величиной тарифа согласно спросу на перевозки.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

П. А. САМАРИН (магистрант), В. С. МОГИЛА (к. тех. н.), БелГУТ

Решается проблема экономии электрической энергии на тягу электрического подвижного состава городского электрического транспорта. Предлагаются пути определения сопротивления движению.

Цель работы – исследование влияния основного сопротивления движению на расход электрической энергии. Разработка стенда послеремонтной обкатки и определения основного сопротивления движению.

Объект исследования – электрический подвижной состав городского электрического транспорта.

Используются методы математического моделирования движения транспортных единиц.

Как показал патентный поиск в Беларуси и странах СНГ отсутствуют средства определения силы сопротивления движению.

Доказано, что одним из способов экономии электрической энергии на движение электроподвижного состава является снижение основного сопротивления движению подвижного состава, которое может быть определено и откорректировано после ремонта. Разработана методика определения основного сопротивления движению и основные узлы стенда для послеремонтной обкатки подвижного состава.

Методику определения основного сопротивления движению предполагается использовать на предприятиях городского электрического транспорта г. Гомеля и других крупных городов Беларуси.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ БРУСЬЕВ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

Д. А. СЕМЕНЧУК (студ. 4 к.), В. И. ИНЮТИН (к. тех. н.), БелГУТ

На главных и станционных путях Белорусской железной дороги уложено более 12 тысяч стрелочных переводов с деревянными брусьями. Средний срок службы деревянных брусьев составляет 10 лет, поэтому повышение долговечности их является важной задачей путевого хозяйства.

Стрелочные брусья выходят из строя по гниению, механическому износу и растрескиванию торцов. Если против гниения следует совершенствовать технологию и качество пропитки новых брусьев, то механическому износу и появлению трещин на них следует противопоставить укрепление торцов брусьев и укладку комплектов прокладок.

Установка металлических торцевых пластин с шипами на заготовку деревянного бруса, имеющую высокую влажность, предупреждает появление трещин с торцов бруса от момента заготовки древесины до момента ее пропитки, и в дальнейшем, в процессе эксплуатации деревянных брусьев в пути. Лабораторные испытания показали достаточную прочность торцевых пластин с шипами на разрыв. Для улучшения качества и долговечности торцевых пластин необходимо производить их закалку или изготавливать их из оцинкованного металла. На основании проведенных испытаний, получено разрешение на выпуск опытной партии торцевых пластин с шипами на Осиповичском заводе железобетонных конструкций.

С целью защиты деревянных брусьев от механического износа используются комплекты прокладок, для которых разработан композиционный материал на основе отходов кожевенно-обувного производства. Оптимизация состава композиционного материала производилась с применением метода центрального композиционного планирования второго порядка. Были получены уравнения регрессии, отражающие влияние ингредиентов на прочность при растяжении, ударную вязкость и износостойкость. Полученные уравнения регрессии представляют адекватные математические модели прочности и износостойкости композиционного материала. Комплект прокладок для стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 состоит из 217 прокладок 6-ти типоразмеров общим весом 170 кг.

Технико-экономический эффект от использования комплекта прокладок, предотвращающий механический износ на каждом стрелочном переводе составляет от 704 тыс. до 1 млн. 244 тыс. рублей при продлении срока службы стрелочного перевода от 6 до 10 лет. Применение комплектов прокладок в совокупности с использованием торцевых пластин с шипами позволяет продлить срок службы деревянных брусьев до 10 лет. Внедрение вышеупомянутых мероприятий позволит снизить процент негодных брусьев на дороге.

СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА БАЗЕ СЫРЬЯ БЕЛОРУССКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е. В. СЕНЧУРОВ (студ. 5 к.), А. В. БАЗЕЛЕВ (студ. 4 к.), Л. Е. СЕРГЕЕВ (д. тех. н.), БГАТУ

В ряду финишных операций, предназначенных для достижения необходимых показателей деталей машин, определенное место занимает магнитно-абразивная обработка (МАО). Развиваемый диапазон давления рабочей среды в виде ферроабразивного порошка (ФАП) и смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на поверхностный слой изделий составляет 0,4–2 МПа, что позволяет осуществить размерный слой материала до 0,1–0,2 мм.

Была поставлена следующая задача: разработать и создать новые виды СОТС на основе продукции, выпускаемой белорусскими предприятиями и имеющей более низкую себестоимость, что в результате привело бы к снижению стоимости СОТС.

При проведении исследований были использованы концентраты и 5%-растворы СОТС на основе следующих поверхностно-активных веществ (ПАВ): сульфэтоксилат, сиктамид-5, водорастворимая паста ДИС-А, диэтаноламиды, жидкие мыла на основе расщепленных жиров. При проведении эксперимента полученные СОТС сравнивались с СинМА-1 ТУ 38.5901176-91 производства НИИ НП «МАСМА», г. Киев, Украина.

В результате проведенных исследований по созданию новых видов СОТС на основе ПАФ, выпускаемых белорусскими предприятиями, были получены концентраты СОТС, сопоставимые по ряду физико-химических, бактерицидных и других свойств с лучшими аналогами СНГ, но отличающимися более низкой себестоимостью изготовления.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ЭВАКУАЦИОННЫХ ТЯГАЧЕЙ

Л. Э. ТАМКОВИЧ (курсант 4 к.), В. А. ДЕВЯТОВ, ВА РБ

Увеличение насыщенности войск автомобильной техникой, повышение ее роли и возможностей.

Анализ существующих средств эвакуации в вооруженных силах.

Состояние, возможности средств эвакуации.

Современные проблемы обеспечения подвижности и живучести войск, подразделений и частей технического обеспечения.

Принципы разработки колесных эвакуационных тягачей для ремонтных подразделений и частей.

Создание различных категорий колесных эвакуационных тягачей и улучшение их характеристик.

Улучшение технологической оснащенности, высокоэффективного и компактного оборудования для выполнения работ по эвакуации военной автомобильной техники.

Перспективы развития военной автомобильной техники, требования, предъявляемые к системе технического обеспечения действий войск.

Рекомендации по разработке и созданию современных и перспективных образцов колесных эвакуационных тягачей, ориентация на отечественную автомобильную базу.

Оснащение войск современными колесными эвакуационными тягачами, способными решать стоящие перед системой технического обеспечения задачи по эвакуации автомобильной техники в различных условиях обстановки.

Изменение штатов и оснащенность эвакуационных подразделений.

ОБОСНОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ

С. А. СКУРАТОВИЧ (аспирант), БНТУ

Выявление неисправностей в конкретном узле или системе автомобиля и постановка достоверного диагноза в ряде случаев представляется трудной задачей. Это связано с повышенной трудоемкостью диагностических операций и их стоимостью, а также с доступностью использования тех или иных средств диагностирования.

Целью работы является разработка методики выбора необходимого комплекса диагностических параметров и, как следствие, средств диагностирования, для того, чтобы получить оптимальное соотношение затрат на проведение контрольно-диагностических операций и достоверности оценки технического состояния конкретного узла или системы автомобиля. Затраты в данном случае обусловлены величиной трудоемкости работ по выявлению неисправностей, временем использования поста и диагностического оборудования, а также самим фактом наличия этого оборудования на предприятии, поскольку амортизационные отчисления при эксплуатации оборудования переносятся непосредственно на стоимость услуг.

В качестве объекта исследований принята цилиндропоршневая группа автомобильного двигателя. На этот узел приходится около 20% всех отказов двигателя, а его диагностирование вызывает известные сложности.

Поставленные цели достигаются путем разработки модели процесса диагностирования, в которой в качестве исходных параметров используются не только требуемый уровень достоверности поставленного диагноза, но также и специфика работы предприятия, для которого производится расчет, его финансовые и технологические возможности, направление деятельности, предполагаемый спрос на данные услуги и т.п. Результатом функционирования модели для конкретного случая служит перечень возможных методов диагностирования с соответствующим ему комплексом диагностических параметров и необходимое для их измерения диагностическое оборудование.

Научно обоснованная методика выбора и обоснования диагностических параметров и средств диагностирования позволит повысить эффективность технической диагностики, в том числе и экономическую, за счет более полного использования имеющихся возможностей.

Использование такого рода методики позволит более эффективно планировать и комплектовать участки и посты диагностики на автотранспортных предприятиях и станциях технического обслуживания необходимым диагностическим оборудованием и инструментом и более рационально его использовать. Это позволит, в первую очередь, повысить эффективность производимых контрольно-диагностических операций и, следовательно, снизить их себестоимость и повысить качество предоставляемых услуг.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОРОШКА ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОГО ХРОМИСТОГО ЧУГУНА

Ю. О. ДЕВОЙНО (аспирант), В. К. ЯРОШЕВИЧ (д. тех. н.), БНТУ

Снижение затрат на восстановление деталей автомобилей напылением возможно за счет применения недорогих отечественных материалов, в том числе отходов металлургического, машиностроительного и других производств.

В ходе разработки новой технологии восстановления, осуществлялось плазменное напыление покрытий порошком из отходов электроэрозионной обработки чугуна ИЧХ28Н2 (28 % Cr, 2,5 % C, 2 % Ni, 1 % Mn, остальное Fe). Размер частиц порошка – 40...120 мкм. Напыление производилось на установке УПУ-3Д с использованием плазмотрона ПП-25. Напряжение дуги составляло 90...100 В, сила тока 260 А, расход азота – 3 м³/ч.

Совместно с БГУИР проводилось моделирование динамики тепловых процессов и изучение кинематики частиц различной грануляции при напылении порошка ИЧХ28Н2.

Расчеты показали, что степень разогрева частиц в значительной степени зависит от их грануляции. Расплавленные частицы грануляцией 80 мкм перегреваются выше точки плавления примерно на 400 градусов, а при грануляции 40 мкм температура перегрева на порядок выше. Полное расплавление происходит на дистанции от 1 мм (для грануляции 40 мкм) до 12 мм (при грануляции 120 мкм). Перегрев выше температуры плавления происходит на дистанции 25...30 мм, когда частицы находятся в горячей части факела плазменной струи. Предельный размер, при котором частицы достигают температуры плавления, составляет 120 мкм.

Температура частицы в момент удара об основу должна находиться в пределах $T_{пл} < T < 0,8T_{пл}$. Поэтому для оптимизации технологических параметров процесса напыления необходимо знать расстояние, на котором происходит обратный переход частиц из жидкого состояния в твердое. При грануляции порошка 40 мкм это наблюдается на расстоянии 320 мм от среза сопла и на расстоянии 20 мм при размере частиц 120 мкм. Основная причина этого заключается в различной температуре разогрева частиц.

Результаты расчетов подтверждены экспериментальными данными. При оптимальных режимах частицы порошка обладают достаточной температурой, способностью к адгезии и пластичностью (но не находятся в жидкой фазе).

Установлено, что для плазменного напыления высокохромистого чугуна в струе азота при силе тока 260 А и напряжении 90 В, можно использовать порошки с широким диапазоном грануляции от 75 до 110 мкм.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ КОНФЛИКТНЫХ ОБЪЕКТАХ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

В. В. ШАМЯКОВ (студ. 5 к.), Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ

В Республике Беларусь ежегодно происходит свыше 100 000 аварий, в которых погибает около 1 700 человек и примерно 10 000 человек получают ранения. При этом с ростом уровня автомобилизации эти потери будут неуклонно возрастать. Борьба за снижение аварийных потерь в значительной мере сдерживается отсутствием надежных методов прогнозирования аварийности. Существующие методы прогнозирования аварийности не пригодны для практических работ по оптимизации решений в области организации дорожного движения на стадии их разработки или проектирования объектов. Нужно повысить точность прогнозирования, чтобы любое решение по организации дорожного движения можно было объективно оценить и оптимизировать по критерию безопасности еще на стадии разработки или проектирования. Это позволит существенно снизить аварийность, особенно на конфликтных объектах – перекрестках и пешеходных переходах. Такая работа ведется в БНТУ. За основу взят метод прогнозирования аварийности по потенциальной опасности. *Цель работы* – проверить адекватность методики и разработать программный комплекс, позволяющий оптимизировать принимаемые решения по организации дорожного движения еще на стадии проектирования.

Программирование осуществлялось на языке «Delphi». Определялись зависимости аварийности от потенциальной опасности конфликтных объектов (однокритериальная задача). Итоговая зависимость аварийности от потенциальной опасности строилась с помощью метода наименьших квадратов. Адекватность исследуемых зависимостей проверялась путем сравнения по критерию Фишера откликов, полученных из уравнения регрессии, со статистическими данными. В случае, когда формальными методами трудно было «отбросить» одну из полученных зависимостей и выбрать наилучшую, вывод о пригодности той или иной модели делался расчетчиком исходя из физического смысла предполагаемой зависимости между аварийностью и потенциальной опасностью. Программа позволяет при любом изменении расчетных и структурной формул определить наилучшую зависимость аварийности от потенциальной опасности, организовать перебор возможных вариантов коэффициентов, входящих в эти формулы, каждый раз следить за значимостью полученных зависимостей, а также производить обработку данных с помощью стандартных математических программ, таких как: Mathcad 2000 Professional, Maple 7, Mathematica 4.1, Origin 6.1.

Разработана компьютерная программа, позволяющая находить наилучшие статистические зависимости между аварийностью и потенциальной опасностью, определяемой по любой изменяемой расчетной модели для исследуемой выборки объектов. Необходимо продолжить дальнейшие исследования таких конфликтных объектов как нерегулируемые пешеходные переходы и перекрестки, что стало более возможным с применением этой компьютерной программы.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

В. В. ШАМЯКОВ (студ. 5 к.), Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ

Проблема роста аварийности в городах характерна не только для Республики Беларусь. Снижения количества аварий и тяжести последствий можно достичь четким контролем движения и учетом скорости движения в типичных местах концентрации аварий: в зоне нерегулируемых пешеходных переходов, у остановочных пунктов и т. п. Одним из самых болезненных является вопрос о приоритете на нерегулируемом пешеходном переходе.

Цель работы – найти техническое решение по обеспечению переходного интервала при переходе права на движение от пешехода к транспортному средству и наоборот.

Разработан комплекс технических средств организации дорожного движения им методика их применения для нерегулируемых пешеходных переходов, расположенных на загородных дорогах и в населенных пунктах, включающий расположенные на специальной опоре характерной конфигурации и расцветки дорожные знаки 1.20 «Пешеходный переход» с табличкой расстояния, транспортные светофоры Т.7(Т.7Д), специальную попе-

речную разметку, Установленные на заданном расстоянии на характерной опоре дорожные знаки 1.20 и нанесенная специальная разметка помогают пешеходу объективно оценивать опасность дорожно-транспортных ситуаций и принимать правильные решения. Данное решение позволит водителю предпринять необходимые действия, чтобы способствовать беспрепятственному и безопасному завершению перехода проезжей части пешеходом, т. е. *уступить ему дорогу*. Аналогов данное решение не имеет.

Описываемое решение может применяться на нерегулируемых пешеходных переходах с определенным сочетанием транспортно-пешеходной нагрузки без необходимости перевода объекта в режим регулирования (жесткого либо по вызову), что значительно повышает пропускную способность участка улично-дорожной сети.

К сожалению, широкое внедрение данного решения осложняется отсутствием некоторых требований, в том числе и специальной дорожной разметки, в Новых Правилах дорожного движения и в действующих строительных стандартах Республики Беларусь. Необходимо разработать нормативные положения, которые бы способствовали внедрению данного решения, а также провести специальные мероприятия с пешеходами для разъяснения условий движения в зоне нерегулируемых пешеходных переходов, обозначенных специальным образом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА НАЕЗДА ПО БЛИЖАЙШЕЙ ГРАНИЦЕ ОСЫПИ СТЕКЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

*А. П. БОТЯН (студ. 5 к.), Д. Г. ЛАППО (студ. 5 к.), Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), Е. И. ГАБА,
В. К. ВОЛКОВ, БНТУ*

При экспертном анализе наезда на пешехода важное значение имеет место наезда, относительно которого собираются все необходимые сведения о направлении и скорости движения пешехода и удалении автомобиля и пешехода от места наезда в тот момент, когда водитель имел объективную возможность обнаружить движущегося пешехода.

При определении места наезда (столкновения) исходя из местоположения на месте происшествия осыпи осколков стекол, отделившихся от транспортного средства в результате контакта с препятствием, используется эмпирическая зависимость, связывающая расстояние перемещения отделившихся частиц в направлении движения автомобиля с их начальной скоростью (равной скорости движения этого автомобиля) и вертикальным падением данных частиц под действием силы тяжести (в вычислениях не принимаются во внимание сопротивление воздуха и энергия разрушения при отделении частиц). Поскольку целью решения данной задачи является установить расположение места происшествия, то, очевидно, что скорость движения автомобиля в момент наезда (столкновения) изначально неизвестна, и в расчетах используется значение скорости его движения непосредственно перед дорожно-транспортным происшествием.

При этом, если перед наездом применялось торможение и место наезда расположено в пределах тормозного пути транспортного средства, то очевидно, что в момент наезда значение скорости было меньшим принятого для расчета, а полученное удаление транспортного средства от ближайшей по ходу движения границы осыпи отделившихся частиц является недостоверным (превышает фактическое). В рассматриваемой ситуации для определения уточненного удаления транспортного средства от ближайшей границы осыпи необходимо учитывать падение скорости движения транспортного средства в процессе торможения.

Для упрощения решения данной системы уравнений и обеспечения наглядности в среде визуального программирования Delphi создана программа, которая снабжена необходимыми для производства расчетов справочными данными по эффективности торможения автомобиля на дорогах с различными сцепными качествами, ее использование при производстве автотехнических экспертиз позволяет оперативно решать вопросы, связанные с определением места наезда (столкновения) автомобиля относительно ближайшей по ходу движения транспортного средства границы осыпи отделившихся частиц.

Разработанная программа применяется при производстве автотехнических исследований в ГЭКЦ МВД Республики Беларусь, ЭКЦ ГУВД Мингорисполкома, УВД облисполкомов, а также НИЦ дорожного движения Белорусского национального технического университета.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПУТНЫХ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*А. П. БОТЯН (студ. 5 к.), Д. Г. ЛАППО (студ. 5 к.), Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), Е. И. ГАБА,
В. К. ВОЛКОВ, БНТУ*

Попутное столкновение транспортных средств (тс) является одним из наиболее распространенных видов дорожно-транспортных происшествий (дтп). При этом перед эксперту-автотехнику, как правило, необходимо решить вопрос о технической возможности предотвращения дтп.

Если установлены расстояние между тс в момент возникновения опасности для движения и скорости их движения в указанный момент, то на сегодняшний день в экспертной практике вопрос о технической возможности предотвратить столкновение решается путем сопоставления этого расстояния с расстоянием, которое было бы достаточным для того, чтобы при своевременном торможении (исходя из установленного значения времени реакции водителя и параметров торможения тс в условиях места происшествия) тс не вошли в контакт друг с другом. При данном подходе к решению вопроса о технической возможности предотвращения попутного столкновения взаимное положение транспортных средств (дистанция между ними) в момент времени, предшествующий моменту остановки транспортных средств, не рассматривается, оставаясь за рамками экспертного исследования. Разработана методика и компьютерная программа, которая позволяет: рассчитать параметры

движения ТС (скорость, перемещение, взаимное расположение) в любой интересующий момент времени с учетом дорожных условий, загрузки и режима движения ТС; построить графики движения ТС в координатах путь (дистанция) — время. Моделирование движения транспортных средств происходит путем вычисления их скоростей, перемещений и дистанции между ними, начиная с момента возникновения опасности и далее с интервалом 0.01...0.05 с. Сравнительный анализ результатов расчета по обеим методикам показывает, что положительная величина дистанции между ТС в момент их остановки не является достаточным критерием наличия у водителя технической возможности предотвратить попутное столкновение. Для решения данного вопроса необходимо проводить исследование основных параметров движения ТС (скорость, путь, время, дистанция) во всем временном диапазоне с момента возникновения опасности для движения до момента остановки заднего ТС. Компьютерная программа может быть использована при исследовании других видов ДТП и позволяет получить более полную информацию, раскрывающую механизм ДТП и визуализировать заключение эксперта, применяется при производстве автотехнических исследований в ГЭЦ МВД Республики Беларусь, ЭЦ ГУВД Мингорисполкома, УВД облисполкомов, а также НИИ дорожного движения университета.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ В РАЙОНЕ ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА ЛИНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА В Г. МИНСКЕ

*Е. В. ГЕЙСИК (студ. 5 к.), В. В. ДЕМЬЯНОВСКАЯ (студ. 5 к.), Т. М. РЯБОВА (студ. 5 к.),
Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ*

Одной из проблем является исследование перемещения пассажиров при пересадке в транспортном узле при смене транспорта или при смене направлений, которые направлены на обеспечение более эффективного процесса перевозок пассажиров. Для этого необходимо выполнить ряд предварительных мероприятий: определить приоритетные направления перемещений (маршруты транспортных и пассажирских корреспонденций), осуществить подбор и обучение персонала, осуществляющего получение экспериментальных данных и их обработку в камеральных условиях, а также разработать программу для автоматизированного построения требуемого графика перемещений и пассажиропотоков.

В качестве основы были приняты следующие методы при проведении исследований: анкетный, билетный и экспериментальный (предлагаемый). Недостатками первых двух являются: субъективность предоставляемой информации, сложность разработки и построения структуры анкетного исследования и т.д. Для проведения исследований выбран пересадочный узел метрополитена — станция купаловская (октябрьская) в городе минске. Соответствующим образом подобраны экспериментаторы, места их нахождения (посты) при производстве замеров. Были определены необходимые и достаточные выборки исследуемых величин. В процессе экспериментальных исследований устанавливались: время прибытия и интервалы движения подвижных единиц метрополитена, количество вагонов и условия открывания дверей; количество пассажиров, вышедших и вошедших в прибывшую подвижную единицу, фиксировалось их количество по направлениям движения (по отношению к перрону прибытия, пересадки, а также выходным эскалаторным и пешеходным линиям). При этом отдельно для каждого пассажира фиксировалась его скорость перемещения, психофизиологические особенности, а также наличие ручной клади, время ожидания посадки в требуемую подвижную единицу (при пересадке фиксировалось время, потраченное на переход к требуемому перрону каждого направления движения по линиям метрополитена). Для подвижной единицы фиксировалось ее состояние, которое определялось визуальным осмотром. Замеры производились с 7.00 до 22.00 в каждые два часа. Продолжительность одного замера — час. Отдельно были проведены замеры для рабочего и выходного дня.

При обработке полученных данных использовались стандартные электронные таблицы «excel». Разработан алгоритм для обработки, сортировки данных и построения соответствующих графиков.

Результаты проведенных исследований могут использоваться при оптимизации режимов работы метрополитена в часы пик и в течение всех суток (при изменении интервалов движения и смещении времени прибытия подвижных единиц метрополитена на второй и первой линии, для построения картограмм пассажиропотоков и адаптации работы подвижных единиц рельсового и безрельсового транспорта).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ В ЗОНЕ КРУПНОГО ТРАНСПОРТНО-ПАССАЖИРСКОГО УЗЛА ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

*Е. В. СЕДНЮК (студ. 5 к.), Е. А. ЯНКОВСКАЯ (студ. 5 к.), И. В. ЧИРКУН (студ. 5 к.),
Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ*

Перспективным направлением организации работы пассажирского городского транспорта является управление подвижными единицами автобусов, троллейбусов, трамваев и метрополитена в едином масштабе времени по заранее маршрутизированным направлениям движения с привязкой по времени прибытия каждой единицы транспорта с учетом пассажиропотока, который требуется переместить из одной точки тяготения в другую. Конечно, оптимизировать необходимо движение в пределах города в целом, однако такой подход заранее невозможен (вряд ли возможно скоординировать проведение таких всеобъемлющих исследований) и как альтернатива — исследование условий движения в пределах отдельных районов или транспортных узлов города. Крупным пересадочным узлом в г. Минске является площадь Якуба Коласа, в пределах которой осуществляется пересадка с массового транспорта (метро) на все виды городского транспорта: автобус, троллейбус и трамвай. Особенностью данного узла является наличие кольцевого маршрута троллейбуса (маршруты 1 и 2), а также отделенные пешеходной частью линии трамвая и безрельсового транспорта. Необходимо отметить, что специ-

фкой данного узла является и возможность без выхода на поверхность перемещение к трамваям разноименных направлений при движении из метрополитена только в одном направлении – в сторону Комаровского рынка. Второй выход не предусматривает наличие выхода в зоне остановочных пунктов трамвая. Были проведены соответствующие исследования, направленные на получение данных на решение следующих оптимизационных задач – разработки единого плана-графика движения подвижных единиц городского пассажирского транспорта, включающего время прибытия отдельных единиц, максимально возможное количество пассажиров, предъявляемых к перевозке, время, требуемое на прибытие пассажира на посадочную площадку (перрон) назначения.

Перспективным является возможность выявления приоритетных направлений движения и видов транспорта (получения графиков пассажировместимости отдельных видов транспорта, их загруженности) и разработка оптимальных маршрутов движения каждого вида городского транспорта в отдельности (а возможно и разработка развозочных маршрутов).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

В. Н. КУЗЬМЕНКО (аспирант), Ю. А. ВРУБЕЛЬ (к. тех. н.), БНТУ

Только в городе Минске имеется более 10 кольцевых перекрестков, а в Республике Беларусь их число составляет свыше 30. Суммарные народнохозяйственные потери из-за неоптимального регулирования на этих перекрестках составляют более 15 млн. долларов ежегодно и с ростом уровня автомобилизации будут неуклонно увеличиваться. При выборе оптимального регулирования большую часть потерь можно избежать.

Целью работы является повышение эффективности дорожного движения на кольцевых перекрестках на основе выбора оптимального регулирования.

Объектом исследования являются кольцевые перекрестки с различными видами центрального островка (неразрезной, разрезной в одном из направлений, разрезной в двух направлениях); с различным числом полос для движения по кольцу, при въезде и выезде с кольца; с малым, средним и большим диаметром центрального островка; с любым числом сходящихся в узле улиц; с различным видом регулирования (светофорное регулирование, нерегулируемый перекресток); при наличии или отсутствии регулируемых и нерегулируемых пешеходных переходов.

Анализируя направления исследования можно сделать вывод о том, что кольцевые перекрестки изучены недостаточно. Поэтому основным результатом исследования видится разработка метода оптимизации управления на кольцевых перекрестках, в которую составной частью вошли бы методики прогнозирования и расчета экономических, экологических и аварийных потерь, а также рекомендации при проектировании и организации движения.

Научная новизна работы заключается в определении всех видов потерь (экономических, экологических и аварийных), разработке критериев и методики выбора вариантов организации дорожного движения на кольцевых пересечениях.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ЗОНАХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

А. В. КОРЖОВА (магистрант), Е. Н. КОТ, БНТУ

В настоящее время одной из проблем организации дорожного движения стало повышение эффективности движения в зонах пешеходных переходов. Для рассмотрения этого вопроса были проведены исследования, целью которых стало изучение влияния применения искусственных неровностей в зонах пешеходных переходов на параметры скорости движения транспортных средств, изменение экономических и экологических потерь, а также количества дорожно-транспортных происшествий.

Объектом исследования были выбраны искусственные неровности, созданные для сдерживания скорости движения транспортных средств на участках с потенциальной опасностью дорожно-транспортных происшествий.

В ходе работы на исследуемых участках были собраны необходимые дополнительные статистические данные, такие как интенсивность движения транспортных средств и пешеходов, состав потока, скорость транспортных средств, количество полос движения, вид искусственной неровности, основания для установки искусственной неровности, наличие дорожной разметки и дорожного знака, количество дорожно-транспортных происшествий.

Это позволило выделить и сгруппировать факторы, способствующие возникновению проблемы.

Для проведения детального изучения данного вопроса были использованы методики расчета экономических и экологических потерь в дорожном движении, а также статистический анализ изменения количества дорожно-транспортных происшествий, на начальном этапе сбора данных был применен метод натурных наблюдений.

Особенность проведенных исследований заключается в расчете для применения искусственных неровностей в зонах пешеходных переходов экономических потерь от задержек транспорта, а также экологических потерь от выбросов в атмосферу и транспортного шума из-за снижения, в сравнении с разрешенной, скорости и увеличения ее неравномерности.

Полученные результаты помогут скорректировать правила применения искусственных неровностей, а также разграничить ситуации применения светофоров, искусственных неровностей, информационных секций «Думка-ЖМ» и других технических средств, с целью наиболее эффективной организации дорожного движения в зонах пешеходных переходов.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ И КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ

О. В. ХОЛУПОВ (студ. 4 к.), В. Н. СЕДЮКЕВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Проблематика: В связи с имеющимися различиями в оплате проезда тяжеловесных и крупногабаритных автомобильных транспортных средств (АТС) по странам, возникает актуальная задача по оптимизации выбора маршрута движения в части транзитных государств и используемых дорог, а также параметров транспортных средств.

Цель работы – повышение эффективности международных перевозок тяжеловесных и крупногабаритных грузов путем снижения затрат на оплату за проезд АТС по территориям различных стран.

Объектом исследования являются параметры маршрутов движения и АТС, в том числе осевые нагрузки.

Предложена целевая функция оптимизации, представляющая собой суммарные затраты перевозчика при проезде по территориям стран маршрута, связанные с превышением допустимых параметров АТС – нагрузок на оси, полной массы, габаритных размеров и с учетом других факторов – числа осей, экологической безопасности и др. В качестве управляемых оптимизируемых параметров приняты трасса маршрута (страны, дороги), а также размещение груза в кузове АТС.

При формировании баз нормативно-справочной информации, расчете осевых нагрузок и вычислении целевой функции при различных значениях управляемых параметров использованы компьютерные технологии, а при определении осевых нагрузок – методы теоретической механики. Составлены уравнения, позволяющие рассчитывать нагрузки на оси в зависимости от места расположения центра масс груза в кузове. Разработаны алгоритм и компьютерная программа расчета осевых нагрузок тягача с полуприцепом, суммарного размера оплаты за проезд по территориям стран и поиска оптимального расположения центра масс груза в кузове полуприцепа.

Новизна работы состоит в том, что применен подход к минимизации затрат на выполнение перевозок с учетом возможной одновременной вариантности стран маршрута движения и распределения груза по осям.

Результаты работы имеют практическое значение при международной перевозке тяжеловесных и крупногабаритных грузов, а также применяются в учебном процессе.

В дальнейшем данная работа будет направлена на определение оптимальных схем загрузки транспортных средств типичными грузами, перевозимыми международными перевозчиками Беларуси.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

О. С. КОЗЛОВА (студ. 4 к.), В. Н. СЕДЮКЕВИЧ В.Н. (к. тех. н.), БНТУ

В г. Минске продолжается развитие перевозок пассажиров метрополитеном. Поэтому организация перевозок, обеспечивающая сокращение потерь времени пассажиров на поездки с использованием метрополитена, актуальна.

Цель работы – повышение качества обслуживания пассажиров на пересадочном узле метрополитена.

Основным резервом снижения потерь времени пассажирами является сокращение времени ожидания посадки на станциях метрополитена, и особенно на пересадочном узле, в периоды спада пассажиропотоков (внепиковое время) из-за увеличения интервалов движения электропоездов.

Для достижения поставленной цели предлагается: организовать движение электропоездов по расписанию, которое доводится до пассажиров; расписание движения электропоездов по линиям и направлениям установить таким, чтобы суммарное время ожидания пассажирами посадки на пересадочном узле, было минимальным.

В качестве целевой для оптимизации работы пересадочного узла за счет согласованного расписания прибытия на него электропоездов предлагается следующая функция:

$$Z = \sum_{i-j, k-l}^8 Q_{i-j, k-l} t_{i-j, k-l} = \min_{T_{i-j}, T_{k-l}},$$

где $i-j, k-l$ – пересадка с i -й линии (1 или 2) j -го направления движения (1 или 2) на k линию (1 или 2) l -го направления движения (1 или 2);

$Q_{i-j, k-l}$ – среднее число пассажиров, которые совершают данную пересадку; $t_{i-j, k-l}$ – среднее время на данную пересадку;

T_{i-j}, T_{k-l} – моменты прибытия электропоездов по линиям и направлениям.

При этом во всех случаях $i \neq k$.

Обработка экспериментальных данных о работе пересадочного узла производилась методами математической статистики, а определение значений целевой функции при различных моментах прибытия электропоездов на пересадочный узел – имитационным статистическим моделированием.

В работе рассмотрено согласование работы перегрузочного узла с учетом случайности процессов перехода пассажиров со станции на станцию и прибытия поездов по расписанию.

Даются рекомендации по работе пересадочного узла Минского метрополитена.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ МАРШРУТАХ АВТОБУСОВ ПО ПЕРЕВОЗКЕ ПАССАЖИРОВ В РЕГУЛЯРНОМ СООБЩЕНИИ

Е. В. ЛАЗОВСКАЯ (студ. 5 к.), А. С. ВОРОБЬЕВА (студ. 5 к.), Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ

При проектировании сетей городского пассажирского транспорта необходимо обладать информацией о потребностях населения в передвижениях и поездках, выражающейся общей и транспортной подвижностью. При разработке комплексных транспортных схем, оптимизации маршрутов и прогнозирования загрузки сетей городского пассажирского транспорта необходимы данные об объемах перевозок и пассажиропотоках на существующих маршрутах.

Данные о пассажиропотоках могут использоваться и при выборе вида общественного пассажирского транспорта (для проведения сравнительного анализа и выбора вида).

Проводились натуральные (визуальные) обследования нагрузки автобусного маршрута номер 100 в г. Минске, который осуществляет перевозки пассажиров в регулярном сообщении в центральной части пр. Независимости (магистральной улицы общегородского значения, категория А).

Обследования производились на остановочных пунктах в следующей последовательности: ул. Володарского, ул. Комсомольская, «станция метро «Октябрьская», ул. Я. Купалы, площадь Победы, ул. Козлова, площадь Я. Коласа, ул. П. Бровки, «Дом Печати», «Академия Наук» (КП–6). Исследования производились табличным методом. Замеры проводились учетчиками в течение часа через каждые два часа, причем и в будние, и в выходные дни. Разработана таблица обследования наполнения подвижного состава автобуса, которая включает следующую информацию: схему расположения остановочного пункта с привязкой, тип подвижного состава, время подхода к остановке, количество вошедших и вышедших пассажиров, время производство замеров и т. д.

Проведенные исследования позволяют получить комплекс показателей как для совершенствования организации перевозок на исследуемом маршруте (распределение подвижного состава на маршруте, данные для составления расписания движения, удлинения или укорочения маршрута, введения экспрессного движения на отдельном участке маршрута), так и для достаточно полного анализа маршрутной системы в целом.

Получены следующие данные: пассажиропотоки за сутки и отдельные часы; фактические объемы перевозок по часам суток (поскольку учитывались и безбилетные пассажиры и пассажиры, имеющие право на льготный проезд); пассажирооборот остановочных пунктов; средняя дальность маршрутной поездки пассажира (по дополнительным исследованиям); сменяемость пассажиров на маршруте.

Построены графики неравномерности пассажиропотоков по часам суток, дням недели и по длине исследуемого маршрута. В дальнейшем планируется установить параметры скорости сообщения, пешеходной доступности и размещение наиболее важных объектов тяготения для оптимизации расположения остановочных пунктов в пределах данного маршрута. Результаты исследований позволяют сделать выбор и вида транспорта, используемого на данном маршруте по дополнительному обследованию корреспонденций и пересадочности.

РАЗМЕЩЕНИЕ ИНДУКТИВНЫХ ДЕТЕКТОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

А. П. АСТАПЕНЯ (аспирант), Д. В. КАПСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ

Важнейшим видом технических средств автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУ ДД), входящих в состав периферийного оборудования системы, являются детекторы транспорта, представляющие собой источник информации о параметрах транспортных потоков на дорожной сети. Общие принципы построения детекторов транспорта базируются на методе прямого определения характеристик транспортного потока и косвенной оценки с помощью соотношений связи с ними остальных характеристик. Эффективность действия технологических алгоритмов АСУ ДД в значительной мере определяется правильностью размещения чувствительных элементов детекторов транспорта в зоне управления.

Были даны рекомендации по размещению детекторов различного назначения (проходного и присутствия), которые ориентированы на использование детекторов транспорта, с чувствительным элементом в виде индуктивной рамки (ИР), установленной под дорожным полотном.

Разработаны схемы размещения ИР:

- для алгоритма местного гибкого регулирования;
- для вызывных алгоритмов;
- для алгоритма выбора программы координации по транспортной ситуации;
- для алгоритма автоматического включения «зеленой улицы»;
- для обнаружения заторов и т.д.

Определены параметры размещения рамок на проезжей части в зависимости от загрузки направления движением, ширины полосы движения или проезжей части, наличия поворотного движения совместно или отдельно с транзитным движением, наличия разрешения на остановку и стоянку личного транспорта и размещения заездных карманов или остановочных пунктов общественного транспорта в контролируемой зоне, расстояния от контролируемого сечения до стоп-линий и т.д.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке централизованных и децентрализованных АСУ ДД, а также управления движением на локальных изолированных перекрестках (светофорных объектах).

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ «АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА» НА ПРЕДМЕТ СОЗДАНИЯ СОВОКУПНОГО КОММЕРЧЕСКОГО ПРОДУКТА

О. Г. МИХНЕВИЧ (аспирант), И. А. ОВЧИННИКОВ, Д. С. СЕЛЕЗНЕВА, БНТУ

Существующие системы взимания оплаты за пользование дорогами и проезд тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств (ТС) не учитывает показатели качества дороги, скорость движения, техническое состояние, производительность конкретного ТС, а также себестоимость определенной автомобильной перевозки, что в конечном итоге не способствует повышению эффективности функционирования данной системы.

Цель работы – разработать систему мероприятий, направленных на стимулирование совместной экономической заинтересованности в системе «Коммерческий автомобильный транспорт – коммерческая автомобильная дорога».

Научная новизна работы состоит в том, что для конкретной перевозки определяется степень разрушающего воздействия со стороны автомобиля на дорогу и со стороны дороги на автомобиль, а также потери в производительности коммерческого автомобиля, обусловленные либо дорожными факторами, либо причинами самого ТС. Другими словами, автомобиль и дорогу рассматривают как партнеров по совместному бизнесу, если одна сторона препятствует получению прибыли, то она либо получает символические суммы, либо ей предъявляется счет за причиненные убытки. Это возможно лишь в том случае, если будет отслеживаться каждая конкретная перевозка на предмет создания совместного продукта автомобилем и дорогой с учетом нанесенных взаимных ущербов. В этом случае различные участки дороги и различные ТС станут накапливать информацию о различной рентабельности, что приведет к реальной заинтересованности в поддержании технико-эксплуатационных качеств и дороги и ТС на должном уровне.

Проведенные теоретические и практические исследования позволили получить следующие результаты.

1. Обосновано оснащение ТС устройствами, позволяющими: определять статическую нагрузку на ось; измерять и регистрировать динамические нагрузки в системе «Автомобиль – дорога»; контролировать работу подвески ТС; регистрировать скорость движения по маршруту и сам маршрут перевозки.
2. Предложена методика определения тарифа оплаты за пользование дорогами.
3. Получена оптимизационная модель для некоторых управляемых параметров системы (скорость, ровность дороги, перегруз по осям и др.).

Внедрение предлагаемой системы позволит повысить рентабельность работы рассматриваемого объекта, что обеспечит экономический эффект (расчетный) в масштабах Республики Беларусь около 80 млрд. руб. в год.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

О. С. КОЗЛОВА (студ. 4 к.), Е. В. РОЖКО (студ. 4 к.), О. А. САХОН (студ. 4 к.), И. А. ОВЧИННИКОВ, БНТУ

Поиск новых способов перемещения грузов и пассажиров всегда был предметом внимания ученых и изобретателей. Разнообразие, известных на сегодняшний день, нетрадиционных транспортных систем приводит к значительным трудностям при сравнении параметров их работы и при выборе перспективного варианта для заданного объекта из-за отсутствия критерия оценки.

Цель работы – ранжировать 18 наиболее известных нетрадиционных транспортных систем.

Научной новизной обладает разработка комплексного критерия оценки транспортных систем, не получивших массового применения.

Для достижения поставленной цели были выбраны частные критерии из следующих групп: стоимостные показатели, линейные параметры, характеристики масс, временные ограничения, измерители комфорта, затраты энергии, фактор безопасности.

Для проведенных исследований был сформирован типизированный объект, на котором предполагалось рассматривать внедрение новых транспортных систем: площадь региона – до 20000 км², численность населения – 10...15 млн. чел., требования к скорости перемещения – высокие, ограничения по стоимости поездки – уровень средней стоимости, сроки ввода в эксплуатацию – не лимитированы. В результате работы был получен следующий перечень транспортных систем, отсортированный по предпочтительности к перспективному применению:

1. Беспилотные летательные аппараты.
2. Монорельсовый.
3. Пневмотрубопроводный.
4. Автомобили с гибридным источником энергии.
5. Электророллеры.
6. Средства на солнечной энергии.
7. Индивидуальные летательные аппараты.
8. Движущиеся тротуары.
9. Кресельная канатная дорога.
10. Автомобили на нетрадиционных видах топлива.
11. Транспортная система «ТРАНСКАР».
12. Струнный транспорт Юницкого.
13. Электромобили.
14. Экранопланы.
15. Дирижабли и аэростаты.
16. Гондольная канатная дорога.
17. Транспортные средства на воздушной подушке.
18. Электровелосипеды.

Данные результаты следует учитывать в процессе проектирования перспективных транспортных систем.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК МЕЛКИХ ПАРТИЙ ГРУЗОВ

М. Е. ВИННИК (магистрант), В. Н. СЕДЮКЕВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

В общем объеме перевозок грузов наблюдается тенденция роста доли мелких партий и соответственно удельных транспортных издержек в сфере производства и обращения. Поэтому исследования, направленные на снижение расходов на такие перевозки, является актуальным.

Целью работы является повышение эффективности перевозок мелких партий грузов на основе совершенствования организации доставки по сборочным (развозочным) маршрутам.

Объектом исследования являются системы доставки мелких партий грузов автомобильным транспортом.

Научная новизна состоит в том, что предложен метод формирования сборочных (развозочных) маршрутов на основе сокращения тонно-километров брутто работы транспортных средств, отличающийся от известных, в которых учитывается пробег. Данный метод позволяет принять решение не только о трассе маршрута, но и об направлении объезда пунктов. Принятие решений по предложенному критерию обеспечивает минимизацию материальных затрат на перевозку грузов без выполнения сложных экономических расчетов.

Для достижения поставленной цели разработаны алгоритм и компьютерная программа формирования сборочных (развозочных) маршрутов на основе максимизации сокращений транспортной работы брутто от объединения отдельных перевозок в один маршрут. При этом учитываются имеющиеся ограничения по объему поставок, числу и грузоподъемности транспортных средств, длине маршрутов, числу промежуточных пунктов и длительности периодов времени выполнения перевозок на маршрутах, а также другие требования.

Практическая ценность работы состоит в том, что предложен достаточно простой, эффективный и быстро реализуемый алгоритм формирования рациональных сборочных (развозочных) маршрутов автомобильных перевозок мелких партий грузов на основе критерия оптимальности, обеспечивающего снижение транспортных издержек.

Результаты исследования могут быть использованы предприятиями производственной сферы, торговыми, снабженческо-сбытовыми, транспортными, транспортно-экспедиционными и другими организациями при текущем или оперативном планировании автомобильных перевозок мелких партий грузов.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СКЛАДОВ МЕЛКИХ ПАРТИЙ ГРУЗОВ

Е. В. ГЛАДКАЯ (студ. 4 к.), В. Н. СЕДЮКЕВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Наблюдается тенденция увеличения объемов перевозок мелких партий грузов. Поэтому совершенствование функционирования складов по консолидации и деconsolidации мелких партий грузов является актуальным.

Целью работы является повышение эффективности и безопасности работы складов за счет специализации зон и блоков и размещения грузов с учетом их классификационных признаков.

Объект исследований: консолидационные склады мелких партий грузов.

В работе использованы методы статистического анализа, теории управления запасами и оптимизации размещения грузов на складах с применением адресной системы хранения.

Научная новизна состоит в предложенной специализации зон и блоков складов терминала и разработке наиболее оптимальной организации хранения грузов, позволяющих более качественно и своевременно доставлять их получателям.

Предложено выделять зоны складов для опасных, тяжеловесных и крупногабаритных грузов, грузов с заданными температурными условиями хранения и обычных грузов. Это позволяет повышать безопасность и сохранность грузов. В свою очередь в зонах выделяются блоки, которые соответствуют направлениям дальнейшей перевозки грузов. Деление на блоки дает возможность более быстрой комплектации отправок за счет адресной системы складов. Каждый блок делится на секции (места). Секции для опасных грузов формируются в соответствии с требованиями безопасного хранения и обработки отдельных грузов. Крупногабаритные грузы размещаются в секциях (местах) исходя из их габаритных размеров (высота, длина, ширина) и массы. Грузы, требующие поддержания для них определенных температурных режимов, хранятся в соответствующих секциях с учетом возможной совместимости. В блоках с обычными грузами размещение осуществляется по секциям с выделением части их для ценных и срочных грузов. Кроме того, при наличии грузов, находящихся под таможенным контролем, выделяется таможенная зона (склад).

Разработанные предложения позволяют сделать складскую систему более «прозрачной» для управления доставкой грузов, проводить обработку груза с меньшими затратами времени и материальных ресурсов, упростить процесс проведения общих и выборочных инвентаризаций, улучшить контроль за хранением грузов; повысить качество обслуживания клиентов, обеспечить дополнительные требования в отношении специфических грузов.

Практическое применение результатов исследования имеют для складов со значительными объемами мелких партий грузов и широким ассортиментом товаров.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПО ПЕРЕГОНУ МАГИСТРАЛЬНОЙ УЛИЦЫ

Д. В. НАВОЙ (аспирант), Д. В. РОЖАНСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ

Процесс движения транспортного потока по перегону носит нестационарный стохастический характер. Существуют различные подходы к описанию процесса движения транспортного потока на перегоне, однако традиционно используются линейные модели. Предлагается модель функционирования перегона, включающая в себя регулируемый перекресток, перегон и следующий регулируемый перекресток. Предложенная модель, состоит из трех участков: рассасывания очереди перед стоп-линией; стабильного движения транспортного потока по перегону; взаимодействия со следующим светофорным объектом.

Существует несколько подходов к описанию движения транспортного потока на перегоне. Предлагается представить нормальное распределение времени проезда автомобилем перегона с плотностью, учитывающей среднее значение времени проезда перегона и дисперсию транспортного потока, как функцию длины участка дороги, то это позволит более точно определить передний фронт размытой волны транспортного потока при подходе к следующему перекрестку и эффективный сдвиг включения зеленого сигнала.

В отличие от определения линейности движения переднего фронта транспортного потока в классических моделях, зависимость времени проезда транспортного потока и дисперсии от длины перегона позволяет внести характер нелинейности в рассматриваемый процесс.

Условием пропуска транспортного потока на следующем регулируемом пересечении является нахождение кривой интенсивности в границах разрешающего сигнала, с учетом потерянного времени на рассасывание очереди внепачковых автомобилей: $(t_{кр} + t_n) \leq f(\tau) \leq C$,

где, $t_{кр}$ -продолжительность горения запрещающего сигнала, t_n -потерянное время, C -продолжительность цикла. Длительность зеленого сигнала $T_n = C - (t_{кр} + t_n)$. Тогда импульс интенсивности на следующей стог-линии:

$$\rho_a(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{t_{кр}+t_n}^C \rho_i \cdot e^{-\frac{(\tau-\mu)^2}{2\sigma^2}} d\tau$$

Использование принципа нелинейности поведения транспортного потока в предложенной модели функционирования перегона на всех трех участках позволяет более точно описать алгоритмы магистрального управления транспортными потоками и определить управляющие воздействия путем уточненной корректировки планов координации и схем организации дорожного движения на регулируемых объектах в составе автоматизированных систем управления дорожным движением.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ И СИГНАЛОВ

Д. А. ШИЛОВ (аспирант), Д. В. РОЖАНСКИЙ (к. тех. н.), БНТУ

Деятельность оператора по управлению, к которой можно отнести и деятельность водителя, начинается с приема информации об объектах управления. Восприятие дорожных знаков можно разбить на стадии: обнаружение, различение и опознание. Обнаружение дорожных знаков – стадия восприятия, на которой водитель выделяет объект из фона, но еще не может судить о его форме и признаках, т.е. отнести его конкретно к группе знаков. Различение – стадия восприятия, на которой водитель способен выделять детали дорожных знаков и отнести его к группе знаков, или способен раздельно воспринимать два объекта расположенных рядом (два знака) и далее отнести их к группам дорожных знаков. И последняя стадия – опознания – восприятие, на которой наблюдатель выделяет существенные признаки дорожных знаков и происходит его чтение.

Длительность этих стадий зависит от сложности воспринимаемого сигнала. Знание последовательности различения признаков сигнала и динамики становления его образа важно для решения таких инженерно-психологических задач по оптимальному представлению информации оператору (водителю) в процессе управления объектом.

К выбору оценки критерия по данному этапу предполагается подойти с точки зрения теории информации, т.е. изучение и выработка количественных показателей по определению объема информации, которую несет в себе дорожный знак. С учетом пропускной способности зрительного канала водителя в различных условиях внешних воздействий в процессе управления транспортным средством необходимо определить закономерности достоверного опознания того или иного дорожного знака.

При этом необходимо учитывать следующее: при построении образа большую роль играют представления (вторичные образы), сформированные у человека в процессе развития; акт восприятия есть вместе с тем и соотнесение формирующегося образа с некоторым хранящимся в памяти эталоном. Система представлений, хранящихся в памяти человека, образует своеобразную «субъективную шкалу», с которой соотносятся те или иные образы. Это значительно ускоряет процесс восприятия, но вместе с тем иногда может служить и источником ошибок опознания.

С учетом изложенного, предлагаются следующие критерии оценки информативности дорожных знаков:

1. Максимальное критическое расстояние обнаружения дорожного знака.
2. Отношение контрастности дорожного знака к пороговой контрастности.
3. Вероятность различения формы и основного цвета знака.
4. Вероятность восприятия информации дорожного знака.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ С АДАПТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ

А. С. ПОЛХОВСКАЯ (студ. 1 к.), В. В. МОЧАЛОВ (к. тех. н.), БНТУ

Компьютерные системы контроля знаний становятся все актуальнее. Многолетняя апробация разработанной на кафедре «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» БНТУ подобной системы показала целесообразность введения адаптивных свойств. Это позволяет быстрее определить слабые места в подготовке обучаемых и кроме тестирования знаний ускорить их подготовку. В докладе предлагаются принципы повышения эффективности работы компьютерной системы контроля знаний путем введения адаптивных свойств. Введенные дополнения позволяют тщательнее проверять знания тестируемых, уменьшая вероятность простого везения.

Система включает в себя 200 вопросов по 4 вариантам ответов к каждому, служебную информацию, элементы вероятностного выбора, расчет текущей оценки и индикацию результатов. Адаптивность обеспечивается следующим способом: из общего количества вопросов случайным образом выбирается десять; определяется

область, где знания тестируемого хуже (получена наименьшая оценка по ответам); далее из базы выбираются новые вопросы, причем определенный процент из этих областей.

В адаптивном тестировании главным условием выбора заданий из всей базы является уровень его сложности ^[1]. В данной работе представлен иной подход к реализации компьютерного теста: с одной стороны его нельзя отнести к традиционному тестированию (поскольку выбор последующих вопросов осуществляется на основе ответов на предыдущие), а с другой стороны он не совсем соответствует традиционному пониманию термина «адаптивное тестирование» (вопросы разделены по темам, а не по уровню сложности).

Преимущества разработанной адаптивной системы:

- объективность оценки уровня знаний для всех тестируемых;
- уникальность сочетания вопросов задания (первые десять вопросов случайным образом выбираются из 200 возможных, а последующие 30 задаются в зависимости от ответов на предыдущие);
- стимулирует изучение лекционного материала (а не базы вопросов) для ускорения получения положительной оценки.

Планируется использовать разработанную программу для адаптивного выявления знаний студентов специальности «Организация дорожного движения». В данное время ведется апробация системы.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО И СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ АВТОМОБИЛЕЙ

А. М. ШИНКАРЕНКО (аспирант), А. Д. ПАШИН (к. тех. н.), БНТУ

Проблематика. Для каждого предприятия автосервиса процесс совершенствования качества предлагаемых услуг является первоочередной задачей. Это продиктовано увеличивающейся конкуренцией в условиях Белорусского рынка автосервиса, увеличением парка легковых автомобилей, повышением требований к состоянию автомобиля по параметрам безопасности и экономичности эксплуатации автомобилей.

Цель работы. Анализ влияния степени оснащенности производства на технологические процессы технического обслуживания и ремонта узлов и агрегатов автомобиля с применением метода экспертной оценки.

Объект исследований. Технологический процесс технического обслуживания и ремонта узлов и агрегатов автомобилей.

Использованные методики. Метод экспертной оценки.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Применение метода экспертной оценки для определения степени влияния факторов оснащенности технологических процессов на качество технического обслуживания и ремонта узлов и агрегатов автомобилей.

Полученные научные результаты и выводы. Разработан технологический процесс и устройство для распыления порошковых материалов [1].

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Технологический процесс и устройство позволяет уменьшить расход эксплуатационных материалов, повысить качество, уменьшить себестоимость эксплуатации автомобилей.

1. Пашин А.Д., Шинкаренко А.М. Устройство для распыления порошковых материалов. Патент Республики Беларусь №5453 МКИ В05В 5/025, АБ РБ №3(38) 2003г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ И КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ

О. В. ХОЛУПОВ (студ. 4 к.), В. Н. СЕДЮКЕВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Проблематика: В связи с имеющимися различиями в оплате проезда тяжеловесных и крупногабаритных автомобильных транспортных средств (АТС) по странам, возникает актуальная задача по оптимизации выбора маршрута движения в части транзитных государств и используемых дорог, а также параметров транспортных средств.

Цель работы – повышение эффективности международных перевозок тяжеловесных и крупногабаритных грузов путем снижения затрат на оплату за проезд АТС по территориям различных стран.

Объектом исследования являются параметры маршрутов движения и АТС, в том числе осевые нагрузки.

Предложена целевая функция оптимизации, представляющая собой суммарные затраты перевозчика при проезде по территориям стран маршрута, связанные с превышением допустимых параметров АТС – нагрузок на оси, полной массы, габаритных размеров и с учетом других факторов – числа осей, экологической безопасности и др. В качестве управляемых оптимизируемых параметров приняты трасса маршрута (страны, дороги), а также размещение груза в кузове АТС.

При формировании баз нормативно-справочной информации, расчете осевых нагрузок и вычислении целевой функции при различных значениях управляемых параметров использованы компьютерные технологии, а при определении осевых нагрузок – методы теоретической механики. Составлены уравнения, позволяющие рассчитывать нагрузки на оси в зависимости от места расположения центра масс груза в кузове. Разработаны алгоритм и компьютерная программа расчета осевых нагрузок тягача с полуприцепом, суммарного размера оплаты за проезд по территориям стран и поиска оптимального расположения центра масс груза в кузове полуприцепа.

Новизна работы состоит в том, что применен подход к минимизации затрат на выполнение перевозок с учетом возможной одновременной вариантности стран маршрута движения и распределения груза по осям.

Результаты работы имеют практическое значение при международной перевозке тяжеловесных и крупногабаритных грузов, а также применяются в учебном процессе.

В дальнейшем данная работа будет направлена на определение оптимальных схем загрузки транспортных средств типичными грузами, перевозимыми международными перевозчиками Беларуси.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д. А. МЕТЕЛЬСКИЙ (студ. 5 к.). А. С. САВИЧ, БНТУ

Коленчатый вал является одной из ответственных, дорогостоящих, а также сложных в ремонте деталей. В процессе работы двигателя коленчатый вал подвергается воздействию знакопеременных нагрузок, приводящих к износу рабочих поверхностей вала.

В настоящее время разработаны различные способы и технологии восстановления коленчатых валов. Наибольшее распространение получили наплавка под легирующим флюсом без термообработки, порошковой проволокой, в среде защитных газов и др. Однако нагрев детали до температуры плавления материалов, участвующих при наплавке, приводит к структурным изменениям металла, возникновению внутренних напряжений, снижению усталостной прочности и образованию микротрещин. Эти недостатки накладывают ограничения на восстановление высоконагруженных коленчатых валов дизельных двигателей.

Поэтому способ восстановления должен отвечать следующим требованиям: небольшой нагрев восстанавливаемой детали; наименьшее снижение усталостной прочности; обеспечение необходимой твердости, износостойкости и прочности сцепления покрытия.

В основном таким требованиям отвечает способ восстановления деталей напылением. Основными параметрами напыляемых покрытий, определяющими их качество, являются прочность сцепления с поверхностью детали и плотность напыленного слоя.

Анализ технико-экономических показателей покрытий, полученных различными способами напыления, показал, что для достижения прочности сцепления покрытия с деталью 50 МПа необходимо реализовать химическое взаимодействие материалов покрытия и подложки. Минским научно-исследовательским и конструкторско-технологическим институтом сварки и защитных покрытий с опытным производством (НИКТИ СП с ОП) разработан способ напыления проволоочных материалов методом активированной дуговой металлизации с применением установки АДМ-10.

Процесс активированной дуговой металлизации характеризуется существенным повышением аэродинамической силы распыляющей струи и снижением размера частиц в 4...7 раз по сравнению с традиционной электродуговой металлизацией, что обеспечивает более высокую плотность покрытия.

В качестве исходного материала для получения износостойких покрытий при восстановлении коленчатых валов целесообразно использовать порошковую проволоку ПП-ТП-1 и монолитные стальные проволоки 20Х13, 40Х13 или композиции из этих материалов, что позволит обеспечить пористость покрытия менее 5 %, прочность сцепления с основой 20–50 МПа и твердость поверхности до 40–43 HRC.

ТУРБОНАДДУВ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. М. РАК (студ. 4 к.) А. Н. ПЕТРУЧЕНКО (к. тех. н.), БНТУ

Идея наддува двигателя внутреннего сгорания возникла на заре двигателестроения. Ещё в 1905 году швейцарский инженер Альфред Бюши получил патент на изобретённый им турбокомпрессор. И в 20-х годах XX века стали появляться первые турбонаддувные дизельные двигатели. Первый серийный бензиновый «турбодвигатель», выпускавшийся менее года, появился в 1962 году на автомобиле Chevrolet Corvaire Monza. Причиной тому стал сам двигатель, имевший низкую надёжность и неудовлетворительную зависимость крутящего момента по скоростной характеристике.

Преимущества турбонаддувных двигателей: высокий полный КПД (у бензинового ДВС Opel Calibra – 37 %), и, как следствие – низкий удельный расход топлива; высокая литровая мощность (Mitsubishi 4G63 Turbo – 104 кВт/л); высокие экологические показатели: малая эмиссия вредных выбросов, меньшая шумность – стали стимулом к решению технических проблем, связанных с турбонаддувом бензиновых двигателей.

Основные проблемы, характерные для наддувных бензиновых двигателей и пути их решения:

1. *Высокая термическая и механическая нагрузка двигателя.* Эта проблема решается применением прогрессивных материалов, конструкций и технологий: блок цилиндров из вермикулярного чугуна, крышки коренных подшипников объединены в одну деталь с картером, кованные поршни, кремниевые выпускные коллекторы, охлаждение поршня маслом.

2. *Неудовлетворительный характер изменения крутящего момента.* Проблема решается по средством применения современных систем управления двигателем: обучающееся регулирование Audi, APC-система SAAB.

3. *Ухудшение приемистости двигателя.* Данный недостаток частично решен применением малых нагнетателей с небольшой инерционной массой, использованием пластмасс при изготовлении колёс компрессоров (Nissan SR20DET) и керамики при изготовлении колёс турбин (двигатель автомобиля Nissan 300ZX Twin Turbo).

4. *Высокая стоимость.* Современный безнаддувный бензиновый двигатель при сопоставимых показателях мощности и крутящего момента по количеству и сложности применяемых систем и агрегатов превосходит турбонаддувный (BMW-М моторы, двигатели Honda VTEC и т.д.), а значит превосходит их и по цене.

Несмотря на серьезные проблемы, связанные с форсированием бензинового двигателя посредством наддува, это направление развития двигателей с воспламенением от постороннего источника является перспективным.

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ГРУЗА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Л. В. ХРУЛЬКОВА (аспирант), И. А. ЕЛОВОЙ (д. экон. н), БелГУТ

При определении массы груза, перевозимого железнодорожным транспортом, предприятиями железнодорожного транспорта, а также грузоотправителями и грузополучателями применяются следующие устройства:

- 1) весовые устройства: вагонные весы для статического взвешивания, вагонные весы для взвешивания в движении, товарные весы, лабораторные весы;
- 2) метрошток (измерительное устройство для определения высоты налива груза в цистерне);
- 3) линейки и рулетки для измерения геометрических размеров грузов, перевозимых навалом (т.е. без указания количестве мест в соответствующей графе накладной).

На железнодорожном транспорте используются следующие способы измерений массы грузов:

1 Измерение массы грузов при статическом взвешивании на вагонных весах: взвешивание груженого и порожнего вагона с расцепкой, взвешивание груженого вагона с расцепкой после компенсации его массы в порожнем состоянии, взвешивание груженого и порожнего вагона без расцепки, взвешивание груженого вагона с расцепкой, взвешивание груженого вагона без расцепки, взвешивание порожнего и груженого состава без расцепки, взвешивание груженого состава без расцепки;

2 Измерение массы грузов на весах для взвешивания вагонов в движении: взвешивание порожнего и груженого вагона без расцепки, взвешивание груженого вагона без расцепки, взвешивание порожнего и груженого состава без расцепки, взвешивание груженого состава без расцепки;

3 Прямое измерение массы грузов нетто на весах дискретного и непрерывного действия (значение массы груза определяется как результат взвешивания).

Для каждого из вышеперечисленных способов измерений массы грузов значения предельных погрешностей определения массы груза в процентах рассчитываются по строго определенным формулам с учетом цены поверочного деления весов, класса точности, массы «тары», «брутто» и «нетто», числа вагонов в составе и т.д.

Таким образом, практический расчет предельных допускаемых погрешностей для различных средств и способов определения массы грузов – задача достаточно трудоемкая, однако необходимая в современных условиях ввиду совершенствования и обновления базы нормативных документов, действующих на территории Республики Беларусь.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕДОСТАЧИ ИЛИ ИЗЛИШКА МАССЫ ГРУЗА В ПУНКТЕ НАЗНАЧЕНИЯ

Л. В. ХРУЛЬКОВА (аспирант), И. А. ЕЛОВОЙ (д. экон. н), БелГУТ

При определении массы груза в пункте назначения измеренное значение может отличаться от значения, полученного в пункте отправления, как в большую, так и в меньшую сторону. Это объясняется тем фактом, что действительная масса груза при измерении любым средством измерения всегда остается неизвестной, т.к. результат любого измерения всегда содержит в себе погрешность.

Под предельной погрешностью понимается максимальное допустимое отклонение измеренного значения массы от действительного значения. Значения предельной погрешности используются при расчетах предельного расхождения в результатах измерения массы груза и определении размеров недостачи или излишка груза.

Действующие в настоящее время на Белорусской железной дороге значения предельных расхождений определения массы нетто в пунктах отправления и назначения и порядок их расчета, предусмотренные Приложениями к разделу 4 Правил перевозок грузов на железнодорожном транспорте (с учетом изменений согласно Сборнику правил перевозок и тарифов № 408 от 1996 г.) не соответствуют современным условиям по следующим параметрам:

1) таблица значений предельных расхождений определения массы нетто при одинаковых средствах и методах измерения не содержит значения, соответствующего определению массы груза на вагонных весах для взвешивания в движении с проверкой тары;

2) в таблице значений предельных расхождений определения массы нетто при различных методах и средствах измерения весы для взвешивания в движении не упоминаются;

3) в Приложениях приводится формула для расчета значения предельных расхождений в результатах определения массы нетто, однако соответствующие значения предельных погрешностей, подставляемые в расчетную формулу, предлагается определять согласно ГОСТ 8.424–81, который отменен 15 лет назад.

Таким образом, Приложения к разделу 4 Правил перевозок грузов не отражают возможности использования при определении массы груза вагонных весов для взвешивания в движении с проверкой тары вагонов, а также не соответствуют действующим нормативным документам.

Из всего вышесказанного следует, что расчет значений предельных расхождений результатов определения массы в пунктах отправления и назначения необходимо производить согласно Рекомендации МИ 1953–88, но с учетом действующих в настоящее время на территории Республики Беларусь ГОСТов и СТБ.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

Ю. О. ЯКУБОВ (студ. 4 к.), Е. Л. САВИЧ (к.тех.н.), БНТУ

К лакокрасочным материалам, применяемым для окраски легковых автомобилей, предъявляется комплекс требований: высокие декоративные и антикоррозионные показатели, атмосферостойкость, соответствие экологическим требованиям по эмиссии растворителей и удешевление процесса нанесения.

Соответствие этим требованиям обеспечивается за счет использования материалов со специальными свойствами и нового высокоэффективного оборудования.

Анализ последних достижений в области окраски узлов и деталей автомобилей показывает, что все большее распространение в окрасочном производстве получают порошковые лакокрасочные материалы.

Важнейшим преимуществом покрытий на основе порошковых красок по сравнению с традиционными жидкими лакокрасочными материалами является отсутствие органических растворителей. Это снижает пожароопасность процесса окраски, улучшает условия труда и экологическую обстановку. Отличительная особенность применения порошковой окраски – практическая безотходность процесса. Потери составляют 1–2 % по сравнению с 50–60 при окрашивании изделий распылением традиционными жидкими ЛКМ. Кроме того, сокращается время окраски, так как появляется возможность исключить операции грунтования и нанесения промежуточных слоев, обеспечить требуемую толщину однослойного покрытия. Однако при этом следует учитывать, что не все порошки пригодны для верхних прозрачных покрытий кузовов, а только те, которые отверждаются при температуре не выше 130–150 °С и образуют покрытия, по оптическим, механическим свойствам и долговечности не уступающие покрытиям из двухупаковочного полиуретанового лака. В наибольшей степени перечисленным требованиям удовлетворяют порошковые композиции, содержащие в качестве пленкообразователей эпоксиакрилаты, а в качестве отвердителей – полиангидриды алифатических дикарбоновых кислот. Оба эти компонента выпускаются фирмой Hoeschst: эпоксиакрилаты – под маркой Synthacryl, полиангидриды – под маркой Additol.

Японская фирма Honda одной из первых внедрила процесс грунтования кузовов автомобилей порошковыми материалами. Окраска кузова производится так называемым инверсионным способом, типичным для многих предприятий. Цикл состоит из подготовки поверхности, нанесения порошковой краски (грунтование), отверждения покрытия, нанесения жидкой грунтовки методом электроосаждения, сушки, промежуточного легкого шлифования, нанесения жидкого лакокрасочного материала (верхний слой) методом электростатического нанесения и его отверждения. Порошковые краски начинают применять в качестве основных слоев покрытия во Франции, Японии, США

МЕТОДОЛОГИЯ РЕЦИКЛИНГА АМОРТИЗОВАННЫХ РТИ

И. С. ЯКОВЧИК (магистрант), С. М. ЗАЙЧИК (аспирант), В. А. СТРУК (д. тех. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Динамический рост парка автотранспортных средств в развитых странах мира приводит к накоплению амортизованных шин, которые оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Актуальность проблемы утилизации и регенерации этого класса РТИ усугубляется увеличением стоимости продуктов нефтехимического синтеза вследствие истощения запасов минерального сырья.

Цель работы состояла в анализе экологической и технологической эффективности и целесообразности рециклинга амортизованных РТИ по различным технологиям: пиролиза, сжигания, регенерации, механического измельчения и т.п.

В работе использована методика системного анализа многочисленных факторов, влияющих на эффективность процессов переработки и повторного использования продуктов различного состава, полученных по различным технологиям.

Установлено, что к числу экономически целесообразных технологий рециклинга РТИ относится комплексная переработка с применением механического диспергирования, обеспечивающая получение качественного сырья для различных отраслей промышленности: дисперсного регенерата, модифицированного полиамида, размерных фрагментов, металлического корда. Рассмотрены особенности строения и свойств дисперсных частиц вулканизата, образующихся на различных стадиях технологического цикла. Установлена возможность применения активированных частиц в качестве наполнителя маточных резиновых смесей и модификатора термопластичных матриц.

Предложена технологическая схема комплексной переработки амортизованных РТИ в продукты заданного состава и дисперсности.

Полученный регенерат позволяет вернуть в сферу потребления дорогостоящее сырье и снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

ДАТЧИКИ ХОЛЛА В УСТРОЙСТВЕ КОНТРОЛЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ДИЗЕЛЯ

Д. А. СИВЦОВ (аспирант), С. Д. ГАЛЮЖИН (к. тех. н.), БРУ

Современный энергонасыщенный тракторный агрегат, являясь одним из самых сложных в управлении из всей совокупности мобильных наземных машин, обычно работает в составе с несколькими сельхозорудиями, что усугубляет проблему улучшения использования его потенциальных возможностей. Известно, что загрузка двигателя в эксплуатационных условиях не превышает 75 % от номинальной мощности [1], а недогрузка двигателя снижает производительность всей машины и отрицательно влияет на топливную экономичность [2].

Одним из вариантов решения этой проблемы явилось создание устройства для определения экономичного режима работы дизельного двигателя тракторного агрегата, позволяющих водителю следить за нагрузочными режимами работы двигателя и по необходимости вносить свои коррективы. Примером может служить устройство, в состав которого входят датчики положения на эффекте Холла, формирующие сигналы о смещении рейки топливного насоса и передвижении рычага всережимного регулятора двигателя, характеризующие работу двигателя [3].

К приоритетам датчиков Холла можно отнести их выгодное отличие от других датчиков позиционирования. К примеру, у них одинаков принцип действия с магниторезистивными датчиками положения: под воздействием внешнего магнитного поля выходное напряжение датчика изменяется [4]. Но при гораздо более высокой чувствительности магниторезисторам присущ эффект насыщения, что не свойственно Холлам даже при экстремально высокой напряженности магнитного поля. Датчики Холла характеризуются высокой нагрузочной способностью, линейной выходной характери-

кой, широким диапазоном рабочих температур и питающих напряжений, долговременной стабильностью параметров и малым током потребления. Для работы датчиков требуется внешний магнит.

Выходной сигнал датчиков Холла подается на микропроцессорный блок и, после обработки в нем, как информация о нагрузочном режиме работы двигателя, подается в кабину водителя на информационное табло.

Подобные устройства могут эффективно применяться на тракторах, автомобилях и тепловозах, облегчая условия труда водителю, помогая правильно выбрать оптимальный режим работы двигателя.

1. Дьяченко В.А., Ляшко М.Н., Стефанович А.И. Широкозахватные машино-тракторные агрегаты. / Мн.: Ураджай, 1981. – 215 с.

2. Кононенко А.Ф. Пути улучшения сельскохозяйственной техники. / М.: Колос, 1980. – 304 с.

3. А.с. № 20031167 (ВУ) Устройство контроля экономической загрузки дизельного двигателя тракторного агрегата. Тарасик В.П., Галюжин С.Д., Коробкин В.А., Сивцов Д.А. / Оpubл. в О.Б. № 2, 2005 г.

4. Каталог электронных компонентов. / 2003г., № 2. – Компэл, – 2003. – 544 с.

ПРИВОД ВЫГРУЗНОГО КОНВЕЙЕРА БУНКЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ ТОРФА

П. П. СЛЕСАРЧИК (студ. 1 к.), Г. А. БАСАЛАЙ, БНТУ

В технологическом процессе добычи фрезерного торфа широко используются уборочные прицепные машины УМПФ. На предприятиях концерна «Белтопгаз» их количество составляет около 400 машин.

Для привода исполнительных рабочих органов уборочных машин, т.е. ковшового элеватора и выгрузного конвейера, применяется механическая трансмиссия от вала отбора мощности тягача. Включение конвейера для выгрузки торфа из бункера в навалы вдоль штабеля обеспечивается кулачковой муфтой управления.

Опыт эксплуатации уборочных машин показывает, что в момент включения выгрузного конвейера проявляются пиковые значения крутящего момента, что подтверждается и расчетами. Его величина может в 3–5 раз превышать значения в установившемся режиме, когда $M_{кр} = (1,8–2,4) \text{ кН} \cdot \text{м}$. Следует учитывать, что интенсивность включения выгрузного конвейера при уборке фрезерного торфа составляет в среднем 5 минут, а продолжительность работы для одной разгрузки – (15–20) секунд. Постоянные перегрузки отрицательно сказываются на надежности элементов привода: интенсивно изнашиваются кулачки муфты включения; происходит скручивание карданного телескопического вала по шлицевому соединению; отмечались неоднократные поломки зубьев в редукторе отбора мощности при агрегатировании машины с колесными тракторами.

На предприятиях в ремонтно-механических мастерских проблему частично решают установкой в приводе выгрузного конвейера дополнительного блока звездочек с организацией двухступенчатой цепной передачи, уменьшая в 1,3 раза частоту вращения ведущего вала конвейера. Таким образом, снижаются нагрузки в приводе, однако при этом, уменьшается и производительность.

Проблема повышения надежности привода выгрузного конвейера является актуальной задачей.

В настоящей работе разработан модернизированный привод выгрузного конвейера бункерной машины, который включает карданный телескопический вал, цилиндрический редуктор, кулачковую муфту управления, цепную передачу и снабжен аккумулятирующим устройством, состоящим из дифференциала планетарного типа. Ведущий вал дифференциала соединен цепной передачей с кулачковой муфтой, один ведомый вал передает вращение через цепную передачу на ведущий вал выгрузного конвейера, а второй ведомый вал через посаженный на нем барабан и запасованный канат воздействует на пружину, закрепленную на раме.

Применение в приводе выгрузного конвейера аккумулятирующего устройства повышает надежность элементов трансмиссии машины и тягача, снижает энергозатраты на выполнение технологической операции и увеличивает производительность оборудования.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

Н. В. ГОРЕЙКО (студ. 5 к.), М. В. ХАМИЦЕВИЧ (студ. 5 к.), Г. А. БАСАЛАЙ, БНТУ

При погрузке сыпучих материалов из валков и невысоких штабелей фронтальным погрузчиком значительно снижается эффективность его работы из-за неполного заполнения ковша.

Задача, решаемая данным механизмом, заключается в повышении производительности погрузочного оборудования за счет обеспечения эффективного заполнения ковша сыпучим материалом при невысоких его навалах и отсутствии упора.

Механизм спроектирован, как дополнительное погрузочное оборудование к модифицированным одноковшовым фронтальным погрузчикам ТО-18(28), которые в настоящее время находят широкое применение на предприятиях концерна «Белтопгаз» при погрузке фрезерного торфа. Оборудование позволяет расширить функциональные возможности погрузчика.

Предлагаемый механизм воздействует на материал в навале обратным отвалом, продвигая его к передней открытой части ковша и, при необходимости, удерживает его между отвалом и ковшом.

Погрузочное оборудование в виде кривошипно-кулисного механизма включает обратный отвал, закрепленный на кулисе, кривошип и коромысло, закрепленные в верхней части ковша, адаптер и гидроцилиндр опрокидывания ковша. На конструкцию «Погрузочное оборудование» авторами получен Патент на полезную модель №2004 от 15.03.2005г.

Захват материала, находящегося в навале, ковшом происходит при его опускании на опорную поверхность нижней стенкой и продвижении вперед. Часть материала за счёт трения об опорную поверхность и упор, создаваемый навалом, попадает через переднюю открытую стенку в ковш. Одновременно включается привод кривошипно-кулисного механизма, с помощью которого периодическими захватами материала обратным отвалом ковш заполняется максимально.

Для эффективной погрузки материала, склонного к слеживанию, погрузочное оборудование по предлагаемой разработке может быть выполнено в варианте 2, когда на двуплечем рычаге шарнирно посредством пружины вместо отвала закреплен рыхлитель в виде отдельных вертикальных зубьев на общей поперечине.

При погрузке материала, рассредоточенного по поверхности тонкими слоями, эффективность заполнения ковша можно повысить установкой на двуплечем рычаге вместо отвала горизонтальной, фронтальной приводной щетки, вращающейся встречно подаче ковша (вариант 3).

В работе выполнен кинетостатический анализ механизма активного заполнения ковша и проведена оптимизация движения механизма по траектории крайней рабочей точки обратного отвала.

Проведенные исследования, анализ и расчеты основных элементов погрузочного оборудования позволили в ходе курсового и дипломного проектирования разработать основной комплект конструкторской документации (ОККД) на изделие. Конструкторская документация выполнена с использованием современных средств компьютерного проектирования в системе *AutoCAD*.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ВЫБОРА МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ

Т. Н. САМОЙЛОВИЧ (магистрант), Н. В. ГОРБЕЛЬ, В. Н. СЕДЮКЕВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Одним из основных направлений повышения эффективности международных автомобильных перевозок грузов является увеличение выручки от перевозок и сокращение затрат на их выполнение. Большую долю в общих затратах составляют расходы на топливо, амортизационные отчисления (лизинговые платежи) и оплату дорог. На все эти составляющие оказывает влияние принятый маршрут движения автомобильных транспортных средств (АТС) и поэтому исследование этого вопроса является актуальным.

Цель работы – разработка подходов к выбору международных маршрутов движения АТС, обеспечивающих повышение эффективности перевозок грузов.

Объектом исследований является использование сети дорог различных стран для перевозок грузов.

Новым в работе является подход, основанный на учете изменения удельной выручки и отдельных составляющих затрат на перевозки, которые являются определяющими для достижения поставленной цели.

Предложена методика выбора маршрута движения АТС по критерию:

$$\frac{B - (S_{\text{топл}} + S_{\text{аморт}} + S_{\text{дор}} + S_{\text{разр}})_j}{(T_{\text{дв}} + T_{\text{пр}})_j} = \max_{\{j\}},$$

где B – выручка, получаемая от перевозки грузов за рейс; $S_{\text{топл}}, S_{\text{аморт}}, S_{\text{дор}}, S_{\text{разр}}$ – соответственно расходы на топливо, амортизационные отчисления (лизинговые платежи), оплату дорог, приобретение разрешений на проезд по иностранным территориям за рейс на j -м маршруте; $T_{\text{дв}}, T_{\text{пр}}$ – соответственно время на движение и простои АТС в промежуточных пограничных пунктах за рейс на j -м маршруте; $j = 1, 2, \dots, n$ – число альтернативных маршрутов проезда АТС между корреспондирующими пунктами, отвечающих действующим ограничениям.

Расчеты по предложенной методике, например, для двух альтернативных маршрутов «Беларусь–Польша–Чехия–Австрия–Италия» (М1) и «Беларусь–Польша–Германия–Австрия–Италия» (М2) показывают, что несмотря на то, что маршрут М2 короче и на нем меньше затраты на топливо, по прибыли за единицу времени более рациональным является М1.

Предложенная методика имеет практическое значение, поскольку позволяет перевозчикам принимать рациональные решения по выбору международных маршрутов движения АТС при перевозке грузов.

ГИДРОСИСТЕМА ВАКУУМНО-ПОДМЕТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

И. В. ФЕДОСИК (студ. 5 к.), Л. Г. ФИЛИПОВА, БНТУ

В данной статье будет предложено исследование и усовершенствование конструкции гидросистемы вакуумно-подметательной машины. От совершенства приводов зависит техническое совершенство транспортного средства, на которое они устанавливаются. В связи с этим большое внимание при разработке гидроприводов следует уделять этапу проектирования. Цель работы – разработка принципиальной гидравлической схемы и расчет конструктивных параметров гидропривода. Объект исследований – гидросистема вакуумно-подметательной машины. Используемые методики – проектирование процессов осуществляется на основании требований: энергетических, конструктивных, динамических, эксплуатационных. Так как в прототипе было предусмотрено использование этой системы совместно с трактором «Беларусь», то научная новизна состоит в проектировании гидросистемы вакуумно-подметательной машины, которая могла бы работать автономно. Полученные результаты показывают, что спроектированная гидросистема более эффективна в использовании, чем прототип. Так как эта система является автономной, то это позволяет использовать ее с любым транспортным средством.

ГИДРОСИСТЕМА ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА АВТОМОБИЛЯ-САМОСВАЛА

О. А. ЖЕЛУДКОВИЧ (студ. 5 к.), П. Р. БАРТОШ (к. т. н.), БНТУ

В данной статье проводится исследование и проектирование гидросистемы опрокидывающего механизма автомобиля-самосвала. Существенное влияние на производительность самосвалов большой грузоподъемности оказывает как способ разгрузки транспортного средства, так и техническое совершенство узлов и систем, обеспечивающих его разгрузку. Поэтому разработка гидросистемы опрокидывающего механизма представляет актуальную для инженерной практики задачу. Цель работы – разработка принципиальной гидравлической схемы и расчет конструктивных параметров гидропривода. Объект исследований – гидросистема опрокидывающего механизма автомобиля-самосвала. Используемые методики – проведение энергетического, конструктивного, динамического и эксплуатационного расчетов. Научная новизна – повышение показателей эффективности путем усовершенствования гидросистемы опрокидывающего механизма. Полученные результаты привели к улучшению эксплуатационных свойств, повышению качества и эффективности перевозок грузов, снижению трудоемкости погрузочно-разгрузочных работ.

Энергетика

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЯЖЕНИЙ ПРОВОДОВ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

А. П. АНДРУКЕВИЧ (студ. 5 к.), И. И. СЕРГЕЙ (д. тех. н.), БНТУ

Проблема электродинамического действия токов короткого замыкания (КЗ) на гибкие провода электроустановок актуальна для многих промышленно развитых стран, в том числе и для энергосистемы Беларуси. В 1999 г. в республике введен в действие Межгосударственный стандарт СНГ 3032-95, который регламентирует использование компьютерных и упрощенных методов расчета динамики проводов при КЗ.

В проектной практике необходимы простые диаграммы и графики, с помощью которых инженеры могут быстро определить параметры электродинамической стойкости, не прибегая к сложным компьютерным расчетам. Вот почему в международном и межгосударственном стандартах, в основном, используются упрощенные методы определения параметров электродинамической стойкости гибких шин распределительных устройств (РУ). Указанные параметры являются критериями двух условий электродинамической стойкости, в которых сравниваются максимальные отклонения и тяжения проводов с их допустимыми значениями.

В настоящее время известны два упрощенных метода расчета электродинамической стойкости проводов при КЗ: СИГРЭ и МЭИ (ТУ). На кафедре «Электрические станции» БНТУ также разработан упрощенный метод расчета, основанный на интегральном и энергетическом принципах механики. Научная новизна метода заключается в использовании в качестве интегрального критерия тяжести электродинамического действия тока КЗ на гибкие провода электроустановок импульса электродинамических усилий (ЭДУ).

В докладе излагается упрощенный расчет максимальных тяжений в гибких шинах РУ, разработанный сотрудниками БНТУ. В осциллограмме тяжения провода при и после КЗ выделяются два характерных максимума. Один из них наступает в момент времени, когда провода при их отталкивании подвергаются максимальному растяжению действием ЭДУ ($T_{2\max}$). Другой максимум тяжения возникает, когда запасенная в процессе подъема провода при движении его по траектории, потенциальная энергия преобразуется в энергию упругих деформаций проводов и опор при проходе самой низкой точки траектории движения ($T_{3\max}$). В результате были получены формулы для определения $T_{2\max}$ и $T_{3\max}$. Также были проведены расчеты пролетов различной длины и с разной продолжительностью КЗ. Как оказалось, неплохие результаты получаются при сравнительно небольших длинах пролета и продолжительностях КЗ ($l = 27,5$ м и $t_{\text{кз}} = 0,1$ с). При увеличении длины пролета и времени КЗ ($l = 230$ м и $t_{\text{кз}} = 0,8$ с) результаты расчета получаются с большими погрешностями, не пригодными для дальнейшего использования. Поэтому актуальной задачей остается совершенствование полученных формул расчета максимальных тяжений провода при КЗ.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОТЛОВ ТИПА ДКВР РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ТОПЛИВА

В. В. БЕРНАЦКИЙ (студ. 4 к.), А. Е. АНДРЕЙЧИК, БГАТУ

Рассмотрены котлы типа ДКВР паропроизводительностью 0,7, 1,1, 1,8, 2,8 и 5,55 кг/с. В результате проведенной работы получили значения КПД рассматриваемых котлов при работе на газу и на мазуте. Например, для котла с паропроизводительностью 2,8 кг/с КПД при работе на мазуте составляет 88,5 %, а при работе на газу – 91,8 %.

При использовании котлов типа ДКВР 10–13 в качестве водогрейного их обычно устанавливают с применением бойлера (теплообменника), расположенного непосредственно под котлом. Котёл испытывался при нагрузке 48,6, 73, 87 и 97 %. Например, при 97 % нагрузке получили следующие показатели: тепловая мощность 10,16 МВт; расход воды через котёл 115 т/ч; температура воды на входе в экономайзер 43 °С, на выходе из котла 119 °С; давление воды на входе в экономайзер 0,971 МПа, на выходе из котла 0,804 МПа; гидравлическое сопротивление котлоагрегата 0,167 МПа; давление газа на горелках 0,0196 МПа; давление воздуха 147,2 Па; температура уходящих газов за котлом 200 °С, за экономайзером 98 °С; разрежение в топке 19,62 Па; коэффициент избытка воздуха за экономайзером 1,3; потеря теплоты с уходящими газами 3,84 %, в окружающую среду 1,6 %; расход газа по счётчику 1134 м³/ч; КПД котлоагрегата брутто 94 %.

Самой крупной статьёй расходов на эксплуатацию котельной (60–70 %) являются затраты на топливо. Поэтому даже незначительная его экономия приводит к заметному снижению стоимости тепловой энергии в паре или горячей воде. Своевременное (1 раз в 3 года) проведение режимно-наладочных испытаний котлов даёт возможность повысить их КПД примерно на 3 ... 5 %.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

К. А. ВЕНЬГИН (магистрант), Ю. Н. КОЛЕСНИК (к. тех.н.), ГГТУ имени П.О.Сухого

Сложившиеся рыночные отношения вынуждают потребителей электроэнергии подстраиваться под внешние условия, что приводит к нестабильной работе оборудования, неравномерности электропотребления, и, следовательно, к переменной энергоэффективности. Цели и задачи данной работы: выявление особенностей электропотребления в рыночных условиях функционирования; разработка новых и уточнение известных подходов к построению моделей электропотребления в рыночных условиях; формирование методики выявления энергоэффективных режимов работы потребителей. Объектами исследований являются промышленные потребители электроэнергии. Нестабильность производства в рыночных условиях вызывает многовариантность режимов электропотребления, что, в свою очередь, создает достаточный потенциал энергосбережения. Реализация этого

потенциала возможна с помощью контроля и последующего управления эффективностью электропотребления конкретного потребителя. Для осуществления контроля эффективности электропотребления в рыночных условиях были разработаны математико-статистические и аналитические модели электропотребления одного из предприятий для различных периодов прогнозирования. Также были рассчитаны известные критерии адекватности полученных моделей, которые подтверждают адекватность описания моделями реальных процессов. С целью повышения точности моделирования электропотребления в рыночных условиях, на основе анализа полученных показателей адекватности, можно отметить: для решения задач оценки эффективности электропотребления необходимо использовать аналитическую модель; прогнозирование в условиях неопределенности режимов работы необходимо выполнять: для суточных периодов – по аналитической модели; для месячных и квартальных периодов – с помощью статистической модели; задачи планирования, как задачи оптимизации режимов, необходимо решать по аналитической модели. Использование вышеизложенных требований позволит создать адаптивную модель для уточненного решения широкого круга задач контроля, прогнозирования и планирования электропотребления в рыночных условиях функционирования. В ходе создания аналитической модели электропотребления были рассчитаны и построены суточные зависимости удельного расхода электроэнергии от объемов производств для характерных режимов рассматриваемого потребителя. С помощью построенных на основе них квартальных расходных характеристик стало возможно решение задачи оптимизации режимов с обеспечением оптимальной энергоэффективности при заданных объемах производства. Эффект при этом обеспечивается оптимальным распределением характерных технологий (состава оборудования) в течение расчетного периода. В частности, экономия от управления электропотреблением одного из предприятий по разработанным моделям в первом квартале 2005 года составила сумму, эквивалентную 362 тыс. кВт·ч.

СПОСОБЫ ОТСТРОЙКИ ЦИФРОВЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ЗАЩИТ ТРАНСФОРМАТОРА ОТ БРОСКОВ ТОКА НАМАГНИЧИВАНИЯ

Е. В. БУЛОЙЧИК (магистрант), А. А. ТИШЕЧКИН (к. тех. н.), БНТУ

Одним из основных требований к дифференциальной защите силового трансформатора является правильное и быстрое распознавание бросков тока намагничивания (БНТ). Сложность этой задачи обусловлена многообразием возможных значений и форм тока с учетом разновременности включения фаз и насыщения трансформаторов тока. Выбранный способ распознавания БНТ в значительной мере определяет сложность защиты в целом, ток и время срабатывания защиты при внутренних КЗ.

В последнее время наибольшее распространение получили следующие способы отстройки от БНТ:

- относительно большое (не менее 17 %) по отношению к первой гармонике, содержание второй гармоники в дифференциальном токе – наиболее широко используется ведущими зарубежными фирмами;
- признаки, основанные на анализе БНТ – временные интервалы, включающие в себя длительность пауз в кривой тока или в кривой производной тока на различных уровнях замера, длительность импульсов тока, длительности частей импульса между нулевым и максимальным значением, соотношение указанных интервалов;
- комбинированные способы – сочетание признаков гармонического состава и временных интервалов.

Отстройка от БНТ мощных трансформаторов по времени не имеет смысла из-за медленного затухания БНТ.

Существуют способы распознавания БНТ использующие одновременно ток и напряжение силового трансформатора или параметры основного магнитного поля и поля рассеяния. Они могут обеспечивать сверхбыстродействие, но требуют дополнительных первичных преобразователей, что снижает аппаратную надежность релейной защиты. Основные из этих способов:

- преобразование напряжения силового трансформатора в ток или тока в напряжение с помощью математической или физической модели трансформатора и сравнение с измеренным током или напряжением;
- логическое произведение напряжения и дифференциального тока в течение нескольких миллисекунд;
- применение датчиков поля рассеяния или датчиков намагничивающего тока, структурно отстроенных от аномальных режимов БНТ.

Аналитические методы расчета режимов БНТ отличаются высокой сложностью и трудоемкостью. Поэтому для сравнительного анализа и оптимизации характеристик цифровых защит целесообразно использовать методы вычислительного эксперимента на базе комплексных математических моделей, реализованных на ПЭВМ. Для учета всех влияющих факторов необходимо, чтобы комплексная математическая модель включала не только математическую модель защищаемого объекта и измерительных трансформаторов, но и самой защиты.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МОЛОДЕЧНЕНСКОГО КХП С РАЗРАБОТКОЙ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Ю. В. ЧАЙКОВСКИЙ (студ. 5 к.), В. А. КОРОТИНСКИЙ (к. тех. н.), БГАТУ

Энергетическое обследование ОАО «Молодечненский комбинат хлебопродуктов» проводилось согласно просьбе в оказании творческой помощи НИПТИХлебопродукт (г. Минск). ОАО «Молодечненский комбинат хлебопродуктов» (КХП) является самостоятельным предприятием и составной частью Департамента по хлебопродуктам Минсельхозпрода. Он использует зерно для производства сортовой муки, ржаной муки и других видов продукции.

В результате энергетического обследования, проведенного в марте 2005 года дана оценка технического состояния энергопотребляющего технологического основного и вспомогательного оборудования предприятия, систем энергоснабжения, распределительных систем, структуры главного энергетика. Также дана оценка уров-

ня технологической дисциплины, приборов контроля и автоматизации, организации учета и анализа показателей работы основного и вспомогательного оборудования систем энергоснабжения, распределительных систем.

Проведен анализ обоснованности объемов топливно-энергетических потоков, используемых в технологическом процессе и оценка возможности их снижения. Все участки энергогенерирующих, энерготранспортных и энергоиспользующих установок имеют старое оборудование, которое, благодаря персоналу, поддерживается в работоспособном состоянии, что обеспечивает нормальную его эксплуатацию.

Последние годы на предприятии идет активная работа по замене энергоемкого технологического оборудования и внедрение новых энергосберегающих установок. Так с 2002 года выведено из эксплуатации следующее оборудование:

- шлюзовый затвор (8 шт., установленная мощность привода каждого 1,5 кВт);
- шелевой вентилятор (7 шт., установленная мощность привода каждого 7,5 кВт);
- вентилятор (3 шт., установленная мощность привода каждого 22,0 кВт);
- моечная машина (1 шт., установленная мощность привода 18,5 кВт);
- пневмосеть на мельнице (установленная мощность привода 22,0 кВт);
- реконструкция дробилок (3 шт.);
- замена 76 светильников с лампами ДРЛ (125, 250, 400 Вт) на энергосберегающие с лампами ДНАТ-70,

что позволило снизить установленную мощность осветительных приборов приблизительно на 10 кВт.

Кроме того, на мельнице переведена мойка с 5 на 2-й этаж, что дало возможность уменьшить напор насоса и соответственно мощность привода. Установлены фотодатчики отключения станков при отсутствии подачи муки. При мойке зерна применяется современный малоэнергоемкий прибор АКВАР-200.

В целом по Молодечненскому КХП можно говорить о резерве экономии ТЭР в размере 138,4 т у.т., что составляет 8,2 % от нормативного потребления.

По результатам анализа разработана программа мероприятий по энергосбережению ТЭР в энергетической системе предприятия.

Степень внедрения – отчет о проведенной работе (с программой мероприятий по энергосбережению) передан в Минское областное управление по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов и на Молодечненский КХП.

МАКЕТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

*О. А. БУРМИСТРОВА (студ. 2 к.), Ю. М. ГОНЧАРИК (студ. 2 к.), Т. И. ГРИБ (студ. 2 к.),
Э. Н. АЛЕКСАНДРОВА, Ю. В. РАЗВИН (к. физ-мат.н.), БНТУ*

Современная практика требует измерений высоких напряжений и больших токов. Перспективными являются методы регистрации, реализующие преобразование измеряемых электрических величин в соответствующие характеристики оптического излучения. В этом случае для передачи измерительной информации из зоны высокого напряжения на низковольтную часть измерительного устройства применяются оптические каналы связи. При этом достигаются защищенность от электромагнитных помех и полная электрическая развязка между высоковольтной и измерительной цепями.

В настоящем сообщении приведены результаты макетирования и исследования оптических датчиков для схем регистрации параметров электрических цепей. Оптические методы разделяются на методы с внутренней модуляцией, при которых сигнал измерительной информации непосредственно воздействует на источник оптического излучения, и методы с внешней модуляцией, основанные на воздействии измеряемой величины непосредственно на оптическое излучение от внешнего стабильного источника. Основное внимание в работе уделено разработке схем датчиков на основе магнитооптического эффекта Фарадея (метод с внешней модуляцией). Если такой датчик помещен в магнитное поле измеряемого тока, то можно определить индукцию магнитного поля (силу тока), измеряя угол поворота плоскости поляризации проходящего света. Показано, что повышение чувствительности исследуемого датчика связано с увеличением пути прохождения светового луча в магнитооптической схеме. Подробно рассмотрены оптические схемы датчиков с многократным отражением и с многовитковым волоконным световодом. Установлено, что такие датчики являются своеобразным интегрирующим контуром, что позволяет установить однозначную зависимость между током и углом поворота плоскости поляризации света и исключить влияние внешних магнитных полей и неравномерного распределения поля внутри контура.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ-ТРЕНАЖЕР ПО ПРОИЗВЕДЕНИЮ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ В ГЛАВНЫХ СХЕМАХ ТЭС

О. И. ГЕЙДИЧ (студ. 5 к.), Е. В. ЧЕРКАС (студ. 5 к.), В. А. БУЛАТ (к. тех. н.), БНТУ

В последнее время больше внимания уделяется обучению обслуживающего персонала электрических станций с использованием программ-тренажеров с целью приобретения умения работы эксплуатационного персонала в любых нормальных и аварийных режимах работы оборудования.

Разработана обучающая программа-тренажер для помощи в приобретении навыков по производству оперативных переключений в главных электрических схемах ТЭС. Программа составлена на языке Turbo Pascal 7.0. Она представляет собой интерактивную оболочку, удобную для работы и позволяющую максимально ускорить

процессы обучения и контроля знаний. С целью максимально упростить работу, в программе предусмотрен простейший вариант помощи пользователю, кратко знакомящий с устройством программы.

После запуска программы на выполнение перед пользователем появится меню, содержащее основные режимы программы: режим самостоятельных переключений, режим переключений на выбор, помощь и конец работы. После выбора пользователем одного из режимов переключений перед ним появится меню выбора схем, в которых он может производить переключения: 1) схема отключения трансформатора; 2) полуторная схема; 3) двойная система шин с обходной.

После окончания работы по переключениям программа переводит экран в текстовый режим и сообщает рейтинг выполнения задания, выраженный в процентах. Величина рейтинга зависит от количества допущенных ошибок.

Все схемы описываются на внутреннем языке программной оболочки и являются независимыми от нее модулями, которые могут быть изменены и дополнены. Возможно также описание новых схем, причем это не требует никаких изменений в самой программе. Пользователь может собственными силами описать схему, задания к ней, варианты ответов и правильные последовательности переключений и таким образом расширить возможности исходной программы.

В силу универсальности программы пользователь может использовать ее для переключений не только в схеме ТЭС, но и любых других. Пользователь может составлять собственные виды шрифтов и макросов. При введении в программу модуля с расчетами возможно моделирование процессов в электрических схемах и многое другое.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА РАЗВЕТВЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

М. Г. ГОРЯЧКО (студ. 2 к.), П. И. КЛИМКОВИЧ, БНТУ

В связи с широким применением сложных электрических цепей переменного тока возникает потребность в расчете их характеристик и оценки влияния на них параметров цепи. С этой целью была разработана компьютерная программа расчета параметров разветвленной электрической цепи.

В основу программы положен язык программирования C++. Разработка велась при помощи системы визуального объектно-ориентированного программирования C++ Builder 6.

В программе реализовано построение электрических цепей переменного тока любой сложности и конфигурации. Программа позволяет, как сохранить созданную схему, так и загрузить для дальнейшего редактирования и исследования ранее созданную схему цепи.

Построение схем осуществляется в области отображения. Создание новой схемы реализовано с помощью отдельно созданного пользовательского главного меню, а также и с использованием быстрых кнопок всех элементов схемы, созданной панели инструментов. Существует возможность создания схемы и с использованием горячих клавиш. При вводе нового элемента схемы у пользователя запрашиваются требуемые ему параметры элементов схемы. Программа позволяет их редактировать. Пользователь имеет возможность самостоятельно определять исследуемый элемент схемы или группу элементов.

После создания схемы пользователь может просмотреть результаты расчета токов и напряжений по элементам схемы. При расчете цепи использовался метод эквивалентных преобразований, законы Кирхгофа. Программа позволяет выбрать один из реализованных в ней численных методов вычисления определенного интеграла для определения действующих значений токов и напряжений.

Результатом выполнения программы является, как численное, так и графическое представление характеристик (тока и напряжения) на интересующих пользователя элементах схемы. В пользовательском меню можно выбрать параметры отображения графиков: их количество и масштаб. Результаты расчета можно сохранять.

Программа имеет меню справки, помогающей работать со встроенной справочной системой. Также имеют место всплывающие подсказки, упрощающие работу с программой.

Достоверность результатов расчета программы подтверждена многочисленными ручными вычислениями параметров как простых, так и сложных цепей переменного тока.

Таким образом разработанная программа успешно справляется с поставленной задачей.

О РАЗРАБОТКАХ В ОБЛАСТИ СНИЖЕНИЯ ПЛЯСКИ ПРОВОДОВ И ОГРАНИЧЕНИЯ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА ВЛ

Е. А. ДЕРЮГИНА (студ. 5 к.), П. И. КЛИМКОВИЧ, БНТУ

Пляска проводов ВЛ – наиболее опасные колебания, вызываемые ветром и гололедом. Пляска наблюдается при одностороннем гололеде и изморози и скорости ветра 5–25 м/с с амплитудой от нескольких метров до значений, равных стреле провеса и более. Многочисленные наблюдения показали, что пляска проводов связана с самовозбуждением колебаний, где возбуждаемая сила создается и управляется самим движением провода.

В настоящее время ОАО «Фирма ОРГРЭС» разработаны гасители пляски в виде эксцентричных грузов с малой массой, располагаемых по определенной схеме в пролете ВЛ. Способ гашения заключается в воздействии гасителями на крутильные колебания фазы проводов. Они имеют следующие преимущества: небольшую массу грузов, возможность одновременного гашения пляски и вибрации, высокую устойчивость к вибрационной нагрузке узла крепления грузов гасителя к тросу, простую технологию их установки и дешевизну.

Одним из условия возникновения пляски является асимметричный гололедный осадок. Образование гололеда происходит при низком атмосферном давлении при скорости ветра от 10–25 м/с при температуре воздуха 5°C. Под воздействием крутильного момента от массы снежного отложения происходит закручивание провода. На его боковой поверхности со стороны несущего снег воздушного потока продолжается процесс налипания.

Основным средством борьбы с гололедом было усиление ВЛ: установка дополнительных опор, применение более прочных проводов и опор, плавка гололеда и профилактический обогрев провода. Все это требовало больших материальных затрат и по этой причине не находило массового применения. Из активных способов борьбы с гололедом в настоящее время известны 3 направления: применение снегоотталкивающих проводов; использование снегоотталкивающих колец; применение грузов ограничителей закручивания провода. Масса и форма отложения гололеда на провода зависит от его крутильной жесткости. Увеличение которой путем установки в пролете грузов приводит к образованию одностороннего гололеда вытянутой формы с малой массой.

Теоретически доказано, что перенос центра тяжести провода с гололедом на противоположную сторону делает пляску невозможной. На этом принципе были разработаны первые гасители пляски и ограничители гололедообразования. В настоящее время разработан и организован выпуск грузов-ограничителей гололедообразования с элементами гасителя вибрации. Установка грузов увеличивает крутильную жесткость провода и предотвращает его закручивание при отложении гололеда. Благодаря установке грузов гололед приобретает более вытянутую в сторону несущего аэродинамического потока форму и отложения эксцентричной формы осыпаются по мере их роста, что предотвращает образование массивных снежных муфт цилиндрической формы.

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ МАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ УПЛОТНЕНИЯ ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ

А. М. АЛЬГАДАЛ (аспирант), В. Г. БАШТОВОЙ (д. физ.-мат. н.), БНТУ

Одной из наиболее перспективных систем высокооборотной уплотнительной техники являются магнито-жидкостные уплотнения (МЖУ). Уплотнения такого типа характеризуются низким моментом трения, высокой герметичностью. Их эффективно используют для герметизации вакуумных установок, установок высокого давления, а также в качестве разделителей между различными средами.

Основной характеристикой конструкции, определяющей работоспособность устройства, являются напряженность магнитного поля и градиент поля в зазоре. Чем они больше, тем выше предельные параметры МЖУ. Столь же важны магнитные свойства жидкости, определяющие удерживаемый уплотнением перепад давления [1]. Однако до настоящего времени остается открытым вопрос о том, до каких скоростей вращения вала МЖУ на основе традиционной схемы остается работоспособным, т. е. обеспечивает требуемые перепад давления, герметичность и ресурс. Постановка этого вопроса связана с тем, что с увеличением скорости вращения вала уплотняющие свойства МЖУ падают из-за ряда осложняющих факторов, основными из которых являются выбрасывание магнитной жидкости из рабочей зоны уплотнения центробежными силами и диссипативный разогрев жидкости, приводящий к ее испарению [2, 3].

Задачи исследования

- Исследование влияния скорости вращения вала уплотнения на удерживаемый перепад давления.
- Исследование влияния геометрических параметров (диаметр вала, ширина зазора, угла заточки полюса и т. п.) на характеристики уплотнения.
- Определение теплового режима МЖУ при высоких скоростях вращения вала.
- Разработка и реализация технических решений по повышению эффективности работы МЖУ.

Таким образом, для расширения области применения МЖУ необходимо исследование его тепловых режимов, которое включает в себя, во-первых, определение абсолютных величин тепловыделения в объеме магнитной жидкости в зазоре МЖУ и, во-вторых, разработку способов отвода тепла из рабочей зоны МЖУ. Это и является целью дальнейших работ по оптимизации МЖУ.

1. Берковский Б. М., Медведев В. Ф., Краков М. С. Магнитные жидкости. – М.: Химия, 1989. – 240 с. ISBN 5–7245–0331–Х.
2. Орлов Л. П., Полевиков В. К., Фертман В. Е. К расчету критического перепада давления в динамическом режиме работы магнито-жидкостного уплотнения // 9-е Рижское совещ. по магнитной гидродинамике (Рига): Тез. докл. конф. – Рига, 1978. – № 3. – С. 145.
3. Краков М. С., Самойлов В. Б., Рахуба В. К., Чернобай В. А. Исследование теплового режима магнито-жидкостных уплотнений // Инженерно-физический журнал. – 1981. – Т. XLII, № 1. – С. 99–104.

ЗАДАЧИ КОМПЬЮТЕРНОГО РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКИХ ШИН РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.А. ИГНАТЬЕВ (аспирант), И.И. СЕРГЕЙ (д. тех. н.), БНТУ

Электродинамическое действие токов короткого замыкания (КЗ) заключается в сближении или схлестывании соседних фаз и в появлении больших натяжений, действующих на конструктивные элементы распределительного устройства (РУ). Таким образом, расчет электродинамической стойкости гибких шин РУ производится по двум условиям: проверка на схлестывание и механическую прочность элементов конструкции. Указанные расчеты в настоящее время выполняются по компьютерной программе BUSEF, в качестве исходных данных для которой нужны не только величины токов КЗ в заданном пролете РУ, но и их значения на каждом участке между точками крепления спусков к электрическим аппаратам. Для этого необходимо решить задачу распределения токов КЗ по отдельным участкам многопролетных гибких шин и найти их наиболее неблагоприятные сочетания (расчетный случай).

Тяжесть электродинамического воздействия токов КЗ на гибкие шины РУ зависит не только от величины тока, но и от продолжительности КЗ. Для определения расчетной продолжительности КЗ нужно выполнить анализ условий построения и функционирования релейной защиты и автоматики сборных шин РУ.

При задании начальных тяжений и стрел провеса проводов при КЗ необходимо выполнить механический расчет гибких шин РУ в стандартных предусмотренных ПУЭ климатических режимах по ветру, гололеду и температуре проводов. Для этой цели используется пакет компьютерных программ механического расчета

MR21. В дальнейшем нужно решить задачу оценки электродинамической стойкости при совместном действии электродинамических усилий и климатических нагрузок. В результате необходимо выявить расчетные сочетания указанных нагрузок при проверке движения шин и их механической прочности.

При больших токах (больше 20 кА) и продолжительностях КЗ необходимо учитывать, что вероятность схлестывания увеличится из-за температурных удлинений гибких шин. Таким образом, нужно решить задачу определения температуры нагрева шин в каждый момент времени КЗ. С другой стороны, из-за нагрева максимальные тяжения проводов уменьшаются.

На динамику гибких шин существенно влияют упругие деформации порталов. Для их учета необходимо выполнить расчет динамики точек порталов, в которых закреплены гибкие шины РУ. В ряде случаев учитываются упругие деформации электрических аппаратов, к которым крепятся отпайки от гибких шин РУ.

Таким образом, расчет электродинамической стойкости гибких шин сводится к решению целого ряда связанных между собой сложных задач электротехники, механики и теплотехники.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МОЛНИЕОТВОДОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

С. В. ИСАЕНКО (курсант 4 к.), Н. И. ЧАЙЧИЦ, КИИ МЧС РБ

Устройства молниезащиты для зданий и сооружений выполняются уже долгие годы. Основным нормативным документом по необходимости устройства молниеотводов для зданий является РД 34.21.122–87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Процесс определения минимально необходимой высоты молниеотвода может проводиться двумя способами это: методом подбора с заданной погрешностью (обычно не более 0.5 м) и метод точного определения заданной высоты молниеотвода.

Метод подбора с заданной погрешностью заключается в задании первоначальной высоты молниеотвода и условий его размещения и дальнейшей проверкой по существующим в приложении 3 к РД формулам на соответствие требованиям по обеспечению защищаемого объекта молниезащитой. При неудовлетворительной высоте молниеотвода процесс расчета повторялся с измененной высотой молниеотвода. Метод сопровождается возможным длительным интервалом времени по расчету. Проблема метода точного определения заданной высоты молниеотвода по РД заключается в том, что в большинстве случаев невозможно напрямую осуществить нахождение искомой высоты молниеотвода, так как отсутствуют расчетные соотношения типа:

$$h = F(x, y, z, n, \dots),$$

где h – требуемая высота молниеотвода; $x, y, z, n, \dots$ – изменяемые параметры, зависящие от геометрических характеристик производственных объектов, обычно: длина, ширина и высота зданий, интенсивность грозовой деятельности, и тип зоны защиты.

Решение по данному методу сводится к составлению системы уравнений и ее решению. Так, например, при проектировании двойного стержневого молниеотвода (по зоне «А») окончательное решение системы состоящей из 3-х уравнений, с заданными ограничениями, сводится к решению кубического уравнения, что также требует времени.

Недостатком обоих методов помимо временных затрат, является отсутствие возможности оптимизации размещения молниеотводов на промышленном объекте с учетом экономических соображений.

В результате проведенного анализа нормативных документов была разработана компьютерная программа по оптимизации размещения молниеотводов на промышленных объектах, которая позволяет решать указанные проблемы, а именно:

- найти высоту молниеотвода (одиночного, двойного и т.д) с учетом минимизации затрат на его установку;
- определить параметры зоны защиты молниеотвода;
- графически показать расчетные зоны защиты молниеотводов, совмещенные с фасадами (условными габаритами) промышленного здания.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ВЫБОРА АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

Н. А. КАНДЕР (курсант 4 к.), А. А. ИВАНОВИЧ, КИИ МЧС РБ

Статистика происшедших за последние два года в Республике Беларусь пожаров показывает, что в среднем около 18 % из них возникает вследствие теплового проявления электрического тока. Анализ причин пожаров показывает, что наибольшее их количество происходит в электрических сетях (в среднем 12 %) от токов короткого замыкания и перегрузки. Нередко эти аварийные режимы возникают вследствие не правильного выбора сечения жил кабелей (проводов) и номинальных параметров аппаратов защиты.

Для ограничения времени действия токов короткого замыкания и перегрузки, т.е. для ликвидации опасных последствий этих явлений служат аппараты защиты. Наиболее распространенными аппаратами защиты являются плавкие предохранители и автоматические выключатели (автоматы). Они предназначены для автоматического отключения электроустановок при возникновении в них перегрузок и коротких замыканий.

Проведенный авторами анализ статистических данных и критериев выбора аппаратов защиты показал, что противопожарная защита электрических сетей не обеспечивается, т.е. даже при выполнении всех требований существующей методики выбора кабеля (провода) не будет защищен от сверхтоков и не исключена возможность его воспламенения. А именно, при выборе электрических параметров аппарата защиты основываются на модели аварийного режима, которая не в полном объеме отражает действительные процессы, проходящие в электрических сетях при коротких замыканиях, также введенные в расчеты коэффициенты имеют условный характер, т.к. не подтверждены достаточными научными исследованиями, кроме того, коэффициенты «надежности» приняты в зависимости от тепловых свойств изоляционного материала применяемого ранее, а потому также требуют уточнения.

Для улучшения надежности работы аппаратов защиты, эффективности защиты ими электрических сетей от аварийных режимов и повышения пожарной безопасности в Институте разрабатывается методика выбора аппаратов защиты, основанная на сопоставлении защитных характеристик аппаратов защиты и тепловой характеристики проводника. Для реализации данной задачи авторами создается электронная программа выбора аппаратов защиты.

Программа, написана в DELPHI. Основным достоинством данной программы, является созданная справочно-информационная база защитных характеристик предохранителей, автоматических выключателей, которую можно дополнять и расширять. Программа по выбору аппаратов защиты позволит путем сравнения экспериментальных значений со значениями имеющихся в базе данных программы выбрать аппарат защиты, который будет наиболее точно удовлетворять требованиям ПУЭ.

РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Ю. Н. ЛОСЬ (студ. 2 к.), Е. А. ДЕРЮГИНА (студ. 5 к.), П. И. КЛИМКОВИЧ, БНТУ

В качестве возобновляемых и нетрадиционных источников энергии с учетом климатических, географических и метеорологических условий республики рассматриваются гидроресурсы, ветровая и солнечная энергия, биогаз, коммунальные отходы, фитомасса, отходы растениеводства, топливный этанол и биодизельное топливо, геотермальные ресурсы. Их широкое применение в ближайшее время в республике важно по нескольким причинам. Во-первых, работа по их использованию будет способствовать развитию собственных технологий и оборудования, во-вторых, эти источники являются экологически чистыми, в-третьих, их применение само по себе обеспечивает воспитание людей к переходу от расточительной к рациональной экономике.

Гидроэнергетические ресурсы. Основными направлениями развития малой гидроэнергетики являются сооружение новых, реконструкция и восстановление существующих ГЭС.

Турбодетандерные установки. В связи с высоким развитием газификации и сохранением достаточно больших объемов потребления природного газа имеется практически неиспользуемый в настоящее время потенциал энергии, получаемый за счет снижения давления природного газа от высокого до низкого.

Ветроэнергетический потенциал. На территории республики выявлено 1840 площадок для размещения ветроустановок с теоретически возможным энергетическим потенциалом более 1600 МВт.

Биогаз. Результаты испытаний биогазовых установок для производства биогаза из отходов животноводческих комплексов подтвердили требование комплексной оценки их эффективности.

Солнечная энергия. Основными направлениями использования энергии солнца гелиоводонагреватели и различные гелиоустановки для интенсификации процессов сушки и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве и других бытовых целей.

Коммунальные отходы. При их биопереработке в целях получения газа эффективность составляет не более 20–25 процентов. Необходимо учитывать многолетние запасы таких отходов.

Фитомасса. В климатических условиях республики с 1 га энергетических плантаций возможен сбор масс растений в количестве до 10 т сухого вещества. В настоящее время начата реализация программы по освоению технологии выращивания быстрорастущих пород растений.

Отходы растениеводства. Их использование в качестве топлива является принципиально новым направлением энергосбережения. В нашей республике практический опыт массового применения отсутствует.

Топливный этанол и биодизельное топливо. Его себестоимость больше, чем традиционного дизельного топлива, а его использование обуславливается низким негативным влиянием на окружающую среду.

О ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Е. А. МИРОНЧИК (студ. 1 к.), А. Ф. МИРОНЧИК (к. тех. н.), БРУ

Сравнение мнений по развитию мировой энергетики очень информативно. Обнаруживается, например, потребность в увеличении использования угля, что логично для таких стран, как США, Россия, Китай, имеющих крупные месторождения (залежи угля в Канско-Ачинском районе Красноярского края сравнимы по энергосодержанию с нефтяными запасами Персидского залива). В настоящее время разведанные запасы каменного угля составляют 87 % всех горючих ископаемых источников энергии на планете. Однако, предпочтение угля, как основному источнику сырья для производства энергии, поднимает проблему перенасыщения земной атмосферы двуокисью углерода, являющимся продуктом сгорания угля. Помимо этого в атмосферу выделяется зола с частицами несгоревшего топлива, сернистый и серный ангидрид, оксиды азота, некоторое количество фтористых соединений, а также газообразные продукты неполного сгорания. Летучая зола в некоторых случаях содержит помимо нетоксических составляющих и вредные выбросы. Так, в золе донецких антрацитов содержится мышьяк, в золе экибастузских углей - свободный диоксид кремния, а в золе сланцев и углей Канско-Ачинского бассейна – свободный диоксид кальция. Электростанции на угле в Белоруссии отсутствуют.

Иные требуют немедленного отказа от ядерной энергии, не указывая никакой альтернативы. Контраргументом подобному мнению может служить тот факт, что уже сегодня ядерная энергетика составляет весомую часть в производстве электроэнергии и в ближайшем будущем ее альтернативы не предвидится.

Третьи утверждают (иногда противоречиво), что применение ядерной энергии является лишь переходным решением. Однако следует вспомнить, что на практике существует только три неисчерпаемых неуглеродных источника энергии – ядерная энергетика на основе используемых реакторов, солнечная энергетика и ядерная энергетика на основе термоядерного синтеза. На данном этапе технически реальны и коммерчески выгодны пока только атомные реакторы.

Позиция четвертой группы является экстремальной: она считает сбережение энергии ключом к решению всех энергетических проблем, а удовлетворение растущих потребностей – только в альтернативных источниках энергии. Особый акцент делается на децентрализацию обеспечения энергетическими источниками. Сбережение энергии, без сомнений, всегда было законом экономики и основной целью внедрения любой энергетической технологии. Однако в лучшем случае сбережение лишь облегчает решение энергетических проблем, но не является идеальным решением. Практически ограничен и потенциал возобновляемых источников энергии за исключением возможности широкого применения солнечной энергии в засушливых регионах. Для стран, расположенных подобно Белоруссии в средних широтах удельный световой поток солнечной энергии примерно в 2,5 раза ниже, чем в жарких странах, не говоря уже об осенне-зимнем периоде.

ВИДОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. А. МИРОНЧИК (студ. 1 к.), Д. А. ХРЕБТОВИЧ (студ. 5 к.), А. Ф. МИРОНЧИК (к. тех. н.), БРУ

Опираясь на данные Всемирной энергетической конференции 1995 года общее использование первичной энергии в мире с учетом так называемой «некоммерческой энергии», полученной за счет использования дров и органических отходов, составило 1,4 ТВт в год (среднее потребление энергии на душу населения составляет несколько более 2,4 кВт; фактически от 11 кВт в год в Северной Америке до 0,3 кВт в год для более чем 40 % населения Земли). В Белоруссии среднегодовая потребляемая мощность одним белорусом в 2010 г. составит 4,5 кВт, причем 85 % республиканского энергопотребления пока удовлетворяется зарубежом. В 2010 г. предполагается потребить ТЭР в пределах 47,1–49,1 млн. т условного топлива.

Непосредственный экономический интерес для энергетики представляют лишь то сырье и материалы, которые используются или производятся (составляют несколько процентов от подтвержденных и оцененных ТЭР). Если иметь в виду относительные количества разведанных запасов ископаемого топлива, то очевидно, что даже полное расходование имеющихся сейчас ресурсов не означает прекращения его использования. По прогнозам увеличивающаяся потребность в жидких углеводородах может быть удовлетворена до 2005–2010 г. за счет нефти, до 2020–30 г. – за счет газа. Эти сроки не следует считать определенными – они скорее качественное выражение количественной ситуации.

Одним из энергоносителей, используемым в Республике Беларусь, является нефть, 80–90 % которой поступает из-за рубежа. В настоящее время в республике разведаны 62 месторождения нефти: 59 в Гомельской области и 3 (Борисовское, В.-Дроздовское и Ново-Дроздовское) в Могилевской области, из которых 46 разрабатываются; добыто более 100 млн. т нефти и 12328 млн. м³ газа. В 2010 году нефти и сопутствующего газа будет добыто лишь 1,7 млн. т условного топлива.

Основными видами топлива, потребляемыми при производстве электро- и теплоэнергии в Белоруссии, является природный газ и топочный мазут, однако, на многих котельных используются всевозможные виды топлива. Например, в структуре котельно-топочного топлива природный газ составил почти 70 % в 2000 г. против 42,2 % в 1990 г.; доля мазута сократилась с 23,1 % в 1990 г. до 18,2 % в 1997 г.; значительно вырос удельный вес других видов ТЭР, преимущественно местных – древесного топлива, торфа, горючих видов отходов производства и вторичных энергоресурсов. Древесина, торф, горючие сланцы и бурый уголь, а также альтернативные источники (биогаз, фитомасса, ветер, реки), в настоящее время малоприспособлены для масштабного производства энергии по экологическим, техническим и экономическим соображениям, поэтому они сегодня считаются малоценными.

ГЛИНЭЛОВЫЙ ИНДИКАТОР В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В. М. ОМЕЛЬЯНЧУК (студ. 5 к.), Г. Е. ПОСПЕЛОВ (д. тех. н.), Р. И. ЗАПАТРИН (к. тех. н.), БНТУ

Эксплуатация воздушных линий электропередачи нуждается в обеспечении новыми материалами с функциональными особенностями, отражающими успехи нового тысячелетия.

Цель исследовательской работы заключается в поиске нового многофункционального материала на основе существующих глин в Республике Беларусь.

Объектом исследований является новый электротехнический материал ГЛИНЭЛ (глина электрическая), обладающая многофункциональными характеристиками.

Для достижения поставленной цели использованы методы, разработанные Сибирским научно-исследовательским институтом энергетики (СибНИИЭ) по созданию подобного материала БЕТЕЛа на основе бетона, а также поиск новых технических решений на базе патентной информации.

Научная новизна исследований заключается в способе компоновки многослойного монтелерона и выдержки его в электромагнитном поле (ЭМП).

В результате экспериментов получены проводники, изоляторы, полупроводники, многополюсники с различными функциональными характеристиками, а также индикаторы электромагнитной энергии. Это позволило сделать вывод о многообразии комбинаций различных веществ в минерализованной среде, такой как глина. Поэтому новый материал назван ГЛИНЭЛом.

Перспектива использования дешевого сырья (глины) для увеличения различных средств индикации электромагнитных полей и защиты линий электропередач (ЛЭП) от преждевременного старения несомненно принесут пользу народному хозяйству Республики Беларусь.

Исследования продолжаются. Открывается новое исследовательское поле для выявления самых неожиданных результатов. Каждый шаг исследовательских работ раскрывает новые существенные признаки устройств, расширяющих функциональные возможности самих ЛЭП.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСРЕДСТВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

В. И. МУРАЧ (курсант 5 к.), А. Е. КАЛЕДА (к. тех. н.), ВА РБ

Необходимость разработки и внедрения новейших технологий в обучение специалистов энергетических специальностей в настоящее время стала объективной реальностью. Новейшие автоматизированные управляющие системы позволяют осуществить переход к индивидуальному обучению, обеспечить эффективную самостоятельную работу каждого обучаемого и изменить характер деятельности преподавателя.

Решением данной проблемы является разработка компьютерной обучающей программы для подготовки специалистов по эксплуатации энергосредств.

Программный продукт представляет собой средство формирования и закрепления профессиональных навыков и умений реализуемое путем имитационного моделирования. Разработан в среде Macromedia Flash MX 2004 и включает: теоретический материал, практическую подготовку на моделях энергосредств и тест контроля усвоения материала. Программа обладает рядом очевидных достоинств:

Использование продукта на этапе предварительной подготовки позволит обеспечить экономию топлива, моторесурса двигателей и трудозатрат обслуживающего персонала.

Обслуживание ПЭВМ дешевле и требует меньшего времени, по сравнению с обслуживанием реальных энергоустановок.

Простота в использовании, возможность индивидуального подхода в обучении и самостоятельного изучения материала обеспечивает широкое применение программы.

Разработанный программный продукт может использоваться как средство обучения и проверки знаний для специалистов по эксплуатации энергосредств в учебных заведениях и в войсках.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ВОЙСК ПРИ ВЕДЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ, ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

А. Л. НОВИКОВ (курсант 3 к.), С. М. ФИЛИСТОВИЧ (курсант 3 к.), ВА РБ

В связи со старением электростанций и крайне низкими темпами ввода новых возрастает актуальность вопросов по поддержанию технического состояния электростанций. Проанализировав тактико-технические характеристики и проведя анализ технического состояния можно сделать вывод, что их характеристики неодинаковы. $U_d \neq U_n$ и $P_d \neq P_n$, где U_d — действительное напряжение, U_n — номинальное напряжение; P_d — действительная мощность, P_n — номинальная мощность.

Причины несоответствия номинальных характеристик с действительными заключаются в потере энергии в результате:

- нестабильной работы первичного двигателя;
- повреждения изоляционного покрытия проводов;
- неплотного соприкосновения контактов в электрических сетях;
- ненадежности контактно-щеточного аппарата генератора;
- потеря тепла при сгорании топлива.

На совершенствование первичных двигателей и генераторов сосредоточены основные усилия разработчиков, так как от них в первую очередь зависит надежность и экономичность работы передвижных электростанций. Предусматривается несколько направлений совершенствования бензиновых первичных двигателей:

1. Разработка электронных систем зажигания для бензиновых электроагрегатов, реагирующих на изменение нагрузки.

2. Создание дизелей малой мощности вместо имеющихся бензиновых, позволяющих сократить расход топлива, что значительно повысит экономичность военной энергетики и улучшит условия эксплуатации двигателей.

3. Создание адиабатного двигателя (без системы охлаждения).

Как бы ни совершенствовать процесс сгорания топлива в двигателе, основная масса выделившегося тепла все равно будет теряться с охлаждающей водой, маслом и выпускными газами. Больше всего тепловых потерь приходится на долю системы охлаждения (до 40 %). Проблема может быть решена созданием двигателя, вообще не нуждающегося в системе охлаждения, у которого между рабочими деталями и окружающей средой не происходит обмена тепла, т. е. созданием адиабатного двигателя с заменой его металлических деталей керамическими.

По результатам испытаний у керамического двигателя расход топлива был на 34 % меньше, чем у традиционного, имеющего тот же рабочий объем цилиндров, он является многотопливным.

Таким образом, применение керамических материалов в первичных двигателях повышает их надежность, долговечность и экономичность, что наряду с прочими достоинствами позволяет широко использовать их в военной энергетике.

ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БАРАНОВИЧСКОГО РЕГИОНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

А. В. ЛЫЖЕНКОВ (студ. 2 к.), И. В. ДУБЕНЬ (к. тех. н.), БарГУ

Удорожание топливных энергоресурсов и борьба за экологию требуют поиска альтернативных источников энергии. В то же время Беларусь располагает значительными ресурсами ветровой энергии. По данным Государственного комитета по гидрометеорологии РБ и НППП «Ветромаш», среднегодовая скорость ветра на территории республики составляет 4,3 м/с. Цель нашей работы – проанализировать климатические условия г. Барановичи для последующего обоснования конструкции ветроэнергетической установки.

Объект исследования – фактические данные метеонаблюдений (дата, время, температура, атмосферное давление, относительная влажность воздуха, направление и скорость ветра, облачность) по г. Барановичи за период с января 2002 года по сентябрь 2005 года включительно. В качестве источника данных использовались результаты метеонаблюдений по г. Барановичи, доступные на сайте www.gismeteo.ru (всего 10342 наблюдения с 3- часовым интервалом).

Исходные данные импортировались в электронные таблицы MS Excel и обрабатывались в 3 этапа: преобразование текстовых данных в численные, сортировка значений с учетом интересующих показателей и их анализ. В результате определены средние значения скорости ветра по месяцам года, времени суток, а также процентные доли времени года с определенной средней скоростью ветра. В результате установлено, что 41 % времени года скорость ветра составляет 2 м/с и менее, 55 % – в интервале 3–5 м/с, 3,5 % – в интервале 7–9 м/с и менее 0,5 % – 10 м/с и более. Среднее значение скорости ветра составляет 3,2 м/с. Средняя скорость ветра в дневные часы (3,0–3,7 м/с) в среднем в 1,5 раза выше, чем в ночное время (2,5–3,0 м/с). Наиболее «спокойными» месяцами года являются июль–сентябрь (2,5–2,6 м/с), самые ветреные месяцы – зимние, с декабря по март (3,3–3,6 м/с). Преобладающими направлениями ветра в условиях Барановичского региона являются западное и северо-западное.

Следовательно, эксплуатация традиционных ветроустановок с горизонтальной осью вращения и крыльчатым ветродвигателем (номинальная скорость ветра 8–12 м/с) в климатических условиях Барановичского региона экономически нецелесообразна из-за малой среднегодовой загрузки (менее 2 % годового времени). Для обеспечения эффективной эксплуатации ветроэнергоустановки на протяжении не менее 50 % годового времени ее конструкция должна обеспечивать устойчивую работу при скорости ветра 3–5 м/с, при этом режим ее работы должен быть близок к номинальному. Наилучшим вариантом, на наш взгляд, является вертикально-роторная конструкция ветродвигателя, обладающая рядом преимуществ: инвариантность к направлению ветра, значительный момент на валу при малых скоростях ветра, простота конструкции и доступность конструкционных материалов.

РЕКЛОУЗЕРЫ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6–10 КВ

А. Н. ПАРКОВ (студ. 5 к.), П. И. КЛИМКОВИЧ, БНТУ

Традиционно сети 6–10 кВ отличаются слабой оснащенностью коммутационными аппаратами. Если в сетях высокого и сверхвысокого напряжения любой узел нагрузки оснащен коммутационными аппаратами и, оперируя ими, можно отделять этот узел от основного питания и переключать на резервное, то в сети ВЛ 10 кВ чаще всего установлено лишь несколько разъединителей. Поэтому при повреждении любого участка линии будут длительно отключены все присоединенные к ней потребители. Особенностью ВЛ 10 кВ является также слабая автоматизация послеаварийных переключений. Они, как правило, выполняются вручную силами оперативно-выездной бригады. Поэтому длительность аварийных отключений достаточно велика.

Решить эту проблему возможно различными путями, но они весьма дорогостоящие и трудоемкие. Применение реклоузера позволит осуществить децентрализацию автоматизации распределительной сети, которая заключается в оснащении сети пунктами автоматического секционирования, которые дадут возможность отключать только аварийный участок на базе локальной информации о повреждении, обрабатываемой непосредственно в самом пункте без использования каналов связи. Уменьшается число потребителей, на которых одновременно может отразиться повреждение и сокращается длительность перерывов электроснабжения.

Реклоузер – это надежное и довольно простое в эксплуатации устройство, позволяющее отключать токи КЗ за минимальное время, при этом за такое же время восстанавливать электроснабжение на не поврежденных участках. Аппарат является самостоятельным прибором, который может быть установлен на одиночной опоре фидера среднего напряжения в точке, где необходимы защита от КЗ и секционирование. Работа аппарата базируется на измерении величины тока посредством встроенных трансформаторов тока, которые передают информацию в блок управления прибора. Сигналы на срабатывание или выключение реклоузера подаются системой управления, которая обеспечивает связь между элементами реклоузера. Реклоузер предусматривает работу в реверсивном режиме (после срабатывания АВР). Уставки аппарата допускается изменять как дистанционно, так и непосредственно по месту установки реклоузера, через внешнюю панель управления. В зависимости от схемы сети предусматривается два режима координации реклоузеров между собой – по радиальной схеме (без АВР) и кольцевой (с АВР).

В результате мы имеем автономный комплекс устройств не требующий обслуживания оперативного персонала, отвечающий всем современным требованиям РЗА, позволяющий построить на их базе децентрализованную автоматизацию линий, прост в эксплуатации, малогабаритный, значительно дешевле аналогичных комплексов и централизованной автоматизации линий в целом.

ПУТИ РАСШИРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАСС ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

САЛЬСЕДО МАЗА ХОСЭ ЭММАНУЭЛЬ (студ. 5 к.), Г. Е. ПОСПЕЛОВ (д. тех. н.), Р. И. ЗАПАТРИН (к. тех. н.), БНТУ

Проблема заключается в недоиспользовании функциональных возможностей линий электропередачи как канала транспорта электрической энергии.

Цель работы состоит в определении возможностей расширения использования трасс воздушных линий электропередачи.

Объектом исследований являются земельные пространства занятые линиями электропередачи.

Для решения проблемы использован метод создания нового технического решения “от недостатков к положительному эффекту”.

Научная новизна заключается в том, что земельное пространство, быстро зарастающее растительностью и требующее большого объема работ по расчистке, заполняется солнечными преобразователями под которыми нет растительности. В итоге появляется возможность использования большой площади земли для установки солнечных элементов, что даст дополнительную электрическую энергию, и устраняется необходимость в очистке трассы линии от растительности.

Расчеты площадей занятых под линиями электропередачи и преобразователей солнечной энергии в электрическую дадут оценку экономического эффекта и создадут базу для дальнейшего совершенствования и расширения функциональных возможностей линий электропередачи.

Практическое применение осуществляется по этапам:

1. модельная проработка конструкции трасс ЛЭП;
2. испытание на отдельных участках ЛЭП в натуре;
3. обоснование рекомендации по дальнейшему развитию этого технического решения.

РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 6–10 КВ НА ОСНОВЕ ТИПОВЫХ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ

Ю. С. ШКОЛЬНИКОВА (студ. 5 к.), О. А. ЖЕРКО, БНТУ

Электрическая нагрузка – это совокупность большого разнообразия электроприемников и множества их комбинаций в группе, изменения же самой нагрузки во времени не могут быть выражены аналитическим путем. Одним из путей представления изменения электрической нагрузки во времени есть так называемые графики нагрузки. На основании построенных графиков нагрузки для конкретного электросетевого объекта могут быть определены коэффициенты, характеризующие его электропотребление [2, с. 7–25].

В докладе представлен алгоритм расчета потерь электроэнергии в электрических сетях 6–10 кВ

на основе типовых графиков нагрузки, который в общем виде имеет следующий вид: моделируется на каждом трансформаторе свой типовой график нагрузки; по средним коэффициентам загрузки и среднеквадратическим отклонениям нагрузки трансформаторов моделируются нагрузки на НН трансформаторов (6–10)/0,4 кВ [1, с. 20–29], определяются в именованных единицах значения активной и реактивной мощности на НН трансформаторов (6–10)/0,4 кВ; производится расчет режима для каждой ступени графика нагрузки; потоки и потери энергии вычисляются как сумма соответственно потоков и потерь мощности по каждому электросетевому объекту по каждой ступени суммарного графика нагрузки [1, с. 15–16].

На основе вышеизложенного алгоритма на кафедре «Электрические системы» БНТУ создана программа Calc_Graph расчета потерь электроэнергии с использованием типовых графиков нагрузки. Результатом работы программы являются следующие характеристики: активные и реактивные отпуски энергии; потоки мощности; активные и реактивные потери мощности и энергии; падения напряжений; основные характеристики графиков нагрузки и т.д.

В результате проведенной работы были проанализированы и обобщены основные характеристики собранных типовых графиков нагрузки, разработаны алгоритм и реализована программа на ПЭВМ расчета режимов и потерь электроэнергии в электрических сетях 6–10 кВ на основе типовых графиков нагрузки. Результаты по созданному алгоритму и программе могут служить эталоном для сопоставления результатов расчетов потерь электроэнергии по различным методикам и программам, учитывающих неполноту и недостоверность режимной информации.

1. Фурсанов М.И. Методология и практика расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем. – Мн.: Тэхналогія, 2000 – 247 с.
2. Волобринский С.Д. Электрические нагрузки и балансы промышленных предприятий. – Л.: Энергия, 1976. – 128 с.

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРУИ НА ПРЕГРАДУ В ВИДЕ СЛОЯ ИЗ ПРОДУКТА КОРРОЗИИ

А. В. ФИЛИПЧИК (аспирант), И. В. КАЧАНОВ (д. тех. н.) БНТУ

Задача сводится к оценке силового воздействия струи, вытекающей из конфузора и воздействующей на плоскую преграду. Для решения используется метод верхней оценки [1–3] с общими допущениями механики деформируемого твердого тела, заключающийся в том, что объем очага деформации, для данного случая (слой из продукта коррозии) представляется в виде жестких (недеформируемых) блоков (треугольников), скользящих один относительно другого, преодолевая силу трения $\tau_n = K$. Тем самым действительное поле линий скольжения заменяется полем, состоящим из системы прямолинейных отрезков, образующих треугольники. Вдоль границ блоков – сторон треугольников – компоненты скоростей перемещений претерпевают разрывы. Внутри каждого блока поле скоростей однородно, т.е. вектор скорости для всех точек данного блока один и тот же. На этом основании строится поле ско-

ростей, которое при правильном построении всегда является кинематически возможным. Число и размеры треугольных блоков первоначально выбирают произвольно

Исходя из баланса мощности внешних и внутренних сил, составленного с учетом действия динамических напряжений на поверхностях разрыва вектора скорости, приходим к следующей оценке необходимого давления в точке соударения струи с обрабатываемой поверхностью:

$$p = \left(\frac{3}{2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha} + 2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) \cdot \tau_n + 4 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \tau_n$$

Минимизируя оценку давления по углу α (при $\tau_n = \kappa = \frac{\sigma_s}{2}$) получаем:

$$p = 3.2 \cdot \sigma_s,$$

где σ_s и κ – соответственно предел текучести и постоянная пластичности деформируемого материала.

В результате работы дана оценка силового воздействия струи на плоскую преграду.

1. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела/ М.: Наука, 1988. – 654с.

2. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением/ М.: Машиностроение, 1977. – 420с.

3. Томленов А. Д. Теория пластического деформирования металлов/ М.: Metallurgy, 1972. – 408с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МОЛОДЕЧНЕНСКОГО КХПС РАЗРАБОТКОЙ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Ю. В. ЧАЙКОВСКИЙ (студ. 5 к.) В. А. КОРОТИНСКИЙ (к. тех. н.), БГАТУ

Энергетическое обследование ОАО «Молодечненский комбинат хлебопродуктов» проводилось согласно просьбе в оказании творческой помощи НИПТИХлебопродукт (г. Минск).

ОАО «Молодечненский комбинат хлебопродуктов» (КХП) является самостоятельным предприятием и составной частью Департамента по хлебопродуктам Минсельхозпрода. Он использует зерно для производства сортовой муки, ржаной муки и других видов продукции.

В результате энергетического обследования, проведенного в марте 2005 года дана оценка технического состояния энергопотребляющего технологического основного и вспомогательного оборудования предприятия, систем энергоснабжения, распределительных систем, структуры главного энергетика. Также дана оценка уровня технологической дисциплины, приборов контроля и автоматизации, организации учета и анализа показателей работы основного и вспомогательного оборудования систем энергоснабжения, распределительных систем.

Проведен анализ обоснованности объемов топливно-энергетических потоков, используемых в технологическом процессе и оценка возможности их снижения.

Все участки энергогенерирующих, энерготранспортных и энергоиспользующих установок имеют старое оборудование, которое, благодаря персоналу, поддерживается в работоспособном состоянии, что обеспечивает нормальную его эксплуатацию.

Последние годы на предприятии идет активная работа по замене энергоемкого технологического оборудования и внедрение новых энергосберегающих установок. Так с 2002 года выведено из эксплуатации следующее оборудование:

- шлюзовый затвор (8 шт., установленная мощность привода каждого 1,5 кВт);
- шелевой вентилятор (7 шт., установленная мощность привода каждого 7,5 кВт);
- вентилятор (3 шт., установленная мощность привода каждого 22,0 кВт);
- моечная машина (1 шт., установленная мощность привода 18,5 кВт);
- пневмосеть на мельнице (установленная мощность привода 22,0 кВт);
- реконструкция дробилок (3 шт.);
- замена 76 светильников с лампами ДРЛ (125, 250, 400 Вт) на энергосберегающие с лампами ДНАТ-70,

что позволило снизить установленную мощность осветительных приборов приблизительно на 10 кВт.

Кроме того, на мельнице переведена мойка с 5 на 2-й этаж, что дало возможность уменьшить напор насоса и соответственно мощность привода. Установлены фотодатчики отключения станков при отсутствии подачи муки. При мойке зерна применяется современный малозергоемкий прибор АКВАР-200.

В целом по Молодечненскому КХП можно говорить о резерве экономии ТЭР в размере 138,4 т у.т., что составляет 8,2 % от нормативного потребления.

По результатам анализа разработана программа мероприятий по энергосбережению ТЭР в энергетической системе предприятия.

Степень внедрения – отчет о проведенной работе (с программой мероприятий по энергосбережению) передан в Минское областное управление по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов и на Молодечненский КХП.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА

О. В. ЮМАШЕВА (аспирант), Т. Г. ПОСПЕЛОВА (д. тех. н.), БНТУ

Важнейшей составляющей государственной программы обеспечения энергетической безопасности является увеличение доли местных природных ресурсов в топливно-энергетическом балансе Республики Беларусь до 25–30 %. Основным экономически целесообразным видом местных энергоресурсов в республике сегодня может служить древесная масса (древесные отходы и низкокачественная древесина).

Целью работы являлся расчет технико-экономических показателей внедрения источника теплоснабжения, работающего на местных видах топлива с переключением нагрузок существующих котельных.

Объектом исследования являлись котлы различных производителей мощностью 3–8 МВт с коэффициентом полезного действия 85–90 %. В качестве топлива для работы котлов рассматривалась древесная щепа влажностью 45–65 %.

Оценка сравнительной эффективности замены традиционного топлива древесным базируется на сопоставлении затрат и получаемой экономии. Затраты включают в себя демонтаж устаревшего оборудования, работавшего на органическом топливе, приобретение и установку котлов, предназначенных для работы на древесном топливе, необходимого вспомогательного оборудования, создание инфраструктур хранения и подготовки древесного топлива; затраты на покупку и доставку топлива. На основании чистого потока наличности рассчитываются основные показатели оценки инвестиций: чистый дисконтированный доход (ЧДД); индекс доходности (ИД); внутренняя норма доходности (ВНД); срок окупаемости.

Результаты выполненных расчетов приведены в таблице.

Показатели эффективности внедрения котельного агрегата, работающего на древесном топливе

Чистый дисконтированный доход, тыс. долл.	920
Внутренняя норма рентабельности, %	12,0
Срок окупаемости проекта, лет	8,8
Индекс доходности, долл./долл.	1,14

Для энергетических проектов допустимым является срок окупаемости 6–8 лет. Однако следует учитывать такую важнейшую составляющую положительного эффекта, как вклад перехода на древесное топливо в повышение энергетической безопасности страны и региона.

Полученные результаты были использованы при разработке инвестиционного проекта оптимизации системы теплоснабжения г.п. Россоны Витебской области со строительством центральной модульной котельной на местных видах топлива на 11 МВт.

О ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А. В. СВИСТУЛЕНКО (аспирант), К. Ф. СТЕПАНЧУК (д. тех. н.), БНТУ

Термографическое обследование высоковольтного маслонаполненного оборудования, как один из методов неразрушающего контроля, имеет основной своей целью прогнозирование показателей надежности работы обследуемых объектов на период, превышающий периодичность внешних воздействий. Несмотря на существующие принципиальные возможности термографического метода обеспечить достаточно достоверное прогнозирование состояния оборудования, до настоящего времени в РБ эти возможности не реализованы, и результаты обследования носят рекомендательный характер. Реализации потенциальных возможностей термографии мешают помимо технических причин и методологического несовершенства процедуры обследования, еще и недостаточно отработанная процедура использования результатов термографического контроля.

Как показывает практика, термографическое обследование психологически оценивается успешным, если в его процессе удалось выявить дефекты оборудования. Проводимые обследования ориентированы на выявление дефектов оборудования на различных стадиях их образования, в то время, как информация об отсутствии отклонений от нормального состояния агрегатов имеет не менее важное значение в прогнозировании безотказной работы как составных частей, так и комплексов энергетического оборудования в целом. Более того, в рамках общепринятых методических подходов к оцениванию показателей надежности по результатам эксплуатационных наблюдений с использованием дополнительной информации, результаты термографического обследования могут существенно повысить точность прогнозов, если эти наблюдения будут проводиться с определенной периодичностью. При этом условии положительные результаты измерений можно будет соответствующим образом объединять с информацией из эксплуатационных наблюдений и включать в объединенную информацию для повышения достоверности прогнозов.

Таким образом, периодичность проведения термографических обследований выступает как важный фактор, способствующий повышению достоверности оценки показателей надежности оборудования в целом.

Периодичность проведения термографических обследований в настоящее время в существующих нормах и рекомендациях приводится такая, как 1 год, 3 года, весенний период и т. д.. Вместе с тем, из самых общих соображений следует, что вероятность появления дефекта оборудования, приводящего к отказу в работе, повышается с течением времени его эксплуатации и становится максимальной к концу назначенного ресурса его работы. Поэтому интервал между обследованиями также должен изменяться и планироваться исходя из имеющихся априорных данных относительно степени изношенности данного агрегата.

Металлургия

ГЕОМОДИФИКАТОРЫ – КАК НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

В. В. ГАВРИЛОВА (магистрант), В. А. СТРУК (д. тех. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Перспективным направлением современного полимерного материаловедения остается разработка функциональных нанокomпозиционных материалов. В качестве модификаторов в таких материалах применяют наполнители с размером частиц от 1 до 100 нм, к числу которых относят ультрадисперсные металлы и их оксиды, ультрадисперсные алмазы и керамики, фуллерены, природные минералы.

Особый интерес вызывают природные силикаты, т.н. «геомодификаторы» (ГМ). Из всех минералов силикаты наиболее распространены в земной коре. Это достаточно дешевый материал. Кроме того, геомодификаторы обладают уникальными свойствами, что обусловлено их специфическим строением. Геомодификаторы формируются в толще земной коры в условиях повышенных температур и высоких давлений. В результате геохимических процессов на поверхности частиц образуются нанofазы с особым зарядовым состоянием, которые активно взаимодействуют полимерными макромолекулами. Однако механизм такого взаимодействия недостаточно изучен, что затрудняет выбор оптимальных составов новых композиционных материалов.

Для исследований в качестве матрицы выбран политетрафторэтилен (ПТФЭ), обладающий высокой химической стойкостью, малой пористостью, низким коэффициентом трения, отличными электрическими и механическими свойствами.

Цель работы состоит в установлении механизма действия геомодификаторов типа слоистых и каркасных минералов на структуру и свойства политетрафторэтилена.

Объекты исследований – глинистые минералы, трепел, гранитная мука.

Геомодификаторы термообработывали при температурах от 100 до 1000°C. Исследовали зарядовое состояние частиц до и после термообработки методами термостимулированных токов (ТСТ) и ЭПР-спектроскопии.

Научная новизна состоит в установлении механизма армирования наносиликатами матрицы политетрафторэтилена.

Практическая значимость заключается в разработке малонаполненного нанокomпозиционного материала на основе ПТФЭ повышенной прочности и износостойкости.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

С. Г. МИНАЕВ (магистрант), В. А. СТРУК (д. тех. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Проектирование форм для литья полимерных деталей под давлением начинают с анализа технологичности отливаемой детали. Этот процесс, включает в себя оценку эксплуатационных характеристик изделия, обеспечения рациональных условий течения материала в форме, точности изготовления; уменьшения внутренних напряжений, коробления, цикла изготовления. Конструкция изделия должна предусматривать место подвода литника, положение выталкивателей, следов от вставок и расположение линии разреза формообразующих элементов. До недавнего времени правильное выполнение всех вышеперечисленных действий основывалось на небольшом количестве расчетных формул, а также на квалификации, опыте и интуиции конструктора. Ошибки, допущенные на самых первых стадиях проектирования и обнаруженные после испытания формы, часто приводят к большому объему доработок вплоть до внесения принципиальных изменений в конструкцию и по стоимости могут быть соизмеримы с изготовлением новой оснастки. В настоящее время разработаны программные пакеты, позволяющие осуществить не только первичную оценку технологичности детали, но и выпустить комплект технической документации на оснастку и осуществить его проверку.

Цель работы состояла в анализе существующих программных продуктов в области контролирования оснастки для выпуска полимерных изделий.

Методика исследований представляла собой комплексный анализ основных параметров продуктов по критериям доступности, стоимости, технологичности и качества оснастки. Осуществлен анализ достоинств и недостатков различных программ в зависимости от уровня решаемой проблемы.

Предложена методология конструирования технологической оснастки с использованием на ранних стадиях процесса программных средств типа C-Modul или Moldflow, Pro/Engineer, Unigraphics, Delcam, Solidworks, Visicam.

Показана эффективность применения подхода к процессу проектирования оснастки, основанного на использовании комплектов нормализованных деталей фирм HASCO, DME, EOS и др.

Разработанная методология может быть использована на предприятиях, специализирующихся в области выпуска полимерных функциональных изделий из пластмасс.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИТЫХ МАТЕРИАЛОВ

И. И. ГАСПЕР (аспирант), В. М. КАПЦЕВИЧ (д. тех. н.), А. А. АНРУШЕВИЧ (к. тех. н.), БГАТУ

Изделия из пористых материалов все больше находят применение в промышленности и сельском хозяйстве. Они позволяют улучшить работу оборудования и механизмов, увеличить срок эксплуатации и производительность. Часто эти изделия необходимо извлекать с целью восстановления, очистки или полной замены. И тогда возникает проблема их закрепления и фиксации в узлах механизмов с соблюдением всех норм эксплуатации. Для этого пористые заготовки

изготавливают с цельнометаллическим основанием (сплошной металл) или только из пористого материала.

Для соединения одно- или неоднородных материалов широко применяют такие способы как сварка, пайка, механическое крепление, склеивание двух материалов и т.д., которые не всегда пригодны для пористых материалов. В этих целях можно использовать различные процессы литья, которые в силу своей специфичности отличаются экономичностью, производительностью, возможностью использования металлических сплавов различных составов для получения соединений изделий сложной формы

Литые пористые изделия с неразъемной цельнометаллической частью и способ их получения отличаются от известных новым подходом в соединении частей изделия. Он характеризуется образованием не линии соединения разнородных по структуре частей изделия, а капиллярно-пористой зоны, неоднородной по химическому составу, формирующейся в процессе кристаллизации расплава металла в литейной форме при инфильтрации пористого каркаса. Неоднородность химического состава и наличие капиллярно-пористой зоны обеспечивает высокую прочность неразъемного соединения и расширение технологических возможностей в формировании изделий, содержащих пористую часть с узлом крепления.

Условия получения качественного неразъемного соединения определяются выбором и оптимизацией условий, основанных на законе Лапласа: капиллярных явлений; характера течения расплава внутри каркаса; взаимодействия пористого каркаса и сплавов; процесса затвердевания расплава; тепловых условий системы «форма-каркас-расплав».

Предложен метод получения неразъемных соединений литых пористых заготовок изделий путем инфильтрации жидкого металла через пористые вставки.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ КАРБИДНЫХ СЛОЕВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

И. А. ПАНКРАТОВ (магистрант), И. Н. СТЕПАНКИН (к. тех. н.), ГГТУ им. П. О. Сухого

Введение. Свойства диффузионных слоев сталей являются важными характеристиками, определяющими эффективность упрочнения деталей машин. Широкий спектр разработанных в настоящее время технологий диффузионного упрочнения сталей позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики деталей машин. Зачастую, технология упрочнения назначается с целью изменения какого-либо свойства в наибольшей мере снижающих работоспособность детали или группы деталей. Это может быть износостойкость, усталостная долговечность, жаростойкость и др.

Цель работы. В настоящее время актуальной является задача моделирования поведения материалов с упрочненным слоем. В этом случае наряду с рассмотрением таких характеристик как твердость и износостойкость упрочненных поверхностей необходимо учитывать упругие характеристики слоев, а также распределение остаточных напряжений в них. Для создания упрочненных слоев адаптированных к условиям работы детали или узла, в целом, необходимо выявление зависимостей между свойствами упрочненного слоя и технологическими режимами его формирования.

Объект исследований. В работе исследовано влияние технологических режимов формирования карбидных диффузионно-упрочненных слоев в инструментальной стали Р6М5 на их свойства.

Использованные методики. Для оценки остаточных напряжений применяли электрохимическое травление, с измерением стрелы прогиба образца. Исследования микроструктуры проводили на оптическом микроскопе РВ-22. Определение твердости проводили на приборах Роквелла и ПМТ-3.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Проведены исследования и получены результаты по определению влияния режимов химико-термической обработки быстрорежущей стали на величину и распределение остаточных напряжений в упрочненном слое.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ КАРБИДНЫХ СЛОЕВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

И. А. ПАНКРАТОВ (магистрант), И. Н. СТЕПАНКИН (к. тех. н.), ГГТУ им. П. О. Сухого

Введение. Свойства диффузионных слоев сталей являются важными характеристиками, определяющими эффективность упрочнения деталей машин.

Широкий спектр разработанных в настоящее время технологий диффузионного упрочнения сталей позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики деталей машин. Зачастую, технология упрочнения назначается с целью изменения какого-либо свойства в наибольшей мере снижающих работоспособность детали или группы деталей. Это может быть износостойкость, усталостная долговечность, жаростойкость и др.

Цель работы. В настоящее время актуальной является задача моделирования поведения материалов с упрочненным слоем. В этом случае наряду с рассмотрением таких характеристик как твердость и износостойкость упрочненных поверхностей необходимо учитывать упругие характеристики слоев, а также распределение остаточных напряжений в них. Для создания упрочненных слоев адаптированных к условиям работы детали или узла, в целом, необходимо выявление зависимостей между свойствами упрочненного слоя и технологическими режимами его формирования.

Объект исследований. В работе исследовано влияние технологических режимов формирования карбидных диффузионно-упрочненных слоев в инструментальной стали Р6М5 на их свойства.

Использованные методики. Для оценки остаточных напряжений применяли электрохимическое травление, с измерением стрелы прогиба образца. Исследования микроструктуры проводили на оптическом микроскопе РВ-22. Определение твердости проводили на приборах Роквелла и ПМТ-3.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Проведены исследования и получены результаты по определению влияния режимов химико-термической обработки быстрорежущей стали на величину и распределение остаточных напряжений в упрочненном слое.

Полученные научные результаты и выводы. Выявлено, что в процессе газовой цементации в среде природного газа при температуре 950⁰ С в течение 8 часов в стали формируется упрочненный поверхностный слой, глубиной 0,4...0,6 мм, содержащий большое количество мелких карбидных частиц округлой формы. Размеры карбидных частиц составляют 2...3 мкм. Твердость упрочненного слоя составляет 65...66 HRC.

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЛИТЬЯ В ПГС НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ СОСТАВОМ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

Е. В. ФИЛИПЕНКО (студ. 4 к.), В. М. КАРПЕНКО (к. тех. н.), ГГТУ им. П. О. Сухого

Проблематика. Обеспечить высокий уровень конкурентоспособности продукции литейных предприятий можно только за счет принципиально нового подхода к обеспечению качества отливок прежде всего за счет совершенствования процессов смесеприготовления и формообразования.

Цель работы. Определить оптимальный состав формовочной смеси на основе теоретических и экспериментальных исследований в области реологии вязкосыпучих сред.

Объект исследования. Единая формовочная смесь, используемая в цехе мелкого литья РУП «Гомельский литейный завод «Центролит»».

Используемые методики. Методически задача решалась следующим образом. Экспериментально определялись реологические свойства формовочных смесей с различным содержанием влаги, бентонита и ПАВ. Осуществлялся поиск такого состава смеси, который бы имел наилучшие физико-механические и технологические свойства. Поэтому, параллельно с реологическими исследованиями осуществлялись испытания смесей по стандартным методикам на обычном лабораторном оборудовании. Такое дублирование было необходимо на начальных стадиях реологических исследований, так как еще не было известно, как коррелируют реологические свойства смесей их технологическим свойствам. Такая корреляция будет установлена позже после проведения комплексных испытаний.

Научная новизна. В результате экспериментов определили вид уравнения регрессии и статистические оценки по четырем видам взаимосвязей: влажности формовочной смеси и ее реологических параметров – предела прочности на срез и деформации (высоты уплотнения) смеси; содержания бентонита в формовочной смеси и ее реологических параметров – предела прочности на срез и деформации (высоты уплотнения) смеси; предела прочности на срез формовочной смеси и ее состава – влажности и содержания бентонита; деформации (высоты уплотнения) формовочной смеси и ее состава – влажности и содержания бентонита.

Практическое применение результатов. Построенные регрессионные зависимости были представлены в виде производственных номограмм и апробированы на смесеприготовительных участках РУП «Гомельский завод литья и нормалей», РУП «Гомельский станкостроительный завод имени С.М. Кирова», РУП «Гомельский литейный завод «Центролит»».

Приборостроение

ЭТАЛОННЫЕ НЕСМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Д. В. БАЛОХОНОВ (студ. 4к.), БНТУ

В настоящее время быстро развивается область автомобильной светотехники, занимающаяся конструированием автомобильного светотехнического оборудования на светодиодах, так как последние имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными лампами накаливания, а именно: светодиоды влаго- и виброустойчивы, не боятся ударов, взрыво- и пожаробезопасны, надежны и обеспечивают долгий срок службы (до 100 тыс. ч.). Для повышения надежности и обеспечения совместимости светодиодов с бортовой сетью автомобиля на их базе изготавливают несменные источники света (НИС), которые сохраняют все достоинства светодиодов. Однако фотометрические и колориметрические свойства НИС зависят от температуры излучателя и его тока инжекции. В условиях массового производства требуется контролировать качество выпускаемых НИС. В настоящий момент для этого применяются сложные и дорогостоящие приборы, которые удобно заменить прибором, реализующим метод сравнения с эталоном. В качестве такого эталона используются эталонные НИС. По сравнению с обычными НИС эталонные НИС должны иметь стабильные во времени и не зависящие от параметров окружающей среды характеристики. Кроме этого, у эталонных НИС должна быть повышенная по сравнению с обычными НИС надежность. Таким образом, для получения эталонных НИС и оптимизации их работы требуется построить физико-математическую модель НИС с точки зрения фотометрических характеристик (зависимость силы света НИС от тока инжекции и температуры окружающей среды) и колориметрических характеристик НИС (зависимость доминирующей длины волны света НИС от тока инжекции и температуры окружающей среды). По этим данным можно выбрать оптимальный режим работы обычных и эталонных НИС; определить область значений токов инжекции и температур окружающей среды, в которых свет НИС будет соответствовать Правилу №91 ЕЭК ООН; а также оценить качество разработки корпуса НИС.

В результате проведенной работы была построена физико-математическая модель НИС с точки зрения фотометрических и колориметрических характеристик в виде семейства аналитических аппроксимированных зависимостей силы света и длины волны от тока инжекции и температуры окружающей среды. На базе этих зависимостей был выбран оптимальный режим работы НИС и выведен коэффициент качества разработки корпусов НИС с точки зрения теплового конструирования. В соответствии с полученными данными был создан эталонный НИС. Кроме этого, были оптимизированы геометрия расположения и вторичная оптика НИС.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ

Н. В. КОВРИГИНА (студ. 5 к.), И. А. ОВОДОК (студ. 5 к.), Е. А. ШИМАНСКАЯ (студ. 5 к.), О. А. ЛЕНКЕВИЧ, БНТУ

Существующие на сегодняшний день методики, используемые для оценки результативности и эффективности процессов системы менеджмента качества (СМК), являются трудно реализуемыми. Кроме того, результаты оценки выражаются в баллах, что не позволяет получить достаточно объективную информацию о результативности и эффективности СМК.

Альтернативой этим методикам мы предлагаем использовать метод функционально-стоимостного анализа (ФСА), в основе которого лежит комплексное и системное исследование эффективности функций организации, ее ресурсов и объектов учета затрат. Концепция ФСА позволяет представить результативность и эффективность СМК в виде финансовых показателей.

Метод ФСА рассматривает процессы организации как систему, что позволяет установить причинно-следственные связи между ресурсами, поступающими на входы системы, компонентами системы и результатами, появляющимися на выходе системы. Анализ причинно-следственных связей позволяет понять механизм переноса стоимости в системе, что является необходимым условием эффективного управления системой в целом. Информация, полученная в ходе проведения ФСА, может быть использована как для оперативного управления, так и для принятия стратегических решений.

На уровне оперативного управления полученные сведения помогают разработать рекомендации по увеличению прибыли и повышению эффективности деятельности организации.

На стратегическом уровне – оказывает помощь в принятии решений относительно реорганизации предприятия, изменения ассортимента продуктов и услуг, выхода на новые рынки. ФСА показывает, как можно перераспределить ресурсы с максимальной стратегической выгодой для организаций, помогает выявить возможности тех факторов (качество, обслуживание, снижение стоимости, уменьшение трудоемкости), которые имеют наибольшее значение, а также определить наилучшие варианты капиталовложений.

Разрабатываемая методика еще не достаточно изучена, но является важным шагом на пути улучшения деятельности организации, поэтому необходимо продолжать работы по его исследованию и совершенствованию, способствуя тем самым более широкому его внедрению. Результаты исследования были апробированы для оценки результативности стрижки мужской модельной, что позволило выявить источники излишних затрат и «правильно» оценить себестоимость оказываемой услуги.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЛЭР-ТЕСТЕРА

Ю. С. ЛИТВИНЕНКО (студ. 5 к.), И. Ф. МИРОШНИЧЕНКО, БНТУ

Согласно статистике офтальмологи диагностируют катаракту у каждого третьего пациента. Одним из признаков начальной катаракты является глэр-эффект, который проявляется в виде повышенной чувствительности

глаза к слепящим засветкам. Приборы, предназначенные для определения величины глэр-эффекта получили название глэр-тестеров.

На кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ совместно с Белорусским государственным университетом разработана конструкция глэр-тестера, позволяющая определять остроту зрения при регулируемых уровнях слепящих засветок, а также производить подбор линз для очков, восстанавливающих сниженную контрастную чувствительность глаз. Прибор обладает более широкими функциональными возможностями, чем известные аналоги. В качестве источника освещения применены светодиоды, имеющие возможность регулировки спектрального состава излучения.

При разработке прибора возникла необходимость в решении ряда задач, по метрологическому обеспечению светотехнических параметров глэр-тестера:

- разработка методики измерения яркости освещенной сферической поверхности;
- разработка методики оценки качества цветопередачи освещенности;
- разработка методики поверки и калибровки прибора;
- определение необходимого диапазона и количества ступеней яркости.

Нами разработаны методики, позволяющие решить эти задачи на основе экспертных оценок, а также на основе клинических испытаний макета прибора. Проведено измерение коэффициента яркости, что позволяет проводить поверку прибора методом косвенного измерения по освещенности с использованием стандартных люксметров. Даны рекомендации по регулировке качества цветопередачи для визуального восприятия, сравнимого с опорными источниками света (вакуумные, криптоновые и галогенные лампы накаливания, а также светодиоды белого свечения). Предложены метрологические схемы, позволяющие разрабатывать методики выполнения измерений при производстве и аттестации глэр-тестеров.

На основе проведенных исследований, разработан и изготовлен макет глэр-тестера, который прошел испытания в клинике Министерства обороны РБ. Невысокая стоимость и широкие функциональные возможности позволяют рекомендовать разработку аналога для серийного производства, что позволит использовать глэр-тестер не только в клинических условиях, но и в медицинских пунктах транспортных предприятий, т.к. наличие глэр-эффекта у водителей является одной из причин аварийности на транспорте.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЖАЛЮЗИ

О. П. ЗЕЛЕНАЯ (студ. 4 к.), Е. В. МУХА (студ. 4 к.), Г. В. БОРОВЕЦ, БНТУ

Существующие технические нормативные правовые акты распространяются на жалюзи, относящиеся к защитным и предназначенные, например, для обеспечения безопасности персонала банка, в целом банковской деятельности, сохранности различных ценностей, офисного оборудования, документов и т.д., то есть для специальных помещений. Однако в настоящее время жалюзи достаточно широко используются и в других различных сферах деятельности. Все большее распространение получают жалюзи такого назначения, как солнцезащитные, затемняющие, в целом способствующие созданию комфорта, ставшие неотъемлемой частью современного офиса, учебного класса, актового зала, а также жилищных помещений. Они уже давно рассматриваются как элемент для создания интерьеров помещений. Так, во многих сферах деятельности отказались и отказываются от использования обычных штор. Без жалюзи не обходится ни одно современное медицинское учреждение, поскольку они отвечают самым высоким требованиям гигиенических стандартов. Жалюзи можно встретить практически везде: в школах, высших учебных заведениях, детских садах, торговых комплексах. Но на эти, ставшие обычными в жизни человека жалюзи, нет технических нормативных правовых актов, которые бы содержали общие к ним требования. Этим вопросом, учитывая его актуальность, занимаются сейчас многие ОАО и ООО. В результате уже утверждено 16 технических условий, каждый из которых содержат, как правило, узкую классификацию жалюзи, различия по предъявляемым к ним требованиям, а порой даже противоречат друг другу.

Поэтому целью научной работы является актуализация и разработка единых требований на жалюзи, расширение их классификации, приведение к общей характеристике.

Таким образом, объектом исследований является документ – технические условия на жалюзи.

При исследовании технических условий на жалюзи использовались ТКП 1.3-2004 (04100) «Правила разработки технических условий», ГОСТ 2.114-95 и ГОСТ 2.105-95.

Научной новизной проведенного исследования является расширение классификации жалюзи с последующим приведением ее к общей характеристике и едиными требованиями.

Полученные научные результаты заключаются в том, что выполненная работа позволила создать технические условия на жалюзи с едиными требованиями и единой общей характеристикой. Она также будет способствовать созданию в будущем государственного стандарта на жалюзи, являясь по существу предстандартом.

Практическое применение полученных результатов видится в том, что они будут способствовать производству жалюзи, отвечающих своему назначению как обычные, а также более высоким их потребительским свойствам.

ТРЕХКООРДИНАТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ХОЛЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

С. С. ИВАНОВ (студ. 4 к.), В. П. МЕЛЬНИКОВ (к. тех. н.), БНТУ

Проведено исследование чувствительных микроэлементов трехкоординатного индукционного преобразователя положения внутрисердечного катетера, механизма привода наконечника. Выяснено, что в качестве чувствительных элементов катетеров зарубежных систем применяются бескаркасные катушки индуктивности. Предложено использовать в качестве чувствительных элементов трехкоординатные преобразователи Холла, из гетероэпитаксиальных структур $n\text{-InSb-i-GaAs}$, и магнитную систему стационарного сферического поля, относительно которой будет определяться положение в пространстве.

Трехкоординатные преобразователи Холла изготавливаются из трех различных по конструкции кристаллов. В качестве базового применен кристалл, выполненный на подложке размерами $1500 \times 500 \times 150$ мкм, он обеспечивает контроль координаты Y . Два остальных кристалла преобразователя имеют размеры $500 \times 500 \times 300$ мкм и устанавливаются плоскостями чувствительных зон по координатам X и Z . За счет высокой перпендикулярности граней кристаллов возможна ориентация кристаллов с точностью более одного углового градуса.

Определение координат в пространстве осуществляется путем измерения ЭДС Холла U_X , U_Y , U_Z , пропорциональной индукциям трех составляющих пространственного поля по осям X , Y , Z . Магнитная чувствительность интегральных элементов Холла лежит в пределах $0,05\text{--}10$ В/Тл, нелинейность преобразования обычно составляет $0,1\text{--}5,0\%$, температурный коэффициент чувствительности – от $0,03$ до $0,5\%$ на градус Цельсия, обладают достаточно высокой линейностью преобразования при индукции магнитного поля до $1\text{--}1,5$ Тл.

Источником магнитного поля в системе служат постоянные магниты, распределенные радиально в зазоре между стальными магнитными концентраторами. Данная конструкция магнитной системы, обеспечит в рабочей зоне измерений индукцию поля амплитудой $6\text{--}15$ мТл, что позволит проводить измерений с разрешением не ниже $\pm 0,25$ мм.

Для обработки измерительной информации с датчика и представления ее в цифровой форме, применим аналогово-цифровой преобразователь В-480, обеспечивающий математическую обработку и отображение результатов измерений на дисплее ПЭВМ.

Применение трех координатных преобразователей удешевляет производство внутрисердечных катетеров, на порядок уменьшает габаритные размеры датчика, повышается точность измерений.

РАЗРАБОТКА НИЗКОНАПОРНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

А. Е. КУРИЛЕНКО (магистрант), БНТУ

В силу географического положения Республики Беларусь, проектирование микро ГЭС, работающих на ее территории, имеет целый ряд характерных особенностей. Одним их главных факторов является относительно низкие значения скоростей перемещения водных потоков в руслах и открытых каналах. Поэтому актуальной является задача увеличения к.п.д. низконапорных (т.е. порядка $1\text{--}2$ м гидравлических напоров) гидротурбин за счет снижения потерь энергии и обеспечения круглогодичной эксплуатации.

Предлагается новая конструкция гидротурбины, содержащего погруженный в воду корпус, в котором размещен рабочий орган в виде колеса, снабженного поворотными лопастями и кинематически связанного с преобразователем энергии. Рабочий орган содержит два осевых колеса, каждое из которых выполнено в виде обруча со спицами, закрепленными на вертикальном валу. При этом спицы имеют парные лопасти, установленные с возможностью поворота навстречу друг другу и ограничители поворота лопастей. Кроме того, на входе в корпус установленное распределяющее устройство, направляющие поверхности которого выполнены криволинейными, образующими сужающийся желоб в направлении водяного потока.

В предлагаемой гидротурбине осевые колеса вращаются с минимальными потерями энергии. Существенным отличительным признаком гидротурбины является конструкция осевого колеса, в котором лопасти поворачиваются навстречу друг другу вокруг горизонтально расположенных спиц, закрепленных на вертикальном валу. Для обеспечения минимальных потерь энергии лопасти раскрываются в активной зоне воздействия потока и складываются в пассивной зоне. При этом лобовое сопротивление сложенных лопастей практически не превышает лобовое сопротивление обода колеса, а распределяющее устройство, образующее два сужающих желоба, перераспределяет потоки, сообщая им ускорение в активной зоне и уменьшая скорость потока в пассивной зоне.

Использование парных раскрывающихся лопастей позволяет выбирать оптимальный угол их раскрытия, позволяющий максимально использовать энергию воздействующего на них водяного потока.

Сужающиеся желоба придают ускорение направляемым потокам, а криволинейные поверхности желобов позволяют уменьшить гидравлическое сопротивление и получить максимальное ускорение потоков.

Следовательно, осевые колеса вращаются с минимальными потерями энергии, т.к. лопасти в раскрытом положении максимально используют энергию водяного потока в активной зоне, а в пассивной зоне сложенные лопасти не оказывают сопротивления вращению осевых колес, что в конечном итоге увеличивает к.п.д. гидротурбины.

НАКОПЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В БИОСИСТЕМАХ

А. В. КУРИЛЕНКО (магистрант), БНТУ

В последнее время все большее внимание в научном мире привлекает к себе биомеханика, которая изучает механические явления в биосистемах.

Одним из актуальных направлений в биомеханике является раздел связанный с травматологией. Современная травматология широко использует такие понятия как травма, удар, перелом, нарушения биомеханики движений и т. д. При этом довольно часто повреждается скелетная система, особенно у спортсменов и пожилых людей.

Под воздействием внешних сил кость подвергается деформации соответствующей трем видам напряжений: растяжение, сжатие и касательные напряжения. Эти напряжения обуславливают разрушение кости посредством отрыва и сдвига. Причем разрушение может идти по хрупкому или пластическому типу. Перелом кости следует рассматривать с позиций положений механики разрушения твердых тел, которая выделяет два механизма разрушения: микроскопический, связанный с образованием микротрещин на структурном уровне, и макроскопический, характеризующийся образованием магистральной трещины, разделяющей тело на части.

Известно, что кость является армированным композиционным материалом. Кости нижних конечностей армированы высокопрочными волокнами в окружных и спиральных перекрещивающихся направлениях. Механические свойства костной ткани зависят от многих факторов: возраста, заболевания, индивидуальных условий роста. При различных способах деформирования кость ведет себя по-разному. Прочность на сжатие выше чем на растяжение или изгиб. Запас механической прочности кости весьма значителен и заметно превышает нагрузки, с которыми она встречается в повседневной жизни.

Настоящая работа посвящена анализу еще малоизученного вопроса разрушения кости в процессе старения содержащей их биосистемы. Старение биосистемы со временем приводит к необратимым процессам, в результате которых содержащиеся внутри нее кости претерпевают существенные изменения биологических, а значит и физико-механических свойств. В первую очередь костная система становится предрасположенной к разрушению вследствие накопленных к определенному моменту времени микро- и макроповреждений.

Рассматривая перелом кости с позиций положения механики разрушения, в первом приближении были предприняты оценочные расчеты, основанные на кинетических уравнениях поврежденности Работного Ю.Н., Качанова Л.М. и др. Полученные результаты дают удовлетворительную оценку выбора предложенных моделей. Они согласуются с известными экспериментальными данными.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ИНДЕНТОРА В ПЛАСТИЧНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ПРОЧНОСТЬ ЕГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ

А. А. КАПОРИН (магистрант), А. А. НОВИКОВ (аспирант), М. Г. КИСЕЛЕВ (д. тех. н.), БНТУ

Цель работы заключалась в установлении экспериментальных зависимостей, связывающих усилие и глубину внедрения сферического индентора в пластический материал с прочностью его закрепления в нем.

Определение этих зависимостей имеет важное научное и практическое значение при изучении закономерностей процесса шаржирования поверхностей абразивными (алмазными) зёрнами и их целенаправленного использования с целью совершенствования этой технологической операции.

Для проведения экспериментов была изготовлена специальная установка, позволяющая осуществлять как внедрение сферического индентора в пластический материал, так и его последующее извлечение из него. При этом измерялась глубина и усилие внедрения индентора в материал образца, а также усилие при его последующем извлечении за счет приложения нагрузки в направлении противоположном ее действию на стадии внедрения, т.е. нормально поверхность образца.

Индентором служил шарик диаметром 7 мм., изготовленный из яшмы. Предварительно во нем обрабатывалось глухое отверстие глубиной 5 мм., в котором с помощью эпоксидной смолы закреплялась стальная проволока, используемая при извлечении шарика из образца. Материалом последнего служил обычный пластилин. С целью оценки влияния жидкой фазы на исследуемые параметры проводилось три серии экспериментов. В первой использовался шарик с предварительно обезжиренной ацетоном поверхностью, во второй, его поверхность смачивалась водой, а в третьей – касторовым маслом.

На основе анализа полученных результатов были сформулированы следующие выводы:

- создана экспериментальная установка и разработана методика измерений, позволяющая количественно оценивать влияние глубины и усилия внедрения сферического индентора в пластичный материал на прочность его закрепления в нем;

- установлено, что прилагаемое усилие, при внедрении сферического индентора в пластичный материал на глубину до 1/3 его диаметра, возрастает пропорционально, после чего темп его нарастания снижается, достигая некоторого постоянного значения. При этом наличие жидкой фазы практически не влияет на усилие внедрения;

- установлено, что усилие, необходимое для извлечения индентора, нелинейно возрастает с увеличением глубины внедрения, причем, оно значительно меньше усилия внедрения. Наличие жидкой фазы, оказывает существенное влияние на усилие извлечения, снижая его в 2–2,5 раза.

OHSAS: ДОСТОЙНЫЙ ТРУД – БЕЗОПАСНЫЙ ТРУД

А. П. ТЫЛИНДУС (студ. 5 к.), М. В. СТАНКЕВИЧ (к. тех. н.), БНТУ

Вопросы улучшения профессионального здоровья и безопасности, сохранения жизни работающих были и остаются одним из важных направлений социально-экономической политики государства.

В рамках Международной организации труда функционирует Система оценки профессионального здоровья и безопасности OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series), и в настоящее время в международной деятельности при проведении сертификации систем менеджмента в области профессионального здоровья и безопасности (далее – система менеджмента OH&S) пользуются OHSAS 18001:1999 «Системы менеджмента OH&S. Спецификация» и OHSAS 18002:2000 «Системы менеджмента OH&S. Руководство по применению на практике OHSAS 18001:1999».

С 1 ноября 2005 года вступили в действие СТБ 18001–2005 «Системы управления охраной труда. Общие требования» и СТБ 18002–2005 «Системы управления охраной труда. Руководство по применению СТБ 18001».

Важными в OHSAS являются регламентации по определению политики организации в области OH&S, которую необходимо оформлять отдельным документом, как обязательства руководства.

OHSAS предусматривает существенно иной подход к планированию деятельности в области OH&S:

- вместо составления планов мероприятий в области OH&S, ориентированных на достижение какого-то неопределенного улучшения деятельности, предусматривается составление программ управления OH&S, направленных на достижение намеченных целей с определением ресурсов для мероприятий и ответственности соответствующих лиц;

- выявление рисков повреждения здоровья при выполнении работ, их оценка, классифицирование, изучение возможностей их устранения или доведения до приемлемого уровня.

Внедрение требований OHSAS требует перехода от установления обязанностей работников к установлению ответственности и полномочий.

Предстоящая новизна в менеджменте OH&S также состоит в проведении аудитов и мониторингов в области OH&S.

Аудит предусматривает оценку функционирования системы менеджмента OH&S, для представления информации руководству для анализа положения дел.

Мониторинг (наблюдения) должен стать широко применяемым методом работы для отслеживания как отдельных показателей, характеризующих состояние работы по охране труда, так и всех процессов, связанных с обеспечением OH&S.

ПОСТРОЕНИЕ АДЕКВАТНЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ ДИАГНОСТИКИ ПРИ КООРДИНАТНОМ КОНТРОЛЕ

Д. В. СОЛОМАХО (студ. 4 к.), БНТУ

Координатные измерения геометрических параметров номинально плоских, а также сложных криволинейных поверхностей являются одними из наиболее распространенных измерительных задач в машиностроении. Для обеспечения точности измерений необходимо использовать адекватные методики выполнения измерений (МВИ), оптимизированные для решения конкретной измерительной задачи. Это значит, что МВИ должна проектироваться исходя из априорной информации о параметрах объекта измерений.

Методики выполнения координатных измерений, как правило, включают в себя несколько стандартных процедур:

- измерение координат отдельных точек детали;
- аналитическое моделирование реальных поверхностей деталей по результатам их измерения;
- сравнение параметров аналитической модели с нормируемыми;
- заключение о годности.

Аналитическая модель объекта создается путем представления контролируемой поверхности в виде непрерывной аппроксимирующей поверхности, воспроизводимой аналитически по результатам измерения некоторого количества точек (профилей). В этом случае отклонение формы проверяемой поверхности оценивается по полученной таким образом аналитической модели. Аналитические модели отличаются той особенностью, что при их реализации в результате аналитического преобразования исходной измерительной информации (результатов измерения отклонений минимального количества контрольных точек) устанавливается такое взаимно-однозначное соответствие между объектом измерения и его моделью, при котором каждой точке реальной поверхности ставится в соответствие одна единственная точка модели. Причем, в таком преобразовании участвуют все без исключения точки реальной поверхности (которых бесчисленное множество) и даже те, координаты которых не подвергались непосредственному измерению.

Всякий раз при аналитическом моделировании реальных поверхностей по результатам их измерений возникает методическая погрешность, обусловленная переходом от реальной поверхности к ее идеализированной модели. Главной задачей в этом случае является обеспечение адекватности аналитической модели, что достигается, в общем случае, увеличением числа контрольных точек.

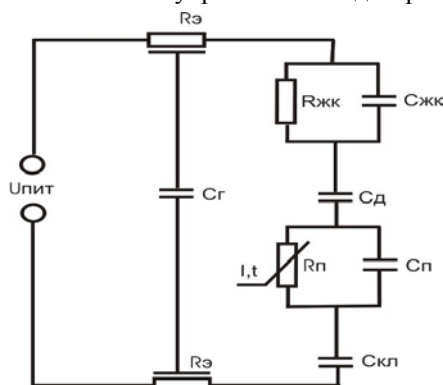
Предлагается проектировать оптимизированные МВИ для каждого класса деталей исходя из реальной макрогеометрии их поверхности, не отождествляя их с номинальными в математическом смысле поверхностями. В этом случае для построения адекватной аналитической модели объекта измерений необходимо проводить диагностику поверхности, то

есть определять положение локальных минимумов и максимумов. При этом измерение отклонения формы сводится к измерению координат точек экстремума, положение которых известно по результатам диагностики.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А. В. ШУЛЕЖКО (студ. 2 к.), А. В. КАПП (студ. 2 к.), В. Э. МАЛАХОВСКАЯ, Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат. н.), БНТУ

Основными требованиями, предъявляемыми к разрабатываемым вычислительным системам, являются высокие скорости обработки информации, большая емкость памяти в сочетании с малыми габаритами и минимальным энергопотреблением. Одним из путей достижения этих параметров является применение оптических методов и устройств, обрабатывающих информацию в виде больших двумерных массивов. Среди перспективных разработок, следует выделить устройства преобразования и пространственно-временной модуляции светового потока на основе структур жидкий кристалл-фотопроводник. В данной работе представлены результаты исследования и макетирования оптически управляемой жидкокристаллической структуры, собранной по «сэндвич» – геометрии.



Исследуемая электрооптическая структура содержит фоточувствительный (ФП), модулирующий (ЖК), изолирующий и зеркальный слои, заключенные в плоский капилляр. В данной структуре, эквивалентная электрическая схема которой представлена на рисунке, реализуется пространственная модуляция считывающего оптического излучения вследствие формирования локальных электрооптических каналов. Проведен анализ работы электрической схемы исследуемой структуры с учетом емкостной связи между слоями и выполнен расчет ее передаточных характеристик. Показано, что эффективность исследуемой структуры ФП-ЖК в режиме спектрального преобразования информационного оптического потока определяется чувствительностью полупроводникового слоя и степенью согласования полных сопротивлений ФП и ЖК слоев.

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ ФИГУР ЛИССАЖУ

М. С. ВИНОГРАДОВА (студ. 2 к.), Т. Ю. ВАЙСКОВИЧ (студ. 2 к.), В. Э. МАЛАХОВСКАЯ, Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат. н.), БНТУ

Методы исследования на основе получения и анализа фигур Лиссажу широко применяются в различных областях физики и измерительной техники. Вид фигур Лиссажу, наблюдаемых на экране осциллографа, позволяет определять частотно-фазовые и амплитудные параметры исследуемых периодических процессов. Необходимо отметить, что если исследуемые процессы соответствуют не гармоническому, а более сложному закону, то на экране осциллографа наблюдаются замкнутые кривые, аналогичные фигурам Лиссажу. Такой искаженной формой является гистерезисная петля, классическим примером которой является петля гистерезиса, образующаяся при циклическом перемагничивании ферромагнетиков. Целью нашей работы является разработка на основе анализа фигур Лиссажу простых методов измерения параметров различных сред.

Одним из наиболее наглядных применений предлагаемого метода является определение теплофизических параметров газовой среды. В данной работе приведены результаты определения в режиме бегущей звуковой волны отношения C_p/C_v для воздушной среды. Особое внимание в работе уделено измерению параметров оптических и электрооптических эффектов и исследованию структурных превращений модулирующих сред. В качестве исследуемых элементов были выбраны жидкокристаллические электрооптические модуляторы. Данные устройства представляют собой нелинейные элементы, и в этом случае ЖК-слой является для переменного напряжения емкостью, значение которой меняется в зависимости от параметров приложенного напряжения. Электрооптический гистерезис заключается в том, что величина электрооптического эффекта, возникающего в ЖК-слое, зависит не только от напряженности управляющего электрического поля, но и от предшествующего состояния (степени ориентации) модулирующей среды. Гистерезис электрооптического переключения в ЖК-слое вызывается отставанием по фазе поворота ориентации молекул от напряженности поля в ячейке. Описанные гистерезисные явления наиболее ярко проявляются при насыщении электрооптического эффекта. Полученные результаты свидетельствуют о применимости разрабатываемого метода исследования нелинейных систем с гистерезисом для анализа бистабильных режимов в модулирующих элементах оптоэлектроники.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ ДИФРАКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Е. П. КАРОЛИК (студ. 2 к.), Н. В. ЛАРКИНА (студ. 2 к.), С. С. СТЕПУРКО (студ. 2 к.), Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат. н.), БНТУ

При массовом производстве и потреблении современных носителей информации особое значение приобретает выпуск этих изделий с контролируемыми геометрическими параметрами. Для целей контроля используются неоптические методы, однако эти методы не обеспечивают требуемую точность и быстродействие измерений. Более эффективными являются оптические методы, характеризующиеся достаточно простой реализацией. Одним из таких методов является оптический дифракционный метод. Целью нашей работы являются разработка и экспериментальное изучение особенностей дифракционного метода в режиме сканирования исследуемой

поверхности, а также проведение сравнительного анализа дифракционных картин, возникающих при измерении различных исследуемых объектов.

Для выполнения работы нами была собрана экспериментальная установка, позволяющая выполнять измерения в прямом и обратном направлениях дифракции. В качестве объектов исследования нами взяты образцы различных компакт-дисков, для проведения сравнительного анализа в экспериментах использовались также образцы грампластинок. Рабочие зоны, на которые производится запись информации, данных носителей имеют одинаковую геометрическую форму. В обоих случаях информация может храниться в виде длинной спирали, начинающейся около центра и раскручивающейся к периферии информационного диска. Выбранный участок рабочей зоны представляет собой отражательную дифракционную решетку. Периодом такой решетки является ширина информационной дорожки. Это дает возможность оценить линейный размер бита по дифракционной картинке, получаемой с помощью излучения лазера. Изучены особенности формирования дифракционной картины в режиме сканирования поверхности исследуемого образца. Луч лазера через отверстие в экране направлялся на поверхность исследуемого образца, помещенного в юстируемый зажим. Зажим с помощью микровинтов позволяет ориентировать плоскость диска вокруг вертикальной и горизонтальной осей, а также перемещать его в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для исследуемых образцов различие в линейных размерах периодических структур поверхности составило более двух порядков.

РАЗРАБОТКА ПОСОБИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Н. А. СКОПЦОВ (студ. 2 к.), Д. В. КУПРИЯНИК (студ. 2 к.), Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат. н.), БНТУ

В настоящее время остро встает проблема подготовки и переподготовки инженерных кадров с учетом последних научных достижений. Степень накопления научного знания в новейших областях высоких технологий значительно превосходит создание и введение в образовательную деятельность соответствующих средств обучения. Одним из эффективных способов устранения данного ограничения является разработка и учебных пособий и технических средств обучения нового типа.

В данной работе при разработке наглядного пособия реализуется модульный принцип представления демонстрационного материала. Модульная система позволяет гибко адаптировать учебную тематику, дополняя ее новыми вопросами и сопровождая их наглядными демонстрациями. Разрабатываемый планшет содержит сменяемые трафарет-карты, функциональные модули и контактно-крепежные группы. В качестве примера реализации этой идеи выбрана разработка и создание демонстрационного планшета по изучению лазерных технологий на основе действующего макета твердотельного лазера. Схема лазера очень хорошо подходит для предлагаемого модульного исполнения. В качестве лазерного элемента в этой схеме могут использоваться различные активные материалы. Данное обстоятельство значительно расширяет диапазон лекционных демонстраций. Электрическая схема планшета содержит несколько основных функциональных модулей: высоковольтный трансформатор, выпрямитель, блок конденсаторов и систему импульсного поджига. На трафарет-картах представляются оптические и электрические схемы изучаемых систем. Контактные-крепежные группы располагаются на рабочей панели планшета и служат для крепления и коммутации модулей. Прибор выполняется таким образом, что все основные компоненты группируются в отдельные модули. Эти модули в зависимости от изучаемого вопроса заменяются другими, необходимыми для выбранной демонстрации.

В зависимости от выбора трафарет-схемы можно выполнить демонстрацию по лазерной обработке поверхностей, прожиганию отверстий в тонкой фольге, получению простейших голограмм и других лазерно-оптических эффектов. Применение таких пособий в значительной степени улучшает усвоение учебной информации студентами. Реально работающая перед студентами схема вызовет живой интерес и желание лучше разобраться в изучаемом вопросе.

Информатика
и информационные
технологии.
Библиотечковедение.

КРИПТОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОТОКОЛ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

В. В. АКУДОВИЧ (студ.), Г. Ф. АСТАПЕНКО (ст. препод.), БГУ

Во многих специализированных приложениях возникает необходимость сетевой передачи конфиденциальной информации. Уязвимость протоколов в первую очередь связана с потенциальной возможностью компрометации клиентов связи, обладающих ключевой информацией. В том случае, когда секрет (ключи) разделяется между несколькими клиентами в группе (с использованием так называемых пороговых схем), устойчивость (по отношению к криптоатакам) используемых протоколов передачи конфиденциальных данных существенно повышается.

Узлы сенсорной сети не могут использовать асимметричную криптографию напрямую, поскольку обладают ограниченной вычислительно мощностью и ограниченной памятью. Поэтому существующие на данный момент криптографические протоколы для сенсорных сетей базируются на симметричной криптографии.

Основной способ создания общего зашифрованного канала между двумя узлами или узлом и базой – это создание между ними сеансового ключа. Из-за вычислительной и энергетической ограниченности узлов, подход, аналогичный в обычных сетях, неприменим.

Стандартный подход в сенсорных сетях для решения этой проблемы – это внедрение в каждый узел некоторой информации, сгенерированной базой. Причем информация внедряется до установления конфигурации сенсорной сети. На базе данной информации два узла, или база и узел, пытаются провести взаимную аутентификацию и установить сеансовый ключ для шифрования данных.

В данной работе предлагается метод образования ключей на базе пороговой схемы разделения секрета. Предложенный метод не использует средств асимметричной криптографии. Вычислительные затраты, которые предлагается выполнять узлам, меньше вычислительных затрат, необходимых на создание пороговой схемы. Данная схема позволяет обеспечить криптостойкость и функционирование в режиме конфиденциальной связи в случаях компрометации некоторого узла или канала связи.

Использование пороговых схем позволяет увеличить криптостойкость всей системы в целом. Особенно это заметно на примере компрометации одного узла, поскольку противник ничего не может узнать о поле ключей, используемом для связи между узлами. Максимально доступная для него информация – это ключи, которые восстановлены на узле в данный момент для связи с другими узлами и локальными группами. Поэтому для компрометации работы сети необходим более тонкий метод криптоатаки

1 Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot and Scott A. Vanstone. The Handbook of Applied Cryptography.-CPC press, 1996.

2 Donggang Liu, Peng Ning. Establishing pairwise keys in distributed sensor network.. North Carolina State University. 2002

СЕГМЕНТАЦИЯ КОСТЕЙ НА ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

В. И. АРХИПОВ (студ.), БГУ, В. Г. ГОНЧАРЕНКО (асп.), А. В. ТУЗИКОВ (д. физ.-мат. н.) ОИПИ НАН Б

Одним из важных этапов в задачах обработки и анализа изображений, связанных с планированием операций на костях и суставах, является выделение костей на медицинских изображениях [1, 2]. Целью данной работы является описание метода, позволяющего сегментировать кости на медицинских изображениях.

Исходными данными для предлагаемого метода являются многослойные полутоновые (градации серого цвета) изображения, получаемые при томографической реконструкции. Яркость каждого вокселя такого изображения соответствует плотности ткани в соответствующей точке исследуемого объема. При этом костям соответствуют наиболее яркие участки изображения.

Задача выделения костей выполняется в два этапа. Первый этап – пороговая сегментация: из исходного изображения создается бинарное, при этом воксели, значения которых больше порога, считаются принадлежащими объектам, а воксели со значениями меньше порога относятся к фону. Порог, который используется на этом шаге, определяет минимальную плотность костной ткани. Он может вычисляться, либо задаваться вручную. При этом кости, расположенные на малом расстоянии друг от друга могут сливаться в цельные объекты. Второй этап – дополнительная сегментация. После первого этапа пользователю необходимо отметить маркерами компоненты костей, которые он желает выделить. Этот этап использует сегментацию, основанную на преобразовании водораздела [3]. При этом используются значения только тех вокселей исходного изображения, которые на предыдущем этапе определились как принадлежащие костям. В результате из изображения исключаются все компоненты, которые не были промаркированы. Если на одной связной компоненте были поставлены маркеры различных объектов, то после второго этапа сегментации эта компонента распадается на несколько компонент разных объектов. При этом граница между новыми объектами будет проходить по локальным минимумам значений вокселей исходного изображения.

Предложенный подход позволяет получать точные границы костей даже в том случае, когда они размыты и несколько объектов сливаются в одну связную компоненту на бинарном изображении, получившемся в результате пороговой сегментации. Использование структуры данных «упорядоченная очередь» позволяет выполнить сегментацию за линейное время. Эта работа поддерживается проектом INTAS N 04-77-7003.

1 1. V. Goncharenko, A. Kryvanos. An Approach to Preoperative Planning of Pelvic and Lower Limbs Surgery. AITTH'2005, vol. 1, pp.207–211.

2 2. V. Goncharenko, A. Kryvanos, A. Sakalowski, A. Tuzikov, R. Maenner. Computer Planning for Pelvic and Lower Limbs Surgery. PRIP'2005, pp. 132–135.

3 3. V. Goncharenko, A. Tuzikov. Gray-scale Image Segmentation by a Watershed Transformation/ *Pattern Recognition and Image Analysis*, Maik Nauka/Interperiodica, Vol. 15, No. 1, 2005, pp. 176–179.

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА LU ФАКТОРИЗАЦИИ

Д. С. ВАРШАВСКИЙ (студ.), А. Е. ВЕРХОТУРОВ (асп.), БГУ

Метод LU факторизации является численным методом решения систем линейных алгебраических уравнений. Данный алгоритм относится к прямым методам, следовательно, он позволяет в отсутствие ошибок округления получить точное решение, что особенно важно при решении практических задач, имеющих повышенные требования к точности расчётов, например это справедливо при расчёте электрического поля в диэлектрике (задача проектирования интегральных схем). Метод LU факторизации является одним из лучших прямых методов. Отличительная особенность метода – возможность решения семейства систем линейных алгебраических уравнений с различными правыми частями при однократной факторизации исходной матрицы.

Алгоритм LU факторизации имеет достаточно высокую вычислительную сложность (которая растёт пропорционально третьей степени размерности матрицы) и время факторизации матриц, размерность которых больше 1000 может достигать единиц, десятков и даже сотен секунд, что неприемлемо при решении большинства практических задач. С использованием многопроцессорных систем возможно добиться многократного увеличения скорости работы алгоритма. При применении метода LU факторизации решающее время занимают такие подзадачи как перемножение и сложение векторов, что, очевидно, возможно выполнять параллельно. Основной целью научной работы являлся поиск наилучшего способа распределения вычислений между процессами. Результаты тестирования параллельного алгоритма LU факторизации, реализованного на языке C++ в стандарте MPI представлены в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость ускорения параллельного алгоритма LU факторизации от количества процессоров для матрицы 2500x2500

Число процессоров	1	2	3	4	5	6	7	8
Ускорение	1	1,96	2,78	3,57	4,22	4,98	5,68	6,23

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ МЕТОД ГАУССА–ЗЕЙДЕЛЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛАУ

А.Е. ВЕРХОТУРОВ (асп.), Г.И. ШПАКОВСКИЙ (к. физ.-мат. н.), БГУ

Рассматривается параллельная реализация метода Гаусса–Зейделя для решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Метод характеризуется строго последовательным определением последующих приближений корней СЛАУ. Параллельная реализация этого метода строится с целью переноса разработанных подходов на другие численные методы.

Для сходимости метода Гаусса–Зейделя требуется строгое диагональное преобладание матрицы А [1]. Для оптимизации работы программы преобразуем СЛАУ к виду

$$x_i^{k+1} = \sum_{j=1}^{i-1} c_{ij} x_j^{k+1} + \sum_{j=i+1}^m c_{ij} x_j^k + c_{i(n+1)}; i = \overline{1, n},$$

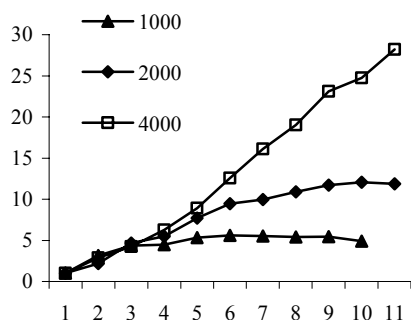


Рис. 1. Ускорение параллельной программы метода Гаусса–Зейделя для ВЦ ф-та РФИЭ БГУ

где C – приведённая расширенная матрица системы $n \times (n+1)$, последний столбец в которой – свободные члены, а диагональные элементы – единицы. Параллельный расчёт элементов x_i^{k+1} невозможен, но возможен параллельный расчёт сумм. Матрица распределяется по процессам горизонтальным сечением, и каждый процесс находит только свою часть элементов исходного вектора, рассылая её остальным процессам. Ускорение параллельной программы представлено на рис. 1. Тот факт, что ускорение для больших матриц превышает количество узлов вычислительного кластера, объясняется т.н. «эффектом кэша». При переходе к размерам матрицы 3000x3000, матрица не может быть целиком размещена в оперативной памяти и используется более медленная виртуальная память (используется жёсткий диск).

1 Мулярчик С. Г. Численное моделирование микрoeлектронных структур / Мн.: Университетское, 1989. – 368с

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО ПОТОЧНОГО КОДЕРА НА ОСНОВЕ ХАОТИЧЕСКОГО ШИФРОВАНИЯ

А. Г. ПОТАПЕНКО (студ.), Г. Ф. АСТАПЕНКО (ст. препод.), БГУ

При сетевой передаче конфиденциальных данных важно обеспечить их безопасность и целостность. Особенно это актуально для систем мобильной связи. Используемые в таких системах криптографические алгоритмы шифрования (блочные и поточные) должны быть быстродействующими и надёжными [1].

Целью работы является разработка эффективного кодера. Под эффективностью понимается высокое быстродействие при достаточной криптостойкости алгоритма.

Объектом исследования является хаотическое шифрование, например, полиморфное шифрование. В литературе также можно встретить термин «шифры на основе управляемых операций» [2].

Оценка криптостойкости производится в результате тестирования.

Свойства полиморфизма позволяют обеспечить адаптивную перестройку, что ведёт к некоторому усложнению алгоритма и повышению его криптостойкости, но без существенного уменьшения быстродействия.

- 1 Сборник работ 62-й научной конференции студентов и аспирантов Белгосуниверситета: В 3 ч. ч.1 – БГУ, 2005. –Стр. 163–166.
- 2 Криптография. Скоростные шифры./ Под ред. Молдовян – С-Пб, 2002.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ МЕТОД СОПРЯЖЕННЫХ ГРАДИЕНТОВ

А. М. ДЕЖУРКО (студ.), А. Е. ВЕРХОТУРОВ (асп.), БГУ

Метод сопряженных градиентов является численным методом решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Достоинством метода является скорость сходимости. Метод сопряженных градиентов является методом первого порядка, в то же время скорость его сходимости квадратична. Этим он выгодно отличается от обычных градиентных методов. При применении метода сопряженных градиентов, значительную часть времени занимает перемножение матрицы на вектор, умножение вектора на число, сложение векторов.

Таблица 1. Зависимость времени решения СЛАУ от числа процессов

Число процессов	Время, с	Ускорение
1	1,84	1,00
2	1,01	1,82
3	0,79	2,34
4	0,63	2,92
5	0,61	3,02
6	0,53	3,47
7	0,52	3,54
8	0,47	3,91

Очевидно, что эти задачи можно выполнять параллельно, используя многопроцессорные системы. Основной целью научной работы является поиск наилучшего способа распределения вычислений между процессами. Алгоритм метода сопряженных градиентов хорошо распараллеливается с помощью слоистого распределения данных, что было реализовано в стандарте MPI, на языке C++. Результаты тестирования алгоритма приведены ниже, в таблице 1. Распараллеливание метода сопряженных градиентов позволяет ускорить численное решения многих физических и математических задач.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В. В. ЖУК (студ.), А. Г. ХАЛАНСКИЙ (студ.), В. М. ЛУТКОВСКИЙ (ст. препод.), БГУ

Объектом исследований в данной работе являются программные средства (ПС) для моделирования нейронных сетей [1, 2]. Актуальность данной работы обусловлена тенденцией быстрого роста числа различных приложений, базирующихся на теории искусственных нейронных сетей (ИНС), наблюдаемой в течение последнего десятилетия. Например поисковая система *Google* по запросу *Neural network simulation OR software* находит более 10 000 источников. Среди них более 20 специализированных журналов, сайты сотен университетов и компаний, специализирующихся в этой области, а также сайты, предоставляющие систематизированные списки ссылок [3].

Целью исследований является анализ функциональных возможностей и тенденции развития программных средств, пользующихся наибольшим спросом. В результате проведенного анализа они классифицированы на три основные группы в зависимости от области применения.

Универсальные программные средства. Типичными представителями коммерческих ПС являются пакеты *Neuro Dimention*, *NeuroSolution* и ряд других.

Специализированные программные средства используются для построения систем управления, распознавания образов, технического анализа и других задач. Например, известны десятки ПС для анализа данных для финансовой области.

Образовательные (некоммерческие ПС) представлены на сайтах многих университетов. Среди них имеются Java – апплеты и онлайн-овые симуляторы-тренажеры.

Наряду с указанными основными классами можно выделить интегрированные системы, включающие элементы нейросетевой обработки данных.

Результаты данной работы показывают, что устойчивой тенденцией развития ИНС является их интегрирование в универсальные и специализированные пакеты для обработки данных. Подтверждением тому служат распространенные программные системы *Matlab*, *Statistica*, *HostMiner* и другие.

- 1 Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс / М.: Вильямс, 2005.
- 2 Valuru B. Rao. C++ Neural Networks and Fuzzy Logic / M&T Books, 1995.
- 3 <http://www.ccs.neu.edu/groups/honors>

РАЗРАБОТКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МЕТОДА МОНТЕ–КАРЛО ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТА В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Н. П. ДРАБОВИЧ (магист.), А. А. БЕЛЫЙ (к. техн.н.), БГУ

Решение задачи сопровождения объекта является востребованным в системах контроля доступа для поиска наилучшего изображения лица движущегося человека для идентификации, а также в системах автоматического управления транспортом, человеко-машинном интерфейсе, при распознавании жестов. В случае присутствия на видеозаписи нескольких движущихся объектов использование методов, вычисляющих покадровую разность, приводит к значительным ошибкам определения траектории. Перебор всевозможных регионов видеокadra для поиска является слишком ресурсоемким.

Цель работы состояла в разработке алгоритма, который позволил бы уменьшить количество анализируемых регионов видеокadra и увеличить устойчивость алгоритма сопровождения объекта. Для обнаружения и локализации использовалась гистограмма цветности изображения сопровождаемого объекта. Цвет анализировался в пространстве HSV, что обеспечило устойчивость алгоритма к съемке в условиях изменяющейся освещенности. Для каждого видеокadra производилась локализация объекта путем перебора небольшого количества прямоугольных регионов изображения. Полученные координаты региона представляли собой приблизительное расположение объекта.

Оценка истинных координат производилась с использованием последовательного метода Монте–Карло, так называемой частичной фильтрации (particle filtering). Этот метод успешно применяется для байесовского оценивания состояния нелинейной, негауссовской системы, являясь, таким образом, обобщением калмановской фильтрации. Под неизвестным параметром в случае сопровождения объекта выступает его истинное положение, оценка которого производится на основании координат, полученных при быстрой, но неточной локализации, модели измерения и нелинейной модели движения. В качестве параметра, характеризующего удачность случайной выборки использовался коэффициент Баттачария – степень совпадения гистограммы цветности изображения объекта и каждого из анализируемых регионов видеокadra.

Научная новизна работы заключается в том, что был предложен новый комбинированный подход к решению задачи сопровождения, позволяющий достигнуть быстрого и устойчивого слежения за объектом в системах видеонаблюдения. Создано программное обеспечение, реализующее предложенный метод и позволяющее использовать для захвата видео различные модели цифровых камер. Практическое применение разработанного программного обеспечения для видеонаблюдения позволит улучшить работу операторов подобных систем и может быть использовано для создания автоматических систем видеонаблюдения.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА БИОЛОГИЧЕСКИХ МИКРОЧИПОВ

Е. В. КАХАНОВИЧ (студ.), О. А. КОВАЛЕНКО (асп.), Н. Н. ЯЦКОВ (ст. препод.), БГУ

Биологические микрочипы являются одним из наиболее быстро развивающихся экспериментальных направлений современной биологии [1,2]. Эффективность биочипов обусловлена возможностью параллельного проведения огромного количества специфических реакций и взаимодействий молекул биополимеров (ДНК, белки, полисахариды) друг с другом и низкомолекулярными лигандами. Микроматрица позволяет производить мониторинг огромного числа параметров биологической системы в ходе лишь одного эксперимента. Количество данных, которые исследователь получает в ходе такого эксперимента настолько велико, что методы анализа, сортировки и классификации имеют первостепенное значение.

В данной работе рассмотрены методы статистического анализа биологических микроматриц, такие как иерархические и неиерархические методы кластерного анализа, методы многофакторного анализа, метод главных компонент. Особое внимание в работе уделяется факторному анализу, главной целью которого являются: сокращение числа переменных (редукция данных) и определение структуры взаимосвязей между переменными, т.е. классификация переменных.

Цель данной работы заключалась в разработке метода анализа главных компонент и в выполнении тестирования и анализа разработанного алгоритма на примере опубликованных экспериментальных данных. Уникальность метода главных компонент заключается в быстрой обработке большого количества биологической информации на отдельных элементах биочипа. Результаты нашего тестирования показали, что применение анализа главных компонент особенно оправдано при наличии дополнительной априорной информации об исследуемых характеристиках.

1. Мирзабеков А.Д. Биочипы в биологии и медицине XXI века / Вестник Российской Академии Наук. 2003. Т 73, № 5, с. 412
2. Phimister B., Going global / Nature Genetics. 1999. V. 21. P. 1–60.

АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

О. А. КОВАЛЕНКО (асп.), Н. Н. Яцков (ст. препод.), В. В. АПАНАСОВИЧ (д. физ-мат н.), БГУ

В последние десятилетие стремительное развитие экспериментальной базы открыло широкие возможности для получения большого количества информации в физике, химии, биологии, медицине. Перспективное направление анализа многомерных данных связано с развитием методологии включающей разработку новых методов и математических моделей параллельного анализа больших наборов связанных экспериментальных данных. В качестве универсальной, простой и достаточно точной модели практически для любой исследуемой системы, при выполнении ряда условий, можно принять имитационную модель на основе метода Монте–Карло.

В данной работе предложен новый подход для анализа многомерных данных с использованием методов имитационного моделирования и оптимизации. Тестирование разработанных алгоритмов многомерного анализа проведено на примере искусственно сгенерированных данных, имитирующих модельную систему переноса энергии электронного возбуждения в фотонной антенне на основе кристаллов цеолитов заполненных молекулярными красителями [1].

Результаты тестирования подтвердили предположение о том, что совместный анализ многомерных данных с использованием имитационного моделирования позволяет точнее оценить характеристики исследуемых сис-

тем, чем анализ наборов данных по отдельности. Исследованы три выражения построения совместного критерия для оценки качества моделирования многомерных данных. В большинстве тестов ошибка оценки параметров модельных систем не превышала 3 %. Предложенный подход может использоваться для изучения таких сложных молекулярных систем как пленок металло-порфиринов, фотонных антенн, различных молекулярных комплексов [2,3].

- 1 Minkowski C., Calzaferri G. Transport of Electronic Excitation Energy in Dye-Loaded Zeolite L // *Chimia*. 2005. Vol. 59. P. 88–93.
- 2 Skakun V.V., Hink M.A., Digris A.V., Engel R., Novikov E.G., Apanasovich V.V., Viser A.J. Global analysis of fluorescence fluctuation data // *Eur. Biophys. J.* 2005. Vol. 34(4). P.323–334.
- 3 Donker H., van Hoek A., van Schaik W., Koehorst R.B.M., Yatskou M.M., Schaafsma T.J. Spectroscopy and Photophysics of Self-Organized Zinc Porphyrin Nanolayers. 2. Transport Properties of Singlet Excitation// *Journal of Physical Chemistry B*. 2005. Vol. 109(36). P. 17038–17046.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

А. В. ЛАЗОВСКИЙ (студ.), А. Н. ПОДВИТЕЛЬСКИЙ (студ.), В. М. ЛУТКОВСКИЙ (ст. препод.), БГУ

Задачи управления возникают практически во всех областях науки и техники, причем алгоритмы управления усложняются по мере увеличения сложности и размеров систем.

Объектом исследований в данной работе является система управления движением автомобиля на автостраде, представляющая собой сложный комплекс многофункциональных блоков (для управления трансмиссией, управления тормозной системой, обеспечения устойчивости и управляемости).

Применение нечеткой логики позволяют на качественном уровне описать поведение объекта управления и цели управления с помощью набора лингвистических переменных, что значительно упрощает процесс создания базы продукционных правил и нахождения эффективного алгоритма управления [1, 2].

При движении в потоке автомобилей водитель не всегда правильно и своевременно реагирует на изменение ситуации на трассе, поэтому в качестве эффективных средств обеспечения безопасности движения рассмотрены подсистемы анализа источников звуковых сигналов и оповещения водителя о достижении критических режимов движения автомобиля.

Моделирование системы управления автомобилем выполняется в различных скоростных интервалах с учетом изменения динамических характеристик автомобиля во время движения с целью нахождения более эффективных алгоритмов управления и обеспечения безопасности движения. Строгое аналитическое моделирование рассматриваемой системы крайне затруднительно, поэтому в работе используется методы имитационного моделирования в системе MATLAB 7.0.

В процессе исследований создана эффективная многопараметрическая модель транспортного средства, описывающая основные закономерности и особенности движения автомобиля. На базе предложенной физической модели транспортного средства спроектирована адаптивная система нечеткого управления с применением нейросетевых алгоритмов для автоматической коррекции параметров регулятора, а также разработаны алгоритмы разделения источников в подсистеме анализа звуковых сигналов.

- 1 Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс / М.: Вильямс, 2005.
- 2 Valuru B. Rao. C++ Neural Networks and Fuzzy Logic / M&T .Books, 1995.

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК В ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЯХ

П. В. МИЛЬКЕВИЧ (студ.), В. М. ЛУТКОВСКИЙ (ст. препод.), БГУ

В последние годы число информационных атак, зафиксированных в информационно-коммуникационных системах (ИКС), неуклонно увеличивается. Например только в период с 1998 по 1999 год это число увеличилось вдвое. Это является следствием роста количества уязвимостей, ежедневно обнаруживаемых в программно-аппаратном обеспечении ИКС. Кроме того возросло и количество возможных объектов атаки. Если совсем недавно в качестве основных объектов несанкционированного воздействия рассматривались исключительно серверы стандартных Web-служб (HTTP, SMTP и FTP), то теперь появились средства для атак на маршрутизаторы, коммутаторы, межсетевые экраны и другие компоненты ИКС.

Целью данной работы является обзор архитектуры и принципов построения систем обнаружения атак (СОА), а также сравнительный анализ ряда некоммерческих систем обнаружения атак на компьютерные системы и сети. Объектом исследований являются устройство и функциональные возможности систем обнаружения атак. В качестве примера анализируется система обнаружения атак SNORT и её распределённая модификация SnortNET [1].

Сравнительный анализ СОА проведен по определенному набору критериев, который разработан специально для сравнения и оценки качественных характеристик СОА : 1) класс обнаруживаемых атак, 2) уровень наблюдения за системой, 3) используемый метод обнаружения, 4) адаптивность к неизвестным атакам, 5) формирование ответной реакции на атаку, 6) защищённость, 7) управление, 8) архитектура, 9) расширяемость.

Полученные результаты и выводы позволяют сделать выбор типа системы обнаружения атак и определить границы её применимости. Также определены приоритетные пути развития данных систем, такие как, например, повышение распределённости, адаптации к неизвестным атакам вместо экспертной поддержки, а также усовершенствование собственной защиты СОА.

Роль СОА для обеспечения информационной безопасности неуклонно возрастает, а их стоимость и затраты на эксплуатацию для коммерческих СОА очень велика и продолжает расти. Учитывая рост популярности открытого программного обеспечения и его существенно более низкую, по сравнению с коммерческим программным обеспечением, стоимость, представляется, что роль некоммерческих СОА будет расти еще быстрее.

1 Касперски Крис. Техника и философия хакерских атак / М.: Солон-Р, 1999.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А. Н. СИДОРЕВИЧ (студ.), В. М. ЛУТКОВСКИЙ (ст. препода.), БГУ

Проблема компьютерного пиратства наиболее остро возникает в сфере коммерческого программного обеспечения (ПО). Необходимость использования систем защиты ПО обусловлена рядом проблем, среди которых следует выделить: незаконное использование алгоритмов, являющихся интеллектуальной собственностью автора, при написании аналогов продукта (промышленный шпионаж); несанкционированное использование ПО (кража и копирование); несанкционированная модификация ПО с целью внедрения программных злоупотреблений; незаконное распространение и сбыт ПО (пиратство).

В ходе работы основной интерес уделялся программным методам защиты ПО, как наиболее популярным средством борьбы с нелегальным распространением коммерческих программных продуктов.

Самый распространенный метод активации программного продукта – использование в качестве ключа имя пользователя и регистрационный код, высылаемый после внесения оплаты. Можно разделить защиты по типу ключа на статические и динамические. В первом случае любая копия программы активизируется одним и тем же ключом. Во втором – правильный регистрационный код находится в некоторой зависимости от имени пользователя или параметров его компьютера, операционной системы (привязка к оборудованию). Практика показывает, что наиболее уязвимые места защит подобного рода – это участки кода, отвечающие за проверку ключа. Самым надежным методом тут является расчет хеш-функции от значения ключа и сверка с эталоном, при условии, что значение ключа будет использовано, например, на этапе дешифрации некоторого участка кода или данных программы. Анализ показал, что в подавляющем большинстве программ защитные функции могут быть отключены заменой одного или двух байт (патчинг), причем модификация может быть как статическая так и динамическая во время выполнения программы. Причиной тому служит неспособность большинства защитных механизмов к самомаскировке, что облегчает поиск и дезактивацию защитного кода.

С точки зрения надежности защиты хорошо себя показали криптографические методы. Специфика защиты ПО состоит в разделении доступа к функциональности программы между зарегистрированными и незарегистрированными пользователями. При помощи одних лишь программных средств невозможно создать идеальную систему защиты. Для очень дорогих коммерческих продуктов необходимо использование аппаратных средств. Однако стоит помнить, что стоимость реализации защиты не должна во много раз превышать затраты на создание программы.

1 Касперски Крис. Техника и философия хакерских атак / М.: Солон-Р, 1999.

2 Ховард М., Лебланк Д. Защищенный код / М.: Русская редакция, 2004.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА С РАСШИРЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ (SMARTPHONE)

А. В. СТОЛЯРОВ (студ.), И. П. СТЕЦКО (к. техн. н.), БГУ

В настоящее время электрокардиография является наиболее точным инструментальным методом изучения сердечной деятельности и обследования пациентов. Электрокардиограмма (ЭКГ) предоставляет обширную информацию о различных сторонах работы сердца. Существует множество технических реализаций электрокардиографов. Одна из них – так называемый «холтеровский кардиомонитор», который предназначен для больных с периодически появляющейся стенокардией или аритмиями сердца. В этом случае нарушения нормального ритма работы сердца и соответствующие изменения на ЭКГ проявляются не во время обращения к врачу, а непредсказуемо. Однако такие устройства являются относительно дорогостоящими и выполняют только функцию монитора.

Целью настоящей работы является разработка портативного и дешевого устройства, способного не только осуществлять функции мониторинга работы сердца, но и обеспечивать удаленное наблюдение за пациентом.

В работе использованы методики регистрации, анализа и диагностики ряда сердечных заболеваний (гипертрофия и дистрофия миокарда, инфаркт миокарда, коронарная недостаточность и др.), которые основываются на математической обработке цифровых данных, поступающих от устройства измерения кардиосигналов. [1]

Разработано недорогое портативное устройство кардиомониторинга на основе мобильного телефона класса Smartphone, которое позволяет не только наблюдать работу сердца и регистрировать его состояние на ЭКГ, но и автоматически осуществлять звонки по заданным номерам, предупреждая родственников или медицинский персонал о нестабильной работе сердца или начавшихся приступах, обеспечивая при этом определение примерного местоположения пациента. В разработанном устройстве для анализа ЭКГ используются вычислительные мощности процессора мобильного телефона. В частности, выполняется цифровая обработка кардиосигналов для конечной фильтрации, определении частоты сокращения сердечной мышцы, определения периода полного рабочего цикла сердца и др.

1 Тумановский М. Н., Бородулин Ю. Д., Никитин А. В., Фуки В. Б. «Практическое руководство по электрокардиографии»

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В ОАО «ГРОДНО–АЗОТ»

Е. В. ХОМИЧ (асп.), В. А. САЕЧНИКОВ (д. физ.-мат н.), БГУ

Для достижения максимальной эффективности действий дежурно-диспетчерской службы предприятий по организации аварийно-спасательных работ при угрозе или возникновении аварий на опасных производствах концерн «БелНеfteХим» поставил задачу разработки автоматизированной системы раннего обнаружения и оповещения (АСРОО) о чрезвычайных ситуациях, возможных на дочернем предприятии концерна ОАО «Гродно–Азот».

Система обеспечивает:

- работу в дежурном режиме ожидания с автоматическим контролем состояния технологической установки (двух изотермических хранилищ аммиака) и метеоусловий на объекте, постоянное отображение на экране монитора технологической схемы наблюдаемого опасного производственного объекта с показом в масштабе реального времени значений контрольных технологических параметров;
- ведение баз данных различной направленности;
- автоматический и ручной ввод и обработку оперативной информации об аварии;
- реальную оценку количества выброса сильнодействующих ядовитых веществ;
- автоматическое осуществление уточненного прогнозирования возможной обстановки при изменении метеоусловий. Наложение результатов прогноза на электронную карту;
- формирование с учетом складывающейся обстановки последовательности действий системы и непосредственно диспетчера.

Результаты:

- Разработан и внедрен как автономный расчетный модуль для аварий с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ, воспламенением (взрывом) горючих жидкостей и легко воспламеняющихся жидкостей на все предприятия концерна.
- Расчетный модуль интегрирован в АСРОО.
- Отрабатываются дежурный и аварийный режимы работы АСРОО.
- Подготовлена картографическая основа предприятия и прилегающих территорий.

Перспективы:

- Разработка учебного режима работы.
- Внедрение всей системы на все предприятия концерна «БелНеfteХим».

ПОСТРОЕНИЕ КОНТЕКСТНО-СВОБОДНОГО СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА

Е. В. ЛАЗАРЕВИЧ (магист.), Л. И. МИНЧЕНКО (д. физ.-мат н.), БГУИР

В процессе разработки любой программы, ядром является язык управления системой, язык запросов к базе данных, язык программирования и соответствующий языковый процессор, переводящий требования, записанные на исходном языке в выполнимый или интерпретируемый код конкретного языкового процессора.

В настоящее время искусственные языки, использующие для описания предметной области текстовое представление, широко применяются не только в программировании, но и в других областях. С их помощью описывается структура всевозможных документов, трехмерных виртуальных миров, графических интерфейсов пользователя и многих других объектов, используемых в моделях и в реальном мире. Для того чтобы эти текстовые описания были корректно составлены, а затем правильно распознаны и интерпретированы, используются специальные методы их анализа и преобразования. В основе методов лежит теория языков и формальных грамматик, а также теория автоматов.

Несмотря на то, что к настоящему времени разработаны тысячи различных языков и их трансляторов, процесс создания новых приложений в этой области не прекращается. Это связано как с развитием технологии производства вычислительных систем, так и с необходимостью решения все более сложных прикладных задач. Кроме того, элементы теории языков и формальных грамматик применимы и в других разнообразных областях, например, при описании структур данных, файлов, изображений, представленных не в текстовом, а двоичном формате. Эти методы полезны и при разработке своих трансляторов даже там, где уже имеются соответствующие аналоги. Такая разработка может быть обусловлена различными причинами, в частности, функциональными ограничениями, отсутствием локализации, низкой эффективностью.

Разрабатываемая система синтаксического анализа языков программирования на основе определения их грамматик будет соответствовать последним тенденциям развития информационных технологий. Система будет достаточно гибкой, легко модифицируемой и расширяемой. Все изменения связанные с модификацией структуры входного языка, не требуют корректировки исходного кода системы, что существенно снижает трудозатраты и повышает эффективность программного комплекса.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИСХОДНОГО КОДА ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

В. Л. ЛАЗАРЕВИЧ (магист.), Л. И. МИНЧЕНКО (д. физ-мат н.), БГУИР

Под оптимизацией понимают последовательность эквивалентных преобразований исходной программы, повышающих её качество. Как набор, так и порядок выполнения этих преобразований зависят от того, что считается качеством программы. Это могут быть, например, среднее время работы, объем кода и т.д. Эффективность оптимизации также зависит от отношения эквивалентности и от размера участка экономии, на котором эта оптимизация проводится. За счет оптимизации невозможно добиться существенного улучшения алгоритма программы, можно только говорить об улучшении реализации этого алгоритма. В удачных случаях оптимизация может ускорить программу в несколько раз. Полезность проведения оптимизации обусловлена следующими причинами:

- Распространением языков сверхвысокого уровня, языков спецификации и систем проектирования. Как правило, подобные системы порождают программы на некотором языке высокого уровня. В этом случае оптимизация может нейтрализовать избыточность такого порождения, приблизив качество сгенерированной программы к ручному программированию.
- Необходимостью поддержки и сопровождения готовой программы. Такие требования зачастую приводят к тому, что программисты используют не самые эффективные решения в целях улучшения наглядности или легкости сопровождения программ (очень часто соображения эффективности и сопровождаемости противоречат друг другу). В то же время недостатки эффективности могут быть в конечном итоге исправлены оптимизатором.
- Усилением контроля семантических ошибок. Такие ошибки требуют специального анализа исходной программы, который может являться побочным результатом действий оптимизатора.

Разрабатываемая система будет выполнять оптимизацию исходного кода программ на языке C#, который является одним из самых востребованных на рынке разработки ПО, что подтверждает актуальность разработки системы. Система будет достаточно гибкой, легко модифицируемой и расширяемой. Правила оптимизации исходного кода задаются извне и любые их изменения не требуют корректировки исходного кода системы, что существенно снижает трудозатраты и повышает эффективность системы.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РИЭЛТЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О. В. РАЗДЕЛОВСКИЙ (магист.), БГУИР

В последнее время существенно возросла актуальность компьютерных сетей. В офисах организаций компьютеры объединяются в локальные сети, подключенные к Internet. Для домашних подключений к сети Интернет все чаще используются стационарные кабели и модемы DSL. Такие перспективы открывают огромные возможности для новаторства. Создаются новые классы приложений, позволяющие пользоваться постоянными высокоскоростными соединениями. Поскольку сетевые технологии проникают во все области человеческой деятельности, это способствует развитию обычных приложений. Вследствие этих процессов, создание эффективных систем управления актуальными базами данных, размещенных в сети Интернет, представляет собой актуальную задачу и позволяет добиться существенного экономического эффекта благодаря возможности организации массового доступа к информации и автоматизации ее обработки.

Еще несколько лет назад в риэлтерских организациях города Минска не было универсального программного продукта, который позволил бы в удобном виде хранить и обрабатывать информацию о спросе и предложениях на рынке недвижимости. Целью данного исследования является разработка технологии для эффективной обработки и представления информации в сфере недвижимости на базе существующих в настоящее время Интернет-технологий.

Практическим результатом проводимых в рамках заявленной темы исследований стало создание уникального, не имеющего конкурентных аналогов программного комплекса для работы с информацией в сфере недвижимости, который на данный момент успешно применяется в большинстве риэлтерских организаций г. Минска.

При проведении исследования актуальных технологий использовались следующие источники:

- 1 *Дмитрий Котеров, Алексей Костарев / «PHP 5», изд-во «БХВ-Петербург», Санкт-Петербург, 2005;*
- 2 *Том Кристиансен, Натан Торкингтон / «Perl. Сборник рецептов для профессионалов. 2-е издание», изд-во «Питер», Санкт-Петербург, 2004;*
- 3 *А. Матросов, В. Чаунин / Perl. Программирование на языке высокого уровня. Изд. «Питер», Санкт-Петербург, 2003;*
- 4 *Александр Фролов, Григорий Фролов / «Практика применения Perl, PHP, Apache и MySQL для активных Web-сайтов», изд-во «Русская Редакция», Москва, 2002;*
- 5 *Поль Дюбуа / «Применение MySQL и Perl в Web-приложениях», изд-во «Вильямс», Москва, 2002;*
- 6 *Л. Атkinson / MySQL. Библиотека профессионала. Издательский дом «Вильямс», Москва, 2002.*
- 7 *Линкольн Д. Штайн / Разработка сетевых программ на Perl. Издательский дом «Вильямс», Москва, 2001.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕКТНОСТИ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ NP-СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ

М. С. ОСТАПЕНКО (магист.), А. В. БОРЗЕНКОВ (к. физ-мат н.), БГУИР

В теории вычислительной сложности алгоритмов существует класс NP-сложных задач (задачи коммивояжера, раскраски графа, выполнимости и др.). Уникальность этих задач заключается в том, что для них до сих пор не найдено быстрых, полиномиальных алгоритмов и в то же время не доказана невозможность создания таковых. Данная неразрешенность и большая практическая значимость этих задач привела к появлению огромного количества публикаций, предлагающих полиномиальные решения. Однако в связи с тем, что число экспертов в данной области весьма ограничено, оказывается, что проходящие рецензию решения являются не корректными. Таким образом, существует проблема верификации правильности полиномиальных алгоритмов NP-сложных задач (в дальнейшем алгоритмов). Целью данной работы является выработка ряда критериев для определения корректности алгоритмов. Объектом исследования становится описание алгоритма.

Сложность проблемы верификации алгоритмов кроется в сложности задачи, которую они решают. Хотя многие описания алгоритмов содержат их формальный непротиворечивый вывод, этого оказывается не достаточно. Исследование ряда публикаций показало, что представленные в них алгоритмы либо решают NP-сложную задачу за экспоненциальное, а не полиномиальное время, либо решают не NP-сложную задачу, а ее преобразование в P-сложную задачу, не решая, однако, задачи преобразования. В итоге данные алгоритмы, являясь абсолютно корректными с точки зрения логического вывода, оказываются не корректными с точки зрения решаемой задачи.

После такого осмысления проблемы становится возможным введение критериев корректности и алгоритма верификации. К критериям корректности следует отнести наличие решения именно NP-сложной задачи и полиномиальную сложность данного решения. Для удовлетворения первого критерия необходимо наличие решения NP-сложной задачи в ее классической, общепризнанной постановке или наличие алгоритмов, реализующих все преобразования этой задачи. Для удовлетворения второго критерия необходимо, чтобы в алгоритме выполнялся закон сохранения количества операций от пространства задачи. Во всех исследованных алгоритмах пространство задачи остается экспоненциальным, и меняются лишь методы и порядок обхода этого пространства, а, как известно, от перемены мест слагаемых сумма не изменяется.

Результатом данной работы являются два простых критерия, помогающих определить корректность очень сложных алгоритмов. На практике применение данных критериев позволяет судить о правильности алгоритма уже после обзорного ознакомления с ним, то есть до углубления в тонкости формального вывода. Это позволяет существенно уменьшить время, затрачиваемое на анализ алгоритма.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ВЕКТОРИЗАЦИИ

М. В. СТЕРЖАНОВ (студ.), С. М. СТАХОВСКИЙ (асп.), Л. И. МИНЧЕНКО (д физ-мат н.), БГУИР

Основной задачей нашего исследования является получение алгоритмов для векторизации изображений. Исходными данными является растровое изображение (например, в формате BMP), из которого необходимо получить набор линий и дуг, соответствующий пикселям исходного изображения. В дальнейшем полученное векторное изображение может быть обработано в векторном редакторе, а также использовано в электронном инженерном документообороте, при разработке проектов в САПР и ГИС.

Одна из проблем, возникающих при векторизации – не всегда достаточно высокое качество исходных изображений. Это порождает большое число различных шумов, например, лишние точки или размытые области. Для повышения качества результата мы проводим предобработку исходной растровой картинку. Также может быть проведена постобработка линий.

В предобработку мы включили следующие операции: повороты изображения на произвольный угол; инвертирование точек; выбор части изображения; изменение размеров; выбор порога яркости; удаление частей изображения; рисование пикселей при помощи карандаша; заполнение дыр в сплошных черных областях; очистка случайных одиночных черных пикселей; изменение разрешения картинки; контуризация.

После предобработки происходит векторизация изображения, и затем пользователь может воспользоваться функциями постобработки для дальнейшего уменьшения шумов:

- горизонтализация – все линии преобразуются в горизонтальные либо в вертикальные (например, при работе со строительными чертежами);
- объединение линий – все линии, находящиеся ближе заданного расстояния друг от друга и под близкими углами, будут объединены в одну;
- объединение концов линий – если концы линий находятся друг от друга ближе заданного расстояния – то эти концы будут совмещены.

Указанные операции, а также широкий выбор параметров алгоритма распознавания, позволяют добиться очень высокого качества векторизации. Также возможно совмещение операций в последовательность действий – цепочка операций с указанными параметрами выполнится заданное число раз.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ СУБД ORACLE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНЫХ БИБЛИОТЕК И БИБЛИОТЕК ПОДПРОГРАММ

А. А. НАВРОЗОВ (магист.), БГУИР

Представленная работа относится к быстро развивающейся области информационных систем и баз данных. При современном уровне информационной насыщенности, хранение, обработка и отображение данных является актуальной тематикой. Трудность разработки прикладных программ заключается в необходимости создания четкой структуры, а так же организации взаимодействия всех модулей приложения. Для этих целей существует пакеты средств разработки и ряд методов проектирования приложений.

Конечной целью работы служит создание технологии, позволяющей уменьшить затраты на проектирование приложений. Для этого будут созданы логические структуры взаимодействия объектов, созданы хранимые и объектные библиотеки, разработаны библиотеки подпрограмм, спроектированы модули меню, создана технология проектирования приложений СУБД Oracle.

Объектом исследования является технология создания и проектирования приложений баз данных. Для этих целей будут рассматриваться преимущества средств разработки приложений СУБД Oracle. За основу будет взята возможность создания хранимых библиотек и библиотек подпрограмм, возможности создания программных пакетов на PL/SQL и Java. Исследованы этапы проектирования приложений баз данных. Изучена возможность обеспечения заданной функциональности и внешнего вида элементов интерфейса.

В данной работе будут применены возможности программирования, управляемого событиями. Будет сделан обзор методик конструирования приложений, с применением модулей форм, меню, программных библиотек, объектных библиотек, будут разработаны обработчики событий – триггеры. Отдельно необходимо рассмотреть создание модулей и объектов на основе возможности наследования свойств.

Новизна работы заключается в создании технология проектирования приложений баз данных с использованием средств СУБД Oracle, разработке собственной объектной библиотеки и библиотеки подпрограмм. Организации моделей взаимодействия объектов, изучении принципов построения приложений баз данных. Данная технология применима для проектирования приложений различного масштаба и сложности. Технология совершенствуема и расширяема за счет добавления новых библиотек компонентов, за счет добавления новых подпрограмм, обработчиков событий и логических структур.

ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОЛИГРАФИИ

В. А. ПИСАНКО (магист.), С. И. СИРОТКО (к. физ-мат н.), БГУИР

Доклад посвящен актуальной проблеме создания корпоративной информационной системы управления предприятием (ИСУП, КИС). Рассматриваются цели и задачи ИСУП, требования к ней, основные этапы построения и оценка эффективности внедрения. Также приводится краткий обзор рынка КИС в Беларуси. Цель представленной работы – рассмотрение научных оснований построения ИСУП, исследование КИС производства стран СНГ и дальнего зарубежья, представленных на рынке ERP систем в Республике Беларусь применительно к задаче автоматизации УП «Бумажная фабрика» Гознака.

Задача построения ИСУП не нова, но особенности самих предприятий – объектов автоматизации, а также разнообразие целей автоматизации, технологий и средств проектирования, методологий ведения проектов требует индивидуального подхода к ее решению. Отличительной чертой рассматриваемого предприятия является внедрение на нем управленческого учета и бюджетирования, что подразумевает изменение философии ведения бизнеса: процессный подход к управлению, при этом на предприятии уже внедрена система менеджмента качества. Следовательно, требуется и качественно новый уровень автоматизации: ИСУП должна не только автоматизировать рутинные функции управления, но и анализировать входящую оперативную информацию и проводить анализ работы предприятия в режиме реального времени, что позволит топ-менеджерам принимать оптимальные управленческие решения. В связи с этим интерес представляют системы стандарта ERP – класса ABIS (Activity Based Information System), которые только начинают востребоваться белорусскими предприятиями.

Объектами исследования являются бизнес-процессы предприятия, стратегические цели развития предприятия, предлагаемые решения на базе ERP-систем. В ходе его использовалась имеющаяся на предприятии информация о сферах бизнеса, целях развития фабрики, а также учитывались существующие инфраструктура и средства автоматизации. Была изучена теоретическая база построения ИСУП, проведено заочное и очное исследование предлагаемых на рынке ИСУП, включая интервью с пользователями внедренных систем.

Данное исследование является необходимой частью построения КИС на УП «Бумажная фабрика» Гознака и носит практический характер. Ее внедрение позволит организовать управленческий учет, что вкупе с новым уровнем автоматизации даст значительную финансовую отдачу. Кроме того, опыт автоматизации управленческого учета на крупном промышленном предприятии будет одним из первых в Беларуси и сможет служить основой для дальнейших научных исследований и работ в сфере экономики и информационных технологий.

ОБЗОР НЕДОСТАТКОВ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ, И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИХ ЛИКВИДАЦИИ

Л. И. ШАГИЕВА (студ.), П. А. ВЕЙНИК (асп.), БГУИР

На сегодняшний день обучение через Web является актуальной областью исследований и разработок. Однако большинство из существующих приложений для обучения являются сетью статичных гипертекстовых страниц. Их основные недостатки:

- трудно модифицировать уже разработанные компоненты;
- проблемы с повторным использованием компонентов;
- проблематично модифицировать структуру учебного курса;
- существующие системы ориентированы в основном на представлении лекционного материала;
- нет адаптации к уровню знаний обучаемого.

Целесообразно при проектировании системы обучения отказаться от указанного выше подхода. Более перспективным для создания передовых образовательных приложений представляется использование таких технологий, которые позволят улучшить интерактивность и адаптивность. В качестве основных путей обеспечения этого могут быть названы следующие:

1.Разделение потока данных и потока управления в системе. Предполагается отказ от жесткой привязки как самих учебных элементов, так и связей (ссылок) к HTML-страницам. Необходима такая организация системы, при которой структура курса хранится отдельно от мультимедиа материала, возможно их независимое проектирование и модификация. Предлагаемая концепция системы обеспечивает такое разделение за счет введения объектов-понятий и фреймов.

2.Динамическая генерация HTML-страниц. Данная концепция системы предполагает возможность динамической генерации Web-страниц путем загрузки необходимого шаблона страницы из базы шаблонов и подстановки в него мультимедиа компонентов.

Адаптивные технологии могут способствовать исследованиям и разработкам в различных направлениях обучающих Web-систем: информационно-справочных, контролирующих, тренажерах, экспертно-обучающих. Предложенные подходы позволяют повысить гибкость системы, служить базой для различных видов совместной адаптации и могут в значительной степени упростить и модернизировать учебный процесс.

АЛГОРИТМЫ И КЛАССЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗМЕТКИ ДОКУМЕНТОВ

М. В. СТЕРЖАНОВ(студ.), Е. А. КАРАСИК(ассист.), БГУИР

Настоящее состояние языков и программных средств для позиционирования элементов документа и разметки документов в целом не в должной степени удовлетворяет некоторым частным задачам, например, построению системы визуализации данных. Документ, размеченный с помощью декларативного языка, зависит от способа его интерпретации анализатором, что приносит нежелательные результаты при выводе на устройство с заранее неизвестным разрешением.

В результате была создана собственная система программной разметки документа, основанная на таблицах. Каждый структурный элемент документа ассоциируется с ячейкой таблицы, таблицы являются иерархически вложенными. Это позволяет работать с документами сколь угодно сложными, дает возможность повторного использования документа или отдельных его частей. Размеры ассоциированных с ячейкой объектов при генерации документа могут быть неизвестными, меняться в ходе работы пользователя с документом. Ячейки таблицы имеют заданные границы размеров – минимальные и максимальные, следовательно, можно растягивать и сужать документ до определенных пределов.

При разметке отдельной ячейки пользователю предоставляются возможности указать: общую область ячейки, поля, толщину линий для отрисовки, шрифт. Позиционирование объектов осуществляется с помощью выравнивания внутри ячейки.

Расчет документа производится в двух режимах: получении минимально допустимого размера документа и размещении последнего в заданной области.

В рамках представляемой работы был разработан модуль, обеспечивающий настройку форм для проектов под Visual C++ 6.0. Реализованный модуль предоставляется в виде исходного кода и является легко модифицируемым, что позволяет использовать его в различных проектах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ J2EE (JAVA SECOND ENTERPRISE EDITION) КАК СТАНДАРТА ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МНОГОУРОВНЕВЫХ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ B2B ТОРГОВОЙ ПЛОЩАДКИ)

Д. В. ГОРЯЧКО (магистр.), А. В. БОРЗЕНКОВ (к. физ-мат н.), БГУИР

За последнее десятилетие Internet из средства общения превратился в мощнейший инструмент ведения бизнеса. Наиболее приоритетное направление занимает электронная коммерция, уже сейчас позволяющая осуществлять торговлю на всех возможных уровнях, включая электронные магазины и порталы, нацеленные на конечного потребителя (B2C, business-to-customers), предназначенные для корпоративных покупателей (B2B, business-to-business), интегрирующие онлайн-биржи (E2E, exchange-to-exchange). Особое значение в дан-

ной ситуации имеют средства, платформы и стандарты, на основании которых осуществляется построение торговых площадок в Internet. Следует отметить также требования, выдвигающиеся электронным бизнесом к своему инструментарию. Сюда отнесем следующие понятия. Масштабируемость – способность системы увеличивать пропускную нагрузку, расширяться за счет увеличения количества взаимосвязей между подсистемами, самой являться звеном в более сложном бизнес-процессе. Реентерабельность – способность информационной системы или ее модулей быть использованными повторно в ходе изменения структуры или создания новой информационной системы. Распределенность – способность подсистем системы быть распределенными в сети Internet (сюда также входят требования, связанные с коммуникацией подсистем друг с другом). Многоуровневость – возможность представления системы в виде нескольких уровней, на каждом из которых происходят специфические процессы и вычисления (в понятие уровня могут входить транспортный, уровень бизнес-логики, уровень хранения данных, уровень представления данных и т.д.). Естественно, при наличии большого количества разнообразных требований, необходим некий унифицированный стандарт построения подобных систем с целью ускорения процесса разработки программного продукта, повышения качества и совместимости с другими решениями, повышения уровне повторного использования подсистем сложных информационных систем. На данный момент одним из основных лидеров на рынке построения крупных, масштабируемых Internet-порталов, в том числе и торговых площадок, является технология J2EE (Java Second Enterprise Edition), основанная на языке программирования Java. Учитывая требования к создаваемому решению, а также специфику создания торговых площадок, были применены некоторые составляющие J2EE: EJB (Enterprise JavaBeans), стандарт JDBC (Java Database Connectivity), стандарты Java Servlet, JavaServer Pages, стандарт JNDI (Java Naming and Directory Interface), стандарт Java API for XML Processing, JAAS (Java Authentication and Authorization Service). В ходе проделанной работы платформа J2EE подтвердила свои возможности в качестве основы для построения распределенных, многоуровневых, сложных информационных систем, в том числе, предназначенных для ведения электронной коммерции. Построенная торговая площадка отвечает всем требованиям Internet-бизнеса, выигрывая за счет скорости разработки, качества продукта и масштабируемости. Автор доклада заключает, что создание B2B информационных систем является актуальной тематикой развития вычислительных систем.

ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ. МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ INTERNET-РЕСУРСОВ

Н. В. РУЧАНОВА (магист.), С. И. СИРОТКО (к. физ-мат н.), БГУИР

В связи с гигантским ростом объемов информации, находящейся в сети Internet, важно понимать, что создание сайта как программного средства — лишь первая ступень на пути к эффективному и коммерчески оправданному функционированию ресурса. Не менее важной работой является, в частности, оптимизация страниц ресурса под поисковые системы и продвижение ресурса в целом.

Целью моей работы является создание и обоснование методик, позволяющих оптимизировать обработку Internet-ресурсов поисковыми системами, при этом, разумеется, не прибегая к некорректным методам так называемой «накрутки рейтинга».

Объектом исследования здесь выступают как сами поисковые системы, которые мы можем рассматривать как «черный ящик» и делать выводы относительно их внутренних алгоритмов на базе серий экспериментов, так и непосредственно ресурсы, нуждающиеся в оптимизации.

Особенность продвижения сайтов заключается в том, что уже на этапе разработки ресурсов необходимо учитывать ряд факторов, таких как выбор доменного имени, заносимые в метатэги данные, ключевые слова, способы навигации и структура сайта. Выбор оптимального сочетания параметров данных факторов является нетривиальной задачей, равно как и решение об использовании тех или иных технических средств, систем динамического обновления, а также набор требований, предъявляемые к дизайну ресурса. Так как обычно заранее не известно, в какой поисковой системе пользователь будет производить выборку, необходимо учитывать особенности работы если не всех, то хотя бы наиболее популярных из них. Увеличение индекса цитируемости сайта невозможно без увеличения ссылочной популярности, однако простое создание большого количества ссылок на сайт без учета релевантности ссылающихся страниц не приводит к необходимому эффекту, более того, это может снизить реальную величину индекса. В настоящее время автор работает над созданием отраслевого портала республиканского значения, а также, используя накопленные знания, над продвижением ранее созданных сайтов, и результаты исследования взаимодействия с поисковыми системами имеют самое непосредственное отношение к этим работам.

Практическое применение результатов работы вытекает из огромных потребностей рынка электронной коммерции по продвижению ресурсов в условиях жесткой конкуренции. Учет множества внешних и внутренних факторов ранжирования в совокупности с маркетинговыми приемами подачи и продвижения информации дает основание рассчитывать на практический результат, выражающийся в повышении экономической эффективности Internet-ресурса.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УЧЕБНЫХ ТЕКСТОВ. ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА

М. М. КОСОВА (асп.), М. А. ЗИЛЬБЕРГЛЕЙТ (д. х. н.), БГТУ

Ранее нами были рассмотрены проблемы и достижения читабельности текстов в историческом аспекте. Было показано, что научные исследования по читабельности (сложности восприятия) текста начались в конце 19 – начале 20 вв. в США. Число работ, связанных с этой проблемой, на сегодняшний день составляет более 200 для более чем 13 языков мира. В тоже время проблемы русскоязычных текстов в нашей стране практически не затрагивались.

В настоящее время нами разработан комплекс мощного программного обеспечения, позволяющего проводить статистическую обработку любых текстов на русском языке.

В данной статье сделана попытка провести описательный статистический анализ учебных текстов по физике для учащихся средних школ 7, 8, 10, 11 классов.

В качестве исследуемых параметров были изучены: средняя длина абзаца в предложениях, средняя длина слов в слогах и буквах, процент односложных слов, процент слов в 2 (3, 4, 5, 6, 8 и 9) слога, процент слов в 1 (2, 3, 4..18) букву, средняя длина предложения в словах и слогах и другие — (всего рассмотрено 55 параметров).

Были вычислены и проанализированы следующие статистические показатели текста: среднее арифметическое ($\bar{X}$), квадратичное отклонение (σ), дисперсия (σ^2), доверительный интервал ($p(\min)$, $p(\max)$), коэффициент асимметрии, эксцесс, коэффициент вариации (V). Все статистические показатели были определены для материалов по классам, а также для всех учебников. Ниже приведен пример по некоторым из исследуемых характеристик (см табл.).

Таблица Описательная статистика учебных материалов по физике

Параметр	11 кл.	10 кл.	8 кл.	7 кл.	$\bar{X}$	σ^2	σ	$p(\min)$	$p(\max)$	V
Кол-во символов (без пробелов)	1886	1961	2042	2009	1580	4587	67,7	1496	1664,2	4,29
Средняя длина слов в слогах	2,84	2,85	2,67	2,6	2,19	0,02	0,14	2,02	2,36	6,39
Средняя длина слов в буквах	6,69	6,69	6,18	6,04	5,12	0,12	0,35	4,69	5,55	6,84
Процент односложных слов	23,99	22,81	25,03	26,42	19,65	2,36	1,54	17,74	21,56	7,84
Процент слов в 2 слога	20,39	22,97	24,17	24,35	18,38	3,33	1,82	16,12	20,64	9,9
Процент слов в 3 слога	20,54	19,39	20,21	21,38	16,3	0,68	0,82	15,28	17,32	5,03
Процент слов в 4 слога	16,04	15,65	15,89	15,78	12,67	0,03	0,17	12,46	12,88	1,34
Процент слов в 5 слогов	11,32	10,86	9,59	7,55	7,86	2,85	1,69	5,76	9,96	21,5
Процент слов в 6 слогов	5,37	5,99	3,65	2,99	3,6	1,99	1,41	1,85	5,35	39,17
Ср. длина предложения в словах	14,91	16,83	14,99	14,76	12,3	0,95	0,97	11,1	13,5	7,89
Ср. длина предложения в слогах	42,46	48,11	39,79	38,43	33,76	18,34	4,28	28,45	39,07	12,68

Была исследована зависимость между объемом выборки (в символах) и остальными характеристиками. Оптимальный объем выборки, при котором исследуемые характеристики текста практически не меняются, составил 1800–2000 знаков.

Полученные данные свидетельствуют в пользу целесообразности проведения дальнейшего исследования в этой области.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗВУКА В ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЯХ

Л. Г. ШОСТАК (асп.), Н. И. ГУРИН (к. техн. н.), БГТУ

Передача учебного материала в звуковой форме способствует более эффективному его усвоению по сравнению с выводом на экран в виде текста. Вообще возможны следующие способы использования звукового ряда в учебном курсе.

- Асинхронное звуковое сопровождение, не связанное непосредственно с отображаемым на экране материалом. В этом случае звук играет роль фона, создающего определенное настроение у обучаемого [2]. Такой вариант наименее эффективен с точки зрения процесса обучения.

- Синхронное звуковое сопровождение, являющееся частью представляемого учебного материала. Как правило, таким образом реализуются пояснения к анимированным изображениям, роликам, демонстрирующим захват информации с экрана компьютера или к видеофильмам.

- Запись дикторской речи, полностью дублирующей учебный текст. В этом случае обучаемому предоставляется выбор между чтением и прослушиванием материала.

- Синхронное звуковое сопровождение интерактивных действий обучаемого — озвучивание кнопок, переходов на другие страницы, изменение режима работы. Основное предназначение такого сопровождения — повышение привлекательности учебного курса с эстетической точки зрения.

Особо следует выделить электронные издания для изучения иностранных языков, где звуковые компоненты необходимы для обучения правильному произношению слов, фраз и использованию интонации [1], а также в учебниках, связанных с обучением музыке, где записи музыкальных фрагментов являются изучаемым материалом. В этих случаях особенно важно высокое качество воспроизведения звуковой информации.

По возможности все звуковое сопровождение, несущее информационную нагрузку, должно быть продублировано в виде текста на тот случай, если у пользователя не будет возможности прослушивать его (отсутствуют колонки или наушники). Также важным требованием к учебнику, содержащему аудиоинформацию, является возможность в любой момент отключить или включить воспроизведение любого из видов звука.

1 Писаренко В. И. Использование компьютерных технологий в обучении иностранным языкам // Открытое образование. 2004. №1. С.51—55.

2 Полат Е. С. Теория и практика дистанционного обучения. М., 2004. 414 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ИЗДАНИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Е. Г. САХАРОВА (асп.), З. М. КЛЕЦКАЯ (к. пед. н.), БГТУ

Разработка теоретических аспектов редакторской деятельности явилась основанием для внедрения в практику работы издательств новых эффективных методов подготовки рукописей. Широко используются современные методы в процессе редактирования научной, художественной, публицистической, а также учебной литературы. Отсутствие современных исследований обуславливает снижение уровня практической деятельности редакторов. Можно назвать ряд видов изданий, которые не находят своего читателя (недоступны, перегружены информацией, содержание их не соответствует запросам читателей в структурном, композиционном, стилистическом отношении и т. п.), а, следовательно, не выполняют своих функций.

Общественной значимостью методической литературы обусловлен выбор темы исследовательской работы, в том числе и по созданию государственного стандарта Республики Беларусь «Идания учебно-методические. Основные виды. Требования к основному тексту, аппарату издания и издательскому оформлению»

Научная новизна исследования заключается в проведении конкретной видо-типологической классификации учебно-методических изданий, а также формулировке определенных требований к издательскому оформлению.

Объектом исследования выступает весь «пласт» учебно-методических изданий, а также проблемы, возникающие в работе редактора над таким изданием.

В качестве основных методик исследования были использованы анализ, обобщение и систематизация имеющейся нормативной базы, а также применение относительно новой классификации учебно-методических изданий.

В результате проведенных работ получены следующие результаты: разработан проект государственного стандарта Республики Беларусь «Идания учебно-методические. Основные виды. Требования к основному тексту, аппарату издания и издательскому оформлению».

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА БЕЛОРУССКИХ ОРНАМЕНТОВ В СРЕДЕ COREL DRAW

С. В. СИПАЙЛО (асп.), Т. А. ДОЛГОВА (к. физ-мат н.), БГТУ

Применение в полиграфическом дизайне информационных технологий предоставляет широкие возможности для автоматизации трудоемких операций, позволяющие дизайнеру шире раскрыть творческий потенциал. Одним из слабо разработанных направлений автоматизации допечатной подготовки является синтез белорусских орнаментальных мотивов. Вместе с тем орнаментальные изображения находят применение при оформлении полиграфической продукции, что свидетельствует об актуальности работ в указанном направлении.

В рамках обозначенной выше области исследований на кафедре полиграфических производств БГТУ впервые был предложен принцип формализации синтеза изображений орнаментов с использованием теории групп и теории симметрии. Он основывается на выделении из сложных орнаментальных комплексов простых элементов. Конструирование составных объектов производится путем образования из таких элементов комбинаций определенного состава и композиции. В свою очередь, простые орнаментальные мотивы можно получить преобразованием первичного изобразительного элемента орнамента посредством цепочки симметрических операций. Последовательность симметрических движений можно представить формальной записью на основе символов симметрии.

Формальное описание синтеза орнаментальных мотивов различной формы и симметрии является основой для его программной реализации. В качестве программной базы при этом наиболее эффективно использовать существующие программы векторной графики, в частности адаптированный к полиграфической технологии редактор CorelDraw, стандартные возможности которого можно расширить за счет встроенных средств автоматизации работы на основе VBA 6. При реализации синтеза написан ряд процедур, позволяющий получить 12 разновидностей белорусских орнаментальных мотивов, которые могут выступать в качестве отдельных узоров, а также служить составными элементами орнаментов более сложной структуры. На начальной стадии синтеза программой создается исходный векторный элемент (квадрат), при последующем трансформировании которого образуются соответствующие орнаментальные фигуры. Диалог с пользователем ведется посредством таких элементов интерфейса, как панель инструментов и формы.

Результаты программной реализации подтверждают эффективность предложенной методики формализации синтеза белорусских орнаментов. Дальнейшее развитие описанного программного средства должно идти по пути увеличения разновидностей получаемых узоров, а также повышения степени автоматизации.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КНИГОИЗДАНИЯ

Н. И. ШИШКИНА (асп.), Л. И. ПЕТРОВА (к. филол.н.), БГТУ

На современном этапе развития общества решение комплекса экологических проблем является одной из первоочередных задач экономической и социальной политики, реализуемых в странах СНГ. Это предъявляет особые требования к системе доведения отраслевой информации до всех пользователей экологической книги, что в свою очередь порождает необходимость в систематизации данной литературы и возможности быстрого ее поиска. Десять лет назад был поставлен вопрос о создании тематических указателей литературы экологического содержания. В целом проблема была решена. Но современные и доступные сейчас технические возможности при сравнительно небольших затратах позволяют создавать электронные базы данных отраслевого книгоиздания.

Целью исследования является создание электронной базы данных литературы экологической тематики. Причем последняя рассматривается в самом широком смысле. Это литература как теоретической экологии, так и всех ее прикладных направлений.

В качестве объекта нашего исследования выступает электронная база данных отраслевой литературы. А его предметом — особенности создания этой электронной базы.

Одна из главных проблем в создании электронных баз — это выбор программного обеспечения, с помощью которого может быть реализован данный проект. Проанализировав самые распространенные программные продукты, пригодные для подготовки баз данных, мы остановили свой выбор на *системе управления базами данных* (СУБД) Access. Эта программа обладает рядом очевидных достоинств:

Во-первых, ее широкая известность и доступность, т.к. она входит в пакет Microsoft Office.

Во-вторых, небольшие размеры основного файла, даже при значительном объеме введенной информации.

В-третьих, программа характеризуется возможностями простоты ввода данных и их корректировки.

В-четвертых, база данных, созданная в Access, будет обладать наглядностью, что обеспечит простоту работы при поиске необходимой литературы.

В-пятых данная программа предполагает создание запросов и отчетов. С их помощью станет возможным сортировка литературы по необходимым параметрам (например, по годам, по тематике, по автору и т.д.), проведение вычислений с данными (например, суммирование количества изданий и их тиражей), подведение итоговых результатов и отображение их в удобном виде на экране монитора или на печати.

Электронная база данных экологического книгоиздания будет востребована книговедами (для описания и оценки состояния отраслевого книгоиздания) и «экологами» (для быстрого поиска необходимой литературы).

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-САЙТОВ СО ВСТРОЕННЫМ МЕХАНИЗМОМ ИНТЕРНЕТ-СЕПАРАТОРА

Д. М. СЕВОСТЬЯН (асп.), В. С. ЮДЕНКОВ (к. техн. н.), БГТУ

Основной проблемой внедрения интернет-сайта в производственный процесс на полиграфическом предприятии является недостаточная автоматизация процесса обновления контента. Система управления сайтом (CMS) — это программный комплекс, позволяющий автоматизировать процесс управления сайтом и объектами сайта: макетами страниц, шаблонами вывода данных, структурой, информационным наполнением, правами доступа, а также предоставляющий дополнительный функционал, такие как рассылка, статистика, поиск, средства коммуникации с пользователями и др. Однако, оснащение сайта системой управления не позволяет говорить о его абсолютной эффективности. В работе указан один из способов совершенствования CMS-систем —

применение принципиально нового механизма интернет-сепаратора (рис. 1), позволяющего сегментировать аудиторию интернет-сайта.

Схема интернет-сепаратора позволяет:

- получать знания о текущей реакции целевой аудитории на событие (последовательность событий).
- оценивать различия между текущей реакцией целевой аудитории на предложения и желаемыми показателями проекта.

Изменяя содержание и форму подачи событий, фиксировать изменения интереса целевой аудитории к предложениям.



Рис. 1. Схема интернет-сепаратора.

АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА PHP ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ WEB-САЙТА

С. В. КОВАЛЕВ (студ.), Д. В. БАЛАЩЕНКО (ассист.), БелГУТ

Объектом исследования являются возможности языка программирования PHP и СУБД MySQL в аспектах информационной безопасности.

Цель работы — использование преимуществ мощного современного инструмента разработки web-приложений (PHP) для обеспечения информационной безопасности при создании системы администрирования web-сайта.

В результате была создана авторская специализированная система управления содержимым (контентом) web-сайта с защитой от несанкционированного доступа.

Степень информационной безопасности должна удовлетворять принципу разумной достаточности: «взлом» не имеет смысла, если затраты на преодоление «защиты» больше стоимости защищенной информации. Серьезный подход к правилам обеспечения безопасности является основой для успешной защиты [1].

Разработанная авторская специализированная система управления содержимым (контентом) web-сайта с защитой от несанкционированного доступа успешно работает на web-сайтах кафедры информационных технологий БелГУТ(а) и центра по работе с конфискованными товарами и таможенной деятельности ГК ОРУП «Облторгсоюз» (<http://konfiskant.com>).

РНР является мощным инструментом разработки web-приложений. Как и в случае с другими мощными средствами разработки, Вы можете навредить сами себе. РНР функционирует таким образом, что если его небрежно использовать, то могут возникнуть проблемы с безопасностью Вашей системы. Лучший способ предотвратить такую ситуацию – всегда точно знать, что Вы делаете.

1 Ковалев С. В., Пишеничнов Ю. А. Теория и практика безопасного программирования на РНР. / Журнал «Известия Белорусской инженерной академии». № 1 (19)/2, 2005. – с. 162–164.

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА СТУДЕНТОВ К СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В БЕЛАРУСИ

Ю. А. КАШТАЛАНОВА (соискатель), В. П. ВАСИЛЕВСКИЙ (к. техн. н.), БИП

В нашей стране в течении нескольких последних лет ведется работа по развитию и внедрению системы дистанционного образования, что неминуемо влечет за собой обширное применение компьютерных, информационных и коммуникационных технологий.

Неоднозначное понимание самими обучаемыми сути дистанционного образования постепенно уходит в прошлое, хотя многие проблемы все еще существуют. Опрос студентов заочного отделения первого и второго курсов некоторых Могилевских ВУЗов дал следующие результаты: почти половина опрошенных считают, что им было бы намного удобнее обучаться при помощи дистанционного Интернет – образования. При этом были названы следующие причины: возможность непрерывного образования, экономия денежных средств и времени. Многие считают, систему дистанционного образования более гибкой системой в сравнении с традиционными формами образования.

На пятом курсе большинство студентов заочного отделения склонялись на сторону традиционной заочной формы обучения. Отрицательными сторонами дистанционного образования они считают: отсутствие личного контакта преподавателя и студента, предоставления меньших возможностей при обучении, недоверие. Практически все студенты признали себя недостаточно подготовленными для дистанционного образования, так как не совсем полно осведомлены о методах и принципах его реализации.

По результатам видно, что младшие курсы более подготовлены к переходу на форму дистанционного образования т. к. эти студенты более углубленно изучали в школах информационные технологии.

В ходе изучения мнения старшеклассников в средних общеобразовательных школах выяснилось, что более трети учеников имело лишь смутное представление о системе дистанционного образования.

Неоднозначное понимание и непризнание дистанционного образования среди студентов и школьников может объясняться многими факторами, но одну из главных ролей в этой проблеме играет неосведомленность молодежи в данной сфере, что искажает восприятие дистанционного образования в дальнейшем.

Необходимо постепенно больше обращать внимание молодежи на инновации в области дистанционного образования, раскрывать его сущность и принципы еще со школы (активно применять информационные технологии, вводить специальные курсы и т.д.), особенно в городах, отдаленных от крупных центров. Здесь необходимы совместные усилия учителей школ, преподавателей ВУЗов и самих учеников, чтобы повернуть новое поколение лицом к новым информационным образовательным технологиям современного общества.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СУБЪЕКТОВ И ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. Г. ДОРОХОВИЧ (студ.), М. П. ФЕДОРЕНКО (к. техн. н.), ИСЗ им. А. М. Широкова

Установление соответствия распознавательного субъекта или объекта своему образцу (паспорту, наименованию идентификационному уровню, учетному номеру налогоплательщика и т.д.) в ряде случаев разобщено. Это в условиях больших количеств субъектов и объектов приводит к низкому качеству и малой производительности обработки идентификационных данных. Кроме того, процессы идентификации не унифицированы, что приводит к хаосу обработки подобной информации. К недостаткам традиционных методов идентификации субъектов и объектов следует отнести: низкую производительность, качество поиска и обработки нужной информации; значительные затраты на сбор, хранение, обработку и выдачу идентификационных признаков субъектов и объектов; дублирование работ и информации по сходным признакам и т.д. Необходимо исследовать существующие способы идентификации субъектов и объектов, и выработать рекомендации по совершенствованию системы их идентификации. Применение современных ИТ с использованием компьютерной техники, баз данных, локальных сетей, интранета позволит упорядочить (стандартизировать) процессы идентификации. Основные проблемы, которые необходимо решить: законодательные; защита информации; системные. Объектом исследования являются действующие в РБ паспортная система, система присвоения учетных номеров налогоплательщиков, присвоение номеров организации т.д. В процессе автоматизированной идентификации предполагается использовать методики идентификации личности на основе уникальных для каждого индивидуума биологических параметров, а также сбора, хранения, обработки и выдачи информации с использованием на

первом этапе СУБД ACCESS и в дальнейшем СУБД INFORMICS или СУБД ORACLE. Предполагается проведение исследований в сфере сбора накопления, хранения и выдачи информации, идентифицирующей личность и (или) объекты. Применение автоматизированного способа идентификации найдет широкое распространение на практике.

ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ В РЕКЛАМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. ЛЮТКО (студ.), Л. К. ГОЛЕНДА (к. эконом. н.) ИСЗ им. А. М. Широкова

С развитием Интернет реклама довольно быстро стал доступна для широкого круга пользователей. Это возможно стало за счет таких видов сервиса, как Fido, e-mail, WWW и другие. Благодаря Интернету реклама вышла на новый уровень – визуальный. Появились картинки, аналоги обычной печатной рекламы в интерактиве, затем картинки-ссылки и это открыло новую сторону мира рекламы. Если до сих пор реклама была пассивной, то теперь она стала активной. Появление CGI, Java, SWF еще более добавили активности новому детищу коммерции – Интернет рекламе.

Основными преимуществами Интернет как рекламной площадки для продвижения товара или услуги, являются: возможность фокусировки рекламы на целевую аудиторию, оперативность, отсутствие географических границ, количество и качество информации и Direct marketing, Targeting, tracking и др.

Реклама в сети позволяет отследить, насколько увеличилось количество звонков с запросами, почувствовать отдачу от конкретных ее размещений, а возможно за счет массированных и компактных по времени способов представления. Эффективность рекламы предлагается оценивать двумя способами: количественный анализ с помощью статистики сервера и качественный – путем опроса потенциальных потребителей. Это позволит проанализировать содержание сайта, создать ресурс, обладающий информационной наполняемостью, а посетителям представить оперативную обратную связь при помощи электронной почты, разместить консультативную информацию по предлагаемым товарам и услугам.

В последнее время Интернет-технологии используются не только как средство продвижения товаров на рынок, но и как средство платежа за товары и услуги, как средство организации снабжения и сбыта, что в конечном счете повышает прибыль предприятия.

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МОДУЛИ ПО КУРСУ «ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

О. Е. ОСИПОВ (студ.), О. В. ШАМЕЛОВА (студ.), А. В. МОВШОВИЧ (к. техн. н.), ГФ УО ФПБ «МИТСО»

Необходимость приоритетного развития процессов информатизации образования [1] подразумевает, в частности, создание современных способов представления учебных материалов. Нами разработаны следующие учебно-методические модули, выполненные в виде мультимедийной презентации, способствующей более эффективно усвоению учебной информации:

- 1) анализ химико-технологического процесса (ХТП) переработки твердого топлива;
- 2) анализ ХТП основного органического синтеза;
- 3) метрологическое обеспечение технологического процесса;
- 4) определение типа машиностроительного производства;
- 5) анализ экономической эффективности рационального выбора заготовки металлической детали;
- 6) изучение конструкции и выбор режущих инструментов;
- 7) нормирование и технико-экономическая оценка технологического процесса механической обработки;
- 8) оценка организационно-технического уровня механообрабатывающего производства.

Первые три модуля являются оригинальными разработками, остальные сделаны по известным методикам [2]. Каждый модуль содержит краткие теоретические сведения, представленные в структурированном виде, а также задания для практического занятия, методические указания по их выполнению, необходимый справочный материал, содержание отчета и вопросы для самоподготовки. Задания имеют разную степень сложности, что позволяет организовать индивидуальную работу со студентами и дифференцированно оценивать их уровень знаний. Представляемые модули используются в нашем ВУЗе для проведения практических занятий по курсу «Производственные технологии», а также некоторые из них могут быть использованы для занятий по курсам «Основы технологии машиностроения» и «Нормирование точности и технические измерения». На наш взгляд, подобные разработки имеют особую ценность для студентов заочной формы обучения при самостоятельной работе в межсессионный период.

1 Колин К. Индустрия информационных технологий и проблемы информатизации российского образования. // Alma mater. (Вестник высшей школы) .№ 4, 2005

2 Производственные технологии: лабораторный практикум // Самоилов М.В., Мочальник И.А., Кохно Н.П. – Мн.: БГЭУ, 1999.

РЕГИСТРАЦИЯ И СРАВНЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ

Д. В. ПОДВИЦКИЙ (студ.), А. В. ТУЗИКОВ (д. физ-мат н.) БГУ

Цель работы: разработка и реализация надежного алгоритма идентификации личности по отпечаткам пальцев.

Объект исследования: изображения отпечатков пальцев.

В результате работы был разработан следующий алгоритм регистрации изображения отпечатка пальца: сегментация (целью сегментации является выделение областей переднего плана и фона; обработка отпечатка пальца фильтром Габора (для повышения контрастности папиллярного узора); выделение особых характеристик (конечные точки, точки ветвления, опорная точка).

Сравнение полученного отпечатка пальца с шаблоном (отпечаток, который был занесен в базу данных) начинается с их выравнивания при помощи выравнивания опорных точек. Далее следует подсчет числа особых точек, совпавших в обоих изображениях. Если число совпавших точек меньше порога (в работе используется 17 точек), тогда два отпечатка взяты с одного и того же пальца, иначе – нет.

Результаты тестирования алгоритма:

ложное определение особых точек произошло в 5 %;

в 5 % произошел «ложный отказ» личности при верификации, «ложного доступа» не наблюдалось.

Представленный в данной работе алгоритм обладает высокой точностью определения особых точек. Процент «ложного отказа» при верификации может быть снижен при помощи повторной верификации.

Наиболее перспективные направления применения полученных результатов:

компьютерная безопасность (доступ к компьютеру, файлам);

системы контроля и управления доступом в помещения, верификация для доступа к мобильным телефонам;

системы гражданской идентификации (интеграция с паспортами и т.п.);

в банкоматах как средство идентификации человека взамен магнитных карточек или в дополнение к ним.

МЕТОД РЕКОНСТРУКЦИИ МОДЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

А. Г. СУВОРОВ (асп.), Г. М. ЛЕВИН (д. техн. н.), БГУ

В современной медицине достаточно часто возникают задачи пространственной реконструкции моделей биологических объектов. К примеру, многие диагностические схемы используют фиксированный набор элементов структуры биологического объекта, однако положение некоторых элементов не всегда может быть корректно определено. В частности, при разметке рентгенограммы качество изображения иногда не позволяет корректно указать положение некоторых опорных точек. В таких случаях приходится прогнозировать положение этих точек на основании расположения остальных. Подобные задачи также необходимо решать при протезировании элементов костных структур, деформированных в результате травмы. Задачи реконструкции объекта возникают в судебной медицине, в случаях, когда требуется восстановить лицо человека по форме его черепа. Предлагаемый метод также можно использовать в системах автоматического или полуавтоматического распознавания томографических, рентгенографических и иных изображений биологических объектов. Поскольку объекты анализируемого класса имеют схожее геометрическое строение, информацию о местоположении распознанных на определенном этапе элементов структуры можно использовать для прогнозирования расположения остальных элементов, подлежащих распознаванию. Такой подход может значительно увеличить эффективность и точность процесса распознавания. Целью работы является разработка эффективного метода пространственной реконструкции биологических объектов.

Множество методов реконструкции, включая и метод, послуживший прототипом для предлагаемого, основывается на анализе большого количества объектов исследуемого класса и нахождении определенных геометрических закономерностей в строении этих объектов (примерами могут служить расстояния и углы между некоторыми элементами структуры). В дальнейшем информация о строении проанализированных образцов отбрасывается, а в процессе реконструкции используются только выведенные геометрические соотношения. Предлагаемый метод отличается тем, что в процессе реконструкции информация о строении каждого из образцов является доступной и оказывает непосредственное влияние на результат.

Предлагаемый метод реконструкции основан на широком применении аффинных преобразований точечных моделей биологических объектов. Особенностью метода также является использование специальным образом определенной линейно-аффинной комбинации точечных моделей биологических объектов.

Описываемый метод реконструкции был реализован и опробован на моделях лицевых скелетов реальных пациентов. Проведенные эксперименты дали хорошие результаты и показали, что предлагаемый метод может быть успешно использован для реконструкции моделей биологических объектов.

АЛГОРИТМ СОПОСТАВЛЕНИЯ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ

А. Я. ШАФРАНСКАЯ (магист.), А. В. ТУЗИКОВ (д. физ-мат н.), БГУ

Работа посвящена исследованию проблемы распознавания личности по отпечаткам пальцев. Объектами исследования являются изображения отпечатков пальцев и характерные детали изображений, которые используются при распознавании отпечатков. Процесс идентификации личности по отпечаткам пальцев основан на сопоставлении параметров характеристических деталей, выделенных на двух изображениях отпечатка пальца. Целью работы является разработка алгоритма сопоставления изображений отпечатков пальцев.

Для сравнения отпечатков пальцев используется методика представления отпечатка пальца в виде небольшого по объему характеристического вектора. Схема представления основана на выделении “центральной” точки на изображении отпечатка пальца. Далее вокруг этой точки выделяется круговая область, разбитая на сегменты. К выделенной области применяется восемь ориентированных фильтров Габора для получения набора изображений, в каждом из которых усилены те папиллярные линии, направление которых совпадает с направлением соответствующего фильтра Габора, и приглушены все остальные. Дисперсия уровня яркости в сегменте определяет количество папиллярных линий и используется как характеристика. Характеристический вектор представляет собой набор характеристик, вычисленных по всем секторам в каждом из восьми направлений. Процесс сопоставления отпечатков пальцев основан на вычислении расстояния Евклида между полученным характеристическим вектором и вектором-шаблоном, хранящимся в базе данных.

К преимуществам описанного алгоритма относится устойчивость относительно локальных деформаций отпечатка, полученных при сканировании, инвариантность относительно поворота и сдвига отпечатка пальца на изображении, небольшой размер шаблона отпечатка пальца. Основным недостатком является существенная зависимость результата сопоставления от положения центральной точки на изображении отпечатка пальца.

В настоящее время технология идентификации по отпечаткам пальцев успешно заменяет стандартные системы идентификации (использующие секретный ключ) в сотовых телефонах, ноутбуках и кредитных карточках. В будущем она может найти широкое применение в таких областях, как учет рабочего времени, регистрация посетителей, системы голосования.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СУБД ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. Н. ПОЛЯК (студ.), З. В. ПУНЧИК (к. соц. н.), БГЭУ

Данная работа рассматривает такую проблему, как выбор базы данных для практического использования на малых и крупных предприятиях и фирмах. Так как проблема становится всё актуальнее с развитием технологий баз данных, в работе преследуется цель дать практические советы экономическим руководителям, которые помогут им сориентироваться на рынке программного обеспечения и выбрать наиболее оптимальный вариант СУБД для своих компаний. Поэтому объектом исследований были выбраны критерии, которые можно и нужно использовать для оценки, сравнения и конечного выбора той или иной СУБД для решения конкретных экономических задач. К тому рассматривается такой важный в экономическом плане момент, как влияние СУБД на экономическую эффективность работы фирм и предприятий. Новизна данной работы состоит в том, что на данный момент в экономической информатике значение СУБД как инструмента повышения эффективности почти нигде не рассматривается, да и важность процесса выбора программного обеспечения немного недооценивается, что ведет к дефициту полезной информации, которую могли бы использовать руководители и управленцы различного уровня.

В результате работы над проектом были получены достаточно важные результаты, в том числе создан перечень и краткое описание критериев выбора СУБД, который может стать настольным пособием в любой компании и значительно облегчать процесс выбора программного обеспечения. И наличие таких критериев особенно важно ввиду того, что с помощью различных маркетинговых ходов производители программного обеспечения зачастую влияют на выбор покупателя, и этот выбор является необъективным. А наличие своего рода точек опоры, описанных в данной работе, приведет к тому, что в конечном итоге пользователь останется более удовлетворенным. А ценность работы как раз в том, что она создана для практического использования её результатов, а также в том, что приведенные в ней советы легко воспринимаются даже людьми, не очень сведущими в информационных технологиях. Это в свою очередь еще больше расширяет круг потенциальных пользователей. И само собой в перспективе использование критериев из данной работы должно дать определенный экономический эффект, выражающийся в увеличении производительности и экономии денежных средств.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ В КРИПТОЛОГИИ

О. С. КОРОТКЕВИЧ (студ.), И. Л. АЛИФАНОВА (ассист.), БНТУ

Информация в современном мире имеет огромную ценность, поэтому необычайно актуальна проблема защиты данных от несанкционированного доступа. Среди всего спектра способов защиты данных приоритетное место занимают криптографические методы. При шифровании больших объемов данных целесообразнее применять блочные алгоритмы, так как они обеспечивают приемлемую скорость и надежность шифрования.

Целью работы была реализация криптографического приложения на основе ГОСТ 28147–89. Алгоритм относится к разряду блочных шифров, работающих на архитектуре сбалансированных сетей Фейстеля. Алгоритм

криптографического преобразования ГОСТ 28147-89 предназначен как для аппаратной, так и для программной реализаций, он удовлетворяет необходимым общемировым стандартам криптостойкости и не налагает ограничений на уровень секретности защищаемой информации. ГОСТ 28147-89 на сегодняшний день является международным стандартом, принятым в странах СНГ.

В качестве платформы для реализации был выбран язык низкого уровня программирования Assembler, а в частности – оптимизированный для разработки Windows-приложений пакет MASM32, позволяющий использовать функции API-библиотек WIN32. Такой выбор был обусловлен требованиями к быстродействию алгоритма и легко достигающейся минимальной зависимостью приложения от функционирования операционной системы (например, для перехвата и обработки сообщений и прерываний многозадачной ОС во избежание попадания ключевой информации в swp-файл Windows в процессе криптографического преобразования).

Реализованная программа позволяет

- шифровать и дешифровать файлы размером до 4GB, с использованием внешнего ключа, таблицы замен и синхропосылки в режиме гаммирования с обратной связью;
- модифицировать таблицы замен;
- генерировать случайное число произвольной длины.

На основе данного приложения предполагается разработать полноценный криптографический комплекс, включив в него генератор ключевой информации, функцию хеширования в соответствии с СТБ 1176.1-99 и систему цифровой подписи СТБ 1176.2-99 для аутентификации пользователя.

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УНИФИЦИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ SIMPLE ONLINE TESTING SYSTEM (SOTS)

М. А. МАРТЫНЕВСКИЙ (студ.), А. А. ВОРОБЬЕВ (студ.), О. В. ДУБРОВИНА (ст. препода.), БНТУ

В наше время особенно актуальным является наличие высшего образования. Оно помогает человеку полностью реализовать свой потенциал и добиться больших успехов в жизни. Соответственно, перед человеком, поступающим в ВУЗ, становится проблема грамотной подготовки. В наш век прогресса и глобальной компьютеризации набирают обороты системы онлайн тестирования. Подобные системы позволяют наиболее точно оценить уровень подготовки абитуриента. Кроме того, одним из достоинств электронного тестирования, является возможность их использования не только для подготовки абитуриентов, но и для оценки знаний студентов.

Основная цель работы – разработка системы тестирования, имеющие простой интерфейс для создания тестов и работы с ними, понятный как преподавателям, так и студентам.

Мы изучили несколько программных продуктов для создания тестов и обратили внимание на то, что большинство из них имеют сложную систему разработки тестов, которая затрудняет процесс создания тестов, поскольку не все преподаватели обладают навыками программирования.

Актуальность работы заключается в том, что данный программный продукт – первая в Беларуси система онлайн тестирования, позволяющая тренироваться не только абитуриентам по предметам, необходимым для сдачи экзаменов, но и студентам, выполняющим тесты по программе их учебного заведения. Простой интерфейс позволяет любому преподавателю без особого труда создать тест по своему предмету. Таким образом, сфера применения данной системы практически не имеет границ – от стандартных тестирований по экзаменационным предметам, до подготовки для сдачи теоретического экзамена в ГАИ.

Среди имеющихся функций данной программы мы хотим выделить основные:

- использование модулей, что позволяет легко изменить существующие и добавить новые функции;
- поддержка неограниченного количества тестов и вопросов в них, а также вариантов ответов;
- возможность задавать промежутки времени, по истечении которого тест будет остановлен;
- два типа регистрации – регистрация для прохождения или для создания тестов.

Данная программа нацелена на практическое применение в БНТУ, а также для помощи в подготовке всех абитуриентов Республики Беларусь, имеющих доступ в Интернет.

ПРОБЛЕМАТИКА ГЕНЕРАЦИИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИ СТОЙКИХ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

К. В. НОВИЦКИЙ (студ.), А. Г. СТАСЬКЕВИЧ (студ.), И. Л. АЛИФАНОВА (ассист.), БНТУ

Проблемы генерации последовательностей случайных чисел чрезвычайно актуальны в криптографии. RNG (Random Number Generator) используются, например, для генерации криптографических ключей, IV (Initial Vector) при поточном и в схемах сцепления блоков при блочном шифровании, Salt при хешировании паролей, во многих схемах аутентификации. Стандартные генераторы случайных чисел, входящие в составе библиотек в языки программирования, далеко не всегда подходят для криптографических систем вследствие явной детерминированности. Стойкость всей криптосистемы существенно зависит от того, насколько точно соответствуют модели равномерно распределенной случайной последовательности используемая последовательность $x_1, x_2, \dots, x_t, x_{t+1}, \dots$ со значениями в дискретном множестве $A = \{0, 1, \dots, N-1\}$. [1] Поэтому во многих криптоприложениях разрабатываются свои программные псевдослучайные генераторы.

Мы опробовали в своей программе следующие методы генерации случайных чисел: на основе снятия координат мыши (человеческий фактор); на основе на снятии скорости работы процессора; на определении свободного места на диске в процессе копирования/удаления файлов [2]; 4на основе неравномерного замедления стандартной функции Random; изменение системного времени перед запуском функции Randomize.

Для проверки статистических свойств генерируемых последовательностей нами создана программная реализация ряда тестов для RNG, основанных на сравнении генераторов с теоретическим идеальным генератором. В математической статистике существует ряд тестов, называемых критериями согласия, для проверки функции распределения случайной величины на предмет ее соответствия теоретически ожидаемому закону распределения. Нами реализованы критерии Хи-квадрат (критерий Пирсона), критерий Колмогорова – Смирнова, критерий серий и другие. По результатам серии экспериментов, с помощью алгоритмов 4 и 5 стохастические свойства встроенного в среду Delphi 7 генератора существенно улучшаются, предложенные алгоритмы 1–3 проходят тесты с допустимым уровнем отклонения. Для наглядности полученных результатов, возможно тестировать как текстовые, так и числовые последовательности.

В качестве перспективы предполагается дальнейшее изучение свойств различных RNG и проблем создания «истинно случайной» последовательности программными средствами.

1 Харин Ю. С., Агиевич С. В. «Компьютерный практикум по математическим методам защиты информации»/ Мн: БГУ, 2001

2 Davis D., Ihaka R., Fenstermacher P. «Cryptographic Randomness from Air Turbulence in Disk Drives», Advances in Cryptology/ CRYPTO'94 Proceedings, Springer-Verlag, 1994

РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ФУНКЦИЙ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ

А. В. САВЕНКО (студ.) БНТУ, И. Л. АЛИФАНОВА (ассист.), БГУ

Программа позволяет строить трехмерное изображение поверхности по функции, задаваемой пользователем. Функция, вводимая пользователем, является математически выраженным законом изменения координаты z от абсциссы и ординаты. Выражение может содержать предопределенные функции: $\sin(x)$, $\cos(x)$, $\tan(x)$, $\arcsin(x)$, $\arccos(x)$, $\sqrt{x}$, $\text{pow}(x,y)$. Поддерживается любая вложенность операндов в функциях выражения, вводимого пользователем, т.е. функция может включать в себя любое количество подфункций и переменных. При вводе закона пользователь должен соблюдать тривиальные правила записи математических выражений.

Проект разрабатывается в среде программирования Delphi 7, с использованием библиотеки OpenGL. Программа представляет собой независимый исполняемый модуль. Код проекта состоит из 4 модулей, которые при необходимости можно включать в другие проекты в зависимости от предназначения включаемого модуля: U_Main.pas: основной модуль проекта и на нем лежит задача создания основного интерфейса программы; U_3DChart.pas: модуль содержит все основные процедуры и функции обработки трехмерной графики, необходимые для построения поверхностей. Также он содержит процедуры, задачей которых является создание интерактивного пространства, в котором строится необходимая поверхность; U_Pol_Zap.pas: модуль фактически представляет собой интерпретатор функции двух переменных. В нем и реализуются все алгоритмы преобразования и расчета математических функций, вводимых пользователем. Модуль написан таким образом, что его с легкостью можно переделать в интерпретатор функции многих переменных, но т.к. в нашем приложении такая возможность ни к чему, то это не использовалась в целях повышения быстродействия; U_Stack.pas: модуль содержит процедуры и функции для создания динамического стека.

Программа может быть легко включена в состав другой без особых сложностей, так как фактически все ее модули являются автономными и могут быть включены в любой проект. Для корректной работы программы необходимо наличие в операционной системе библиотеки OpenGL, поскольку вся реализация трехмерного пространства основана на использовании низкоуровневых функций, включенных в состав этой библиотеки, которая входит в состав любой 32-разрядной операционной системы и графических драйверов видеокарт.

Разработанное приложение находит свое применение при исследовании функций одной и двух переменных, позволяя наглядно изучить поведение функции на заданном интервале, автоматически масштабируя полученное изображение. В связи с этим, возможно его использование для визуализации математических, технических и других учебных дисциплин, а также при графическом представлении поверхностей, заданных аналитически.

СИСТЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БИБЛИОТЕЧНЫХ КАДРОВ И НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

О. В. ГУБИЧ, С. В. ЗЫГМАНТОВИЧ (к. пед. н.)

Внедрение Интернет-технологий открыло путь для пересмотра традиционных способов обучения. Новое поколение программного обеспечения, соединенного с Интернет, сделало возможным создать новую модель обучения – дистанционную.

Дистанционное обучение и компьютерные технологии уже пришли в наш мир, поэтому на сегодняшний день нужно говорить не о том, надо это нам или нет, а о том, как это лучше и качественнее приспособить к тому, что уже стало достижением современного образования. Задача внедрения дистанционного обучения стоит и перед системой профессиональной подготовки библиотечных кадров, и перед системой переподготовки и повышения квалификации.

Существующая в стране сеть профессиональных учебных заведений, система переподготовки и повышения квалификации библиотечных кадров по своим масштабам и содержанию обучения не достаточно полно отвечает возрастающим потребностям библиотекарей в эффективном обновлении, углублении знаний, умений и навыков. Поэтому внедрение дистанционной формы обучения в подготовку библиотечных кадров представляется достаточно актуальной.

Целью работы является определение условий и особенностей использования дистанционного обучения в системе профессиональной подготовки библиотекарей.

Объект исследования – система подготовки библиотечных кадров в Республике Беларусь.

Предмет исследования – вопросы использования дистанционного обучения в системе профессиональной подготовки библиотекарей.

Использован комплекс взаимодополняющих методов исследования: анализ опубликованных и неопубликованных источников, метод сравнительного анализа, социологические методы.

Новизна работы заключается как в содержании большинства освещаемых вопросов, так и в постановке задач исследования, где система подготовки библиотечных кадров рассматривается с точки зрения возможностей применения дистанционного обучения и других форм повышения квалификации библиотечных кадров, связанных с использованием новых информационно-коммуникационных технологий. Исследовательские разработки по данной проблеме малочисленны и носят, в основном, локальный прикладной характер.

В результате научной работы был обобщен опыт внедрения дистанционного обучения в систему профессиональной подготовки библиотекарей, изучено отношение библиотечных кадров к дистанционному обучению. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что дистанционное обучение востребовано и в системе профессиональной подготовки библиотекарей, и в системе переподготовки и повышения квалификации, а следовательно, должно развиваться.

Материалы работы используются в учебных курсах на факультете информационно-документных коммуникаций Белорусского государственного университета культуры и искусств.

МІЖАСОБАСНЫЯ СТАСУНКІ СТАРЭЙШЫХ ПАДЛЕТКАЎ ВА ЁМОВАХ БІБЛІЯТЭКІ

І. А. МАРОЗАВА (magist.)

Цікавасць да праблемы дзяцінства ў грамадстве — характэрная рыса нашых дзён. Старэйшы падлеткавы ўзрост прыцягвае асабліваю ўвагу. Ён з'яўляецца, па сцвярджэнню псіхолагаў і педагогаў, найбольш складаным і адказным у развіцці асобы дзіцяці. Важнейшыя пазнавальныя здольнасці, асобасныя якасці, духоўныя каштоўнасці старэйшыя падлеткі набываюць праз стасункі з іншымі людзьмі.

Бібліятэка — унікальны сацыяльны інстытут, які забяспечвае стасункі не толькі чытачоў з кнігай, але і стасункі чытачоў на конт кніг. У бібліятэчным асяродку пераважаюць міжасобасныя стасункі паміж бібліятэкарам і старэйшымі падлеткамі, старэйшых падлеткаў паміж сабой і іншымі чытачамі.

Выяўленне асаблівасцяў міжасобасных стасункаў старэйшых падлеткаў ва ўмовах бібліятэкі, найбольш эфектыўных форм і метадаў бібліятэчнага абслугоўвання, у рамках якога адбываюцца міжасобасныя стасункі з'яўляецца мэтай даследавання.

Аб'ект даследавання — міжасобасныя стасункі старэйшых падлеткаў ва ўмовах бібліятэкі.

Пры зборы інфармацыі мэтазгодна выкарыстаць метады назірання, анкетаванне старэйшых падлеткаў, інтэрв'юіраванне бібліятэкараў, аналіз чытацкіх фармуляраў.

Навуковая навізна работы заключаецца ў вывучэнні бібліятэчных стасункаў з чытачамі-старэйшымі падлеткамі, якія маюць сваю спецыфіку ў сувязі з асаблівасцямі гэтага ўзросту.

Вынікі даследавання павінны паказаць, што старэйшыя падлеткі адчуваюць патрэбнасць у стасунках і жадаюць бачыць ў бібліятэцы тое месца, дзе яны могуць задаволіць гэтую патрэбнасць. Міжасобасныя стасункі ва ўмовах сучаснай бібліятэкі робяцца ўсё больш шматграннымі па форме і зместу, што выклікае неабходнасць валодання бібліятэкарам ведамі, умениямі і навыкамі ў вобласці псіхалогіі і бібліятэчнай работы для найбольш эфектыўнай арганізацыі працэса стасункаў у бібліятэцы.

Матэрыялы і вынікі даследавання могуць быць выкарыстаны ў якасці асновы для метадычных распрацовак у дзіцячых і школьных бібліятэках, у выкладанні курсаў «Псіхалогія дзіцячага чытання», «Дзіцячае чытачазнаўства» на ФДК БДУКіМ.

ИЗДАТЕЛЬСКО-КНИГОТОРГОВАЯ БИБЛИОГРАФИЯ В СИСТЕМЕ ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Л. В. МЕЛЕШ (асп.), С. В. ЗЫГМАНТОВИЧ (к. пед. н.), БГУКИ

Развитие современных информационных технологий открывает новые возможности библиографической деятельности издательских и книготорговых организаций, которые являются субъектами системы документальных коммуникаций. Однако проведенное исследование позволяет сделать вывод, что существующая на сегодняшний день система издательско-книготорговой библиографии недостаточно обеспечивает потребности общества в своевременной, оперативной и достоверной библиографической информации о книжных изданиях.

Целью данной работы является определение сущности, свойств, принципов и функциональной структуры издательско-книготорговой библиографии в контексте СДК, выявление закономерностей и тенденций ее развития.

Объектом исследования является действующая в Республике Беларусь система издательско-книготорговой библиографии.

Предметом исследования являются теоретические и организационно-методические аспекты издательско-книготорговой библиографической деятельности в системе документальных коммуникаций в Республике Беларусь.

В работе использован комплекс взаимодополняющих методов: анализ и синтез документальных источников информации, сравнительный анализ, метод аналогии и обобщения.

Научная новизна проведенного исследования состоит в том, что с ростом количества издательско-книготорговых организаций в Республике Беларусь на практике широко используется издательско-книготорговая библиографическая продукция, но, к сожалению, ее изучению и совершенствованию не уделяется должное внимание.

Полученные научные результаты позволят выявить тенденции развития и определить пути совершенствования издательско-книготорговой библиографической деятельности с использованием современных информационных технологий.

Практическое применение полученных результатов позволит выработать методические рекомендации, которые, в дальнейшем будут использоваться издательскими и книготорговыми организациями для развития и совершенствования системы издательско-книготорговой библиографии в системе документальных коммуникаций.

ИЗДАТЕЛЬСКО-КНИГОТОРГОВАЯ БИБЛИОГРАФИЯ В ВИДОВОЙ СТРУКТУРЕ БИБЛИОГРАФИИ

Л. В. МЕЛЕШ (асп.), С. В. ЗЫГМАНТОВИЧ (к. пед.н.), БГУКИ

На сегодняшний день в Республике Беларусь отсутствует современная видовая классификация библиографии. По мере развития видовой классификации библиографии издательско-книготорговой библиографии отводилось соответствующее место в различных классификационных рядах, но, зачастую в качестве подвида других видов библиографии, а не как самостоятельного вида библиографии. Однако, на наш взгляд, данный вид библиографии должен входить в видовую структуру библиографии как отдельный вид библиографии.

Целью исследования является выявление места издательско-книготорговой библиографии в видовой структуре библиографии Республики Беларусь и создание современной видовой структуры библиографии.

Объектом исследования является издательско-книготорговая библиография в видовой структуре библиографии Республики Беларусь.

Предметом исследования являются теоретические и методологические аспекты дифференциации издательско-книготорговой библиографии в видовой структуре библиографии.

В работе использованы следующие методы: анализ и синтез документальных источников информации, сравнительный анализ, метод аналогии и обобщения, структурно-типологический метод.

Научная новизна проведенного исследования в том, что в библиографоведении возникла необходимость создания современной видовой структуры библиографии и определения места издательско-книготорговой библиографии в ней.

Полученные научные результаты и выводы исследования отражают обобщенный опыт создания видовых классификаций библиографии. Также предлагается видовая классификация библиографии в Республике Беларусь, где издательско-книготорговая библиография представлена в качестве самостоятельного вида библиографии.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное) в том, что данное исследование представляет материал для дальнейшей разработки теории и практики данных видов библиографии, для истории библиографической науки, а также для составления учебных дисциплин и учебных пособий по библиографическим дисциплинам.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЕЧАТНОГО ПОЛОТНА

С. Н. ПАРХОМЕНКО (студ.), В. С. ЮДЕНКОВ (к. техн. н.), БГТУ

Контроль качества печатного полотна является насущной проблемой в печатном деле. Оператор, производящий визуальный контроль качества полотна, не всегда в состоянии отследить все дефекты и недостатки выпускаемой продукции. Более того, зачастую скорость движения полотна ограничена скоростью восприятия информации оператором. Автоматизация этого процесса может быть произведена с использованием компьютерной техники и камеры для контроля качества. Задачей данной работы является разработка программного обеспечения, помогающего оператору. Основной особенностью данного решения является разбиение непрерывно движущегося полотна на отдельные части при помощи меток, наносимых на полотно между частями печатной продукции.

Таким образом, разрабатываемая программа должна предоставлять следующие возможности:

- обработка изображения печатного полотна, получаемого от камеры;
- автоматический поиск меток и разбиение изображения на фрагменты;
- отображение фрагментов печатного полотна оператору для визуального контроля;
- сохранение изображений на диск для последующего просмотра;
- отображение общей информации (скорость движения полотна, время работы и пр.)
- управление камерой и печатным полотном.

Реализуемость данного способа проверялась при помощи web-камеры Genius. В результате была получена программа, которая может успешно определять местонахождение чёрной метки на листе бумаги. В данное время ведётся разработка программного комплекса для высокосортной работы с профессиональными камерами, который может быть легко применён в печатном производстве для оптимизации и улучшения контроля качества.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАДАННЫХ

А. Д. ШПАК(магист.), С. И. СИРОТКО (к. физ-мат. н.), БГУИР

Одну из ведущих позиций в создании программного обеспечения занимает разработка веб-приложений, дизайна и бизнес-логики интернет ресурсов.

Целью моей работы является анализ структуры интернет-ресурсов, способов их эффективного построения и, как результат, проектирование системы быстрой разработки веб-приложений.

В типичном веб-приложении можно выделить 3 основных уровня – модуль хранения данных, модуль логики приложения и модуль отображения информации. Однако, при разработке веб-сайтов, в том числе достаточно больших порталов, часто не пытаются выделить логические составляющие, включая запросы к базе, обоюду результатов ввода пользователя, а так же показ и сотрировку информации в одну или несколько страниц. Такой способ является приемлемым только в случае разработки одного небольшого проекта. В случае необходимости увеличения функциональности проекта, создания серии типизированных проектов, проекта с другим дизайном и существенными отличиями в структуре и логике работы, приходится использовать и модифицировать имеющийся код или генерировать его заново. Оба подхода являются трудоемкими, повторное использование имеющегося материала затруднено и малоэффективно.

Одним из вариантов решения данной проблемы является создание библиотек классов и компонентов, которые можно использовать для всех приложений. Однако, данный подход не устраняет этапы проектирования, написания и тестирования кода для работы с базами данных, связывания с отображением визуальных элементов и выделения некоторой целостной архитектуры разрабатываемой системы.

Разработка автора предполагает абстрактное описание в проекте двух основных частей – работа с данными и хранение данных. Описание производится в формате XML. Для модуля данных выделяются все структуры, их связи и атрибуты. Разрабатываемый программный продукт по этому описанию может строить код на основе шаблонов, а так же позволять вставлять специальный код, написанный для реализации дополнительной логики. Таким образом, вся работа с данными сводится воедино и одновременно описывается уже на этапе разработки. Работа с данными так же представляется в виде двух частей – отображения и обработки данных. Связующим звеном между ними является контекст данных.

Такой подход позволяет легко использовать библиотеки классов для создания логики и библиотеки компонентов для создания пользовательского интерфейса, что может существенно сократить время разработки, финансовые затраты, труд программиста. В целом, разработка подобной системы является перспективной и экономически выгодной.

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ RATIONAL UNIFIED PROCESS И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

А. А. ИХЕЛИС (магист.), БГУИР

Представленная работа относится к быстро развивающейся области тестирования программного обеспечения. Использование систем контроля качества является одним из самых распространенных и перспективных направлений в области ИТ.

Качественное программное обеспечение не возможно создать без правильно организованного тестирования. Известно, что тестирование программного обеспечения требует до 50 % трудозатрат в Lifecycle разработки качественного ПО и вопрос о Lifecycle тестирования ПО сам по себе является важным, т.к. только на основе правильного понимания технологии и методологии тестирования ПО возможно проводить автоматизацию организации и выполнения тестирования.

Конечной целью работы служит систематизация и представление процесса и технологии тестирования программного обеспечения на основе методологии Rational Unified Process, разработке системы функционального тестирования WEB – приложений на основе технологий JUnit и HttpUnit.

Работа посвящена исследованию современных моделей качества и технологических процессов организации тестирования ПО на основе современных технологий ведения разработки ПО, анализу существующих средств автоматизации тестирования.

В качестве основополагающих принципов при описании процесса и технологий тестирования были взяты основы методологии Rational Unified Process как одной из наиболее успешных и систематизированных методологий по разработке ПО на сегодняшний день.

В качестве средств, предполагаемых для практического применения и анализа, были выбраны технологии JUnit и HttpUnit. На сегодняшний день они являются еще малоизученными технологиями, и в то же время, путем интеграции в единую систему призваны служить эффективным средством автоматизации тестирования web-приложений.

Проведенные в работе исследования актуальны по причине большой популярности сложных программных систем и web-приложений, большой сложности структуры самих приложений такого рода, и, соответственно, большой трудоемкости их тестирования и автоматизации процесса тестирования.

ВОЗМОЖНОСТИ СТУДЕНТОВ БИПА В СФЕРЕ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ю. РУСИНА (студ.) И. К. КОМАРОВА (к. филос. н.), БИП

Интенсивное развитие информационных технологий обуславливает необходимость пересмотра существующих подходов к образованию молодежи, которая будет жить в условиях, существенно отличающихся от сегодняшних. Для Беларуси жизненно важными вехами достойной жизни в непростых условиях перехода к новым моделям общественно-государственного развития становятся необходимость получить нужное образование, сменить профессию, повысить квалификацию в избранной области. По мнению ряда экспертов, с развитием информационных технологий на дистанционные формы образования человек будет отводить от 40 % своего учебного времени, сочетая их с традиционными формами очных занятий (40 %) и самообразованием (20 %) [1]. Все это обуславливает настоятельные потребности в определении доступа молодежи к информационным ресурсам, степени владения навыками пользования ПК, отношения к обучению электронными средствами. Нами было проведено социологическое исследование, целью которого было изучение возможностей студентов Гродненского филиала Института правоведения в сфере новых информационных технологий. Объектом исследования стали 102 студента различных факультетов 2-го курса института. Из числа опрошенных 75 респондентов составили студенты дневной формы обучения и 27 респондентов – заочной. В исследовании приняли участие респонденты в возрасте от 18 до 20 лет (дневная форма обучения), и от 18 до 42 лет (заочная форма обучения). Как выяснилось в ходе исследования, более чем у половины студентов дневной формы обучения есть собственный компьютер (53 %), у 36 % опрошенных в домашнем пользовании компьютера нет, но они пользуются компьютером друга, родственников, знакомых или на работе родителей. У 11 % студентов негде пользоваться компьютером, кроме института. Среди студентов-заочников ситуация соответственно следующая: 30 %, 40 %, 30 %. Значительная часть студентов (56 % дневного отделения и 59 % заочного) работают с компьютером в качестве пользователя, т.е. владеют навыками общения с техникой, 13 % респондентов дневного отделения указали, что владеют этими навыками в совершенстве. Однако из всех опрошенных 4 % студентов дневного отделения и 15 % заочного указали в ответах, что не владеют навыком пользования ПК. Образовательные потребности пользователей компьютеров были определены таким образом: 48 % студентов стационара и 22 % студентов-заочников используют Интернет-ресурсы в целях поиска материалов для курсовых и дипломных работ, рефератов, докладов, выступлений. Как показало исследование, студенты нововведений не боятся, используют возможности компьютера и периферийных устройств для оформления и написания творческих работ (67 % студентов стационара и 48 % студентов заочников), для экономии времени при подготовке к семинарам и практическим занятиям используют компьютер 44 % опрошенных «дневников» и 18 % заочников. Только 35 % студентов дневной формы обучения используют компьютер для перевода с иностранного языка, студенты заочного обучения не указали этот вид деятельности вовсе. В течение учебного года 31 % студентов стационара и 4 % заочного выполняли задания преподавателей с использованием новых информационных технологий. Анализ анкет с ответами респондентов позволил прийти к выводу, что в целом студенты 2-го курса активно используют ПК в образовательной деятельности, адекватно относятся к возможностям Интернет-ресурсов, используют практические результаты в различных сферах учебной деятельности. Результаты исследования показывают, что перспективным направлением совершенствования форм и методов получения образования может стать дистанционное обучение для студентов БИПа, материальная и интеллектуальная база, как показало проведенное исследование, для этого имеется. Проведенный социологический опрос предполагается повторить на старших курсах этого же набора с целью выявления динамики состояния проблемы.

1 Тавгень И.А. Дистанционное обучение: опыт, проблемы, перспективы. – Мн.: БГУ, 2003. – С. 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ НАХОЖДЕНИЯ БОЛЬШИХ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КРИПТОГРАФИИ

О. В. ГИДЛЕВСКИЙ (курсант), П. И. САВКОВ (препод.), УО «ВА РБ»

В 1976 году Уитфилдом Диффи и Мартином Хеллманом была предложена концепция криптографии с открытым ключом. Основным пунктом концепции было предложение использовать ключи парами, состоящими из ключа зашифрования и ключа расшифрования, которые невозможно вычислить один из другого. С 1976 года было создано множество криптографических алгоритмов, использующих концепцию открытого ключа. Их криптографическая стойкость многих была основана на сложности решения какой-либо трудной математической задачи, например, разложения числа на простые множители или вычисление дискретных логарифмов в конечном поле. Для исполнения алгоритмов с открытым ключом нужны простые числа (числа, которые делятся на себя и на 1). В любой достаточно крупной сети их нужно множество.

Но если разложение на простые множители столь трудоемко, как может быть простой задачей генерации простых чисел? Дело в том, что установить простоту числа гораздо проще, чем разложить его на простые множители.

Чтобы определить, является ли число n простым, достаточно применить к нему метод пробного деления (метод решета Эратосфена). И тут мы подходим к проблеме: этот метод непрактичен: число простых чисел быстро растет с ростом n . А именно, справедлива теорема о простых числах, сформулированная А. М. Лежандром, согласно которой число $\pi(x)$ простых чисел p , где $2 \leq p \leq x$, асимптотически стремится к $x/\ln x$ при $x \rightarrow \infty$, т.е. сложность метода пробного деления растет почти по экспоненте с ростом x . Следовательно, для проверки простоты больших чисел этот метод совершенно не применим.

Существуют так же другие методы, позволяющие определить число на простоту, однако однократное прохождение теста на простоту не говорит о том, что число на 100 % простое, так как существуют составные числа, которые проходят некоторые тесты на простоту и следовательно для исключения таких чисел необходимо несколько попыток, либо несколько различных тестов. Так как разрядность тестируемых чисел большие (>1024 разрядов), то и тесты требуют сложные арифметические операции, из чего возникает проблема в производительности ПЭВМ.

Исходя из выше сказанного необходимо исследовать проблему определения простых чисел для использования их в криптографических приложениях.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В. С. КОЗЛОВСКИЙ (курсант), С. М. КАЛИНОВСКИЙ (зам. нач. каф.), УО «ВА РБ»

Широкое применение компьютерных технологий в автоматизированных системах обработки информации привело к обострению проблемы защиты информации, циркулирующей в компьютерных системах, от несанкционированного доступа. Криптографические преобразования данных являются наиболее эффективным средством обеспечения конфиденциальности данных, их целостности и подлинности. Только их использование в совокупности с необходимыми техническими и организационными мероприятиями могут обеспечить защиту от широкого спектра потенциальных угроз.

Классической задачей обеспечения безопасности информации является защита сообщений от несанкционированного чтения посторонними лицами. Изобретение электросвязи создало возможность удаленного перехвата сообщений в пунктах передачи, приема и по пути следования. Основным решением этой проблемы являлись шифры. Таким образом, первой задачей криптографии является обеспечение конфиденциальности информации.

Важным компонентом обеспечения секретности шифрованной информации является сохранение в тайне открытых сообщений. Для этого создана система разграничения доступа. Для обеспечения контроля доступа с помощью криптографических методов были реализованы процедуры идентификации и проверки подлинности пользователей.

Переход на электронный документооборот вызвал необходимость в удостоверении подлинности электронных сообщений и их авторства. На основе криптографии с открытым ключом были разработаны системы электронной цифровой подписи. Подпись позволяет получателю документа доказать, что данный документ не изменялся и был подписан именно отправителем. Таким образом, следующей задачей криптографии является идентификация и проверка подлинности пользователей и данных.

Интенсивное использование криптографических средств для защиты информационного взаимодействия предполагает своевременную оперативную массовую рассылку всем его участникам необходимой ключевой информации. В современных условиях это возможно при создании системы управления ключами, включая их генерацию, рассылку, обеспечение целостности, безопасное использование и уничтожение. Современные криптографические методы позволяют реализовать эффективные протоколы генерации и рассылки ключей.

Однако для эффективного решения перечисленных задач криптографии необходимо реализовать дополнительные функции защиты информационного взаимодействия. К ним относятся службы сертификации, датирования, неотказуемости, расписки в получении, аннулирования, свидетельствования, подтверждения и ратификации. Все перечисленные задачи защиты информации сформулированы, исходя из потребностей существующего информационного мира. Возможно, со временем часть задач потеряет свою актуальность, но более веро-

ятно, что появятся новые. В настоящее же время, криптографические методы применяются для решения таких задач защиты информации, как обеспечение секретности, контроль целостности, идентификация и проверка подлинности, управление ключами.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ В ЯЗЫКЕ С

Д. В. СОКОЛОВ (курсант), П. И. САВКОВ (препод.), УО «ВА РБ»

С 1976 года было создано множество криптографических алгоритмов, использующих концепцию открытых ключей. Как правило, эти алгоритмы основываются на решениях трудных математических задач. В процессе работы алгоритмов необходимо выработка больших простых чисел. Причем формат этих чисел должен быть таким большим, что стандартными типами данных языков программирования представить их нельзя. В этой связи возникает необходимость создания такого программного продукта, который бы позволял:

1. Объявить такую переменную и присвоить ей значение.
2. Хранить такую переменную в памяти и организовать ее адресование.
3. Совершать с такими переменными математические операции и преобразования.

Таким образом, нам требуется логическое упорядочение ячеек компьютерной памяти, с помощью которого можно выражать большие числа, длина которых (несколько сотен разрядов), и производить над ними различные операции.

Наша цель заключается в том, чтобы свести при компиляции операции над большими числами по возможности непосредственно к регистровой арифметике процессора. Поэтому большие целые числа представляются типом `unsigned short int`.

Следующий вопрос – как упорядочить `unsigned short`-элементы внутри вектора. Следует рассмотреть две возможности: слева направо, с убыванием значения разрядов от меньшего адреса ячейки памяти к большему, или наоборот, с возрастанием значения разрядов от меньшего адреса к большему. Второй вариант, противоположный нашей обычной системе обозначений, удобен тем, что размер чисел с постоянным адресом можно изменять просто добавляя разряды и не перемещая ничего в памяти. Таким образом, разряды нашего числового представления возрастают с возрастанием адресов ячейки памяти или индексов вектора.

В дальнейшем число разрядов будет рассматриваться как часть этого представления и храниться в первом элементе вектора. Таким образом, представление чисел большой длины в памяти выглядит так:

$$N = (kn_1 n_2 \dots n_k)_q, 0 \leq n_i < q, i = 1, \dots, k,$$

где q – основное, в нашем случае `unsigned short`: $2^{16} = 65536$; k – число разрядов, равно n_0 ; ноль представляется длиной $k=0$.

Поскольку для натуральных чисел знак не нужен, у нас теперь есть все элементы, необходимые для представления этих чисел. Соответствующий тип данных мы определяем следующим образом:

```
typedef unsigned short big_number;  
typedef big_number BIG_NUMBER[MaxDigit + 1];
```

где `MaxDigit` – максимальное число разрядов;

В соответствии с этим, большое число описывается так: `BIG_NUMBER n`. Далее необходимо определить основные теоретико-числовые функции для нового типа данных для реализации в криптографических приложениях.

ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МАНИПУЛЯТОРА ТИПА ORTHOGLIDE

Р. И. ГОМОЛИЦКИЙ (асп.), А. П. ПАШКЕВИЧ (д. техн. н.), БГУИР

В работе исследуется параллельный манипулятор типа Orthoglide, являющийся альтернативой последовательным манипуляторам, и имеющий более высокую структурную жесткость, лучшее отношение грузоподъемность/вес, а также лучшие динамические свойства и более высокую точность. По результатам динамического анализа [1] математической модели параллельного манипулятора, обладающего квазиизотропными кинематическими и кинестатическими свойствами, проводится его динамический синтез, учитывающий его силовые характеристики. В известных работах [2, 3] осуществлялся только кинематический анализ и синтез данного манипулятора, однако для проведения полного, корректного анализа и синтеза требуется учет как кинематических, так и динамических параметров математической модели.

При синтезе манипулятора из трехмерной матрицы обусловленности тензора инерции $\text{cond}(D)$ рабочего пространства манипулятора, полученного из уравнений Лагранжа, использованных для его динамического анализа, методом золотого сечения находится наибольший куб, вписываемый в фигуру, для которой обусловленность тензора инерции $\text{cond}(D)$ меньше заданного коэффициента λ . Данный куб представляет собой часть рабочего пространства с квазиизотропными силовыми характеристиками, то есть в его пределах манипулятор, с учетом незначительной погрешности, ведет себя как классическая XYZ машина. По результатам данного исследования планируется провести многокритериальный синтез математических моделей параллельного манипулятора типа Orthoglide, учитывающий его кинематические и динамические характеристики, создать его компьютерные модели, которые впоследствии будут интегрированы в САПР RoboMax, разработанный на кафедре автоматического управления БГУИР, и используемый на многих предприятиях республики.

1 Гомолицкий Р. И., Пашкевич А. П. «Динамический анализ манипулятора типа Orthoglide» / Известия Белорусской инженерной академии. – Минск, 2005. – №1(19)/1 2005. – С. 130 –133.

- 2 Chablat, D., and Wenger, P., 2000, «A new three-DOF parallel mechanism: milling machine applications,» 2nd Chemnitz Parallel Kinematics Seminar, Chemnitz, Germany.
- 3 Wenger P., Chablat D. Design of a Three-Axis Isotropic Parallel Manipulator for Machining Applications: The Orthoglide” Workshop, Quebec City, Quebec, Canada, 2002, pp. 16–24.

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ОТЧЕТОВ НА ОСНОВЕ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

А. Л. ГОНЧАРЕВИЧ (магистр.), В. Л. БУСЬКО (к. тех. н.), БГУИР

В докладе рассмотрены алгоритмы формирования статистических отчетов в современных системах делопроизводства (ORCHID, ДЕЛОПРОИЗВОДСТВО, ДЕЛО, LanDocs, DWARF и др.) и проведен их сравнительный анализ [1–5].

Статистические отчеты – одна из форм анализа и оценки результатов деятельности любой организации.

Требования к форме и содержанию статистических отчетов постоянно меняются в ходе эксплуатации. К основным причинам можно отнести: совершенствование нормативно-правовых документов, изменения требований руководителей, совершенствование инфраструктуры и т.п.

При разработке систем автоматизации делопроизводства используются следующие методы формирования отчетов:

- «неизменная форма отчетов и неизменная структура запроса»;
- «настраиваемая форма отчетов и неизменная форма запроса»;
- «настраиваемая форма отчетов и динамически формируемая структура запроса».

Первые два метода широко используются в современных системах делопроизводства. Третий метод рассматривается в данной работе как расширение возможностей второго метода с учетом динамики формирования структуры запроса, используемого для создания статистического отчета.

Таким образом, в докладе предлагается модифицированный вариант метода формирования статистических отчетов в перспективных системах автоматизации делопроизводства. Модифицированный вариант метода позволяет увеличить информативность отчетов и не требует доработки программного обеспечения при изменении содержания отчетов. Практическое использование метода возможно в системах информационно-аналитической поддержки процессов принятия решений в условиях неполноты информации в отношении требований к формированию отчетов.

- 1 Крайсл Б. Изучи сам Lotus Notes. Мн.: Попурри. 1998. – 432 с.
- 2 Мамаев Е.В. Microsoft SQL Server 2000 в подлиннике. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1280 с.
- 3 Бирн Д. Microsoft SQL Server. Руководство администратора. М.: Лори, 1998. – 224 с.
- 4 Аллен К., 101 ORACLE PL/SQL. М.: Лори, 2001. – 368 с.
- 5 М. Терьо и др. 101 ORACLE. Настольная книга администратора. М.: Лори, 2001. – 512 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БАНКОВСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ «КЛИЕНТ–БАНК»

А. И. РЫЖКОВСКИЙ (магистр.), С. С. СМОРОДИНСКИЙ (к. тех. н.), БГУИР

Автоматизированная система «клиент–банк» – это многопрофильная система по оказанию различного спектра банковских услуг клиентам. Система реализована в ОАО «Белвнешэкономбанк» с использованием новейших банковских технологий и до 2004 года была представлена сетевой версией программного комплекса PIE NET, который функционировал под управлением операционной системы DOS. В настоящее время осуществляется поэтапный переход к использованию программного комплекса «Электронные платежи» с ориентацией на операционную систему класса Windows. Ядро комплекса «Электронные платежи» построено на основе IMAP-протокола с использованием криптозащиты Enigma.

В докладе приводится описание программного комплекса «Электронные платежи», который предусматривает работу клиента с банковскими счетами при помощи мощного локального программного обеспечения (клиентская часть системы) и шлюза обработки данных для банковской платежной системы AS400 (серверная часть). Комплекс предусматривает реализацию большей части банковских операций, включая запросы клиентов в произвольной форме. При этом остается актуальной проблема автоматизированной регистрации клиентов в банковской сети и сети филиалов, а также расширение спектра услуг, оказываемых клиентам. Одной из таких услуг, оказываемых банком, является ежедневное формирование выписок по счетам, а также рассылка курсов валют, как клиентам банка (юридическим лицам), так и пользователям Интернет-сайта (физическим лицам).

В докладе предлагается программные решения, ориентированные на повышение уровня автоматизации предлагаемых банковских услуг на основе Web – технологий. Преимущество таких технологий заключается в том, что при создании автоматизированного рабочего места сотрудника банка нет необходимости в установке локального программного обеспечения. Филиалы банка распределены по регионам и с любого филиала возможен удаленный доступ к банковскому WEB-серверу с помощью сети Интернет. Все необходимые настройки и скрипты находятся на сервере и могут обеспечивать полнофункциональную работу пользователей, а также мониторинг всех действий для администратора. Кроме того, при автоматизации какой-либо ручной работы, выполняемой операторами банка, можно использовать планировщик процессов на сервере. При этом предварительно анализируются все происходящие процессы на этапе ввода и создается автоматизированный комплекс, который обеспечивает выполнение предписанных операций по строгому регламенту.

Таким образом, автором доклада выполняется разработка автоматизированного банковского комплекса, который обеспечивает оперативное выполнение банковских операций с использованием Web-технологий, автоматическое обновление информации на Интернет-сайте с локального сервера, рассылку корреспонденции и

уведомление пользователей о наличии новых данных о курсах валют, ставке рефинансирования и др. Автоматизированный банковский комплекс развивается в следующих направлениях: создание криптоустойчивого канала связи клиентов с банком, реализация платежных операций клиента с использованием возможностей сети Интернет, создание программных средств для автоматизированной регистрации клиентов в распределенной сети филиалов банка.

СИСТЕМА БАЗ ЗНАНИЙ «3ESYSTEM»: EFFECTIVE AND EASY EDUCATION SYSTEM

И. А. ШИРКО (студ.), И. Н. КОПЕНСКАЯ (ассист.), БГУИР

Система баз знаний «3Esystem» представляет собой автоматизированную поддержку самостоятельной работы студентов, позволяющую проводить контроль и самоконтроль уровня усвоения материала, выступать в роли тренажера при подготовке и обучении. [1, 2]

В докладе приводится описание системы базы знаний “3ESYSTEM”, которая состоит из модуля дистанционного обучения и тестирования, модуля сетевого обучения и тестирования, редактора обучений и тестов, проигрывателя обучений и тестов.

Модуль дистанционного обучения и тестирования снимает все ограничения, возникающие при обучении и тестировании. Проигрыватель обучений и тестов поддерживает голосовой ответ на русском или английском языке посредством микрофона, говорящего гида, автоматически выставляет оценки по заданному преподавателем шаблону, использует плагины и скины для выбора оптимальных для пользователя интерфейса и конфигурации программы, предоставляет большие функциональные возможности в манипулировании с файлами тестов и т.д. Редактор обучений и тестов поддерживает текстовую, графическую и мультимедийную информацию. [3]

Благодаря удобной инсталляции, мощной справочной системе и многочисленным подсказкам, работа с 3Esystem происходит с эффективностью и удобством. Система баз знаний максимально удобно позволяет создавать и проводить тесты и обучение любого типа и сложности и может быть реализована с небольшими затратами за счет своей универсальности.

1 Голенков В.В., Осипов Г.С., Гулякина Н.А. и др. Программирование в ассоциативных машинах. Монография, – Мн.: БГУИР, 2001, 274.

2 Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Питер, 2001 с. 384.

3 Коренская И.Н., Харсеев А.П., Ширко И.А.. Тестирующая система PETS: POWER & EASY TEST SYSTEM. // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века. Материалы IV Международной конференции, – Мн.: БГУИР, 2004, 476.

ВЫКАРЫСТАННЕ ІНФАРМАЦЫЙНЫХ РЭСУРСАЎ ДЛЯ НАВУКОВАГА ЗАБЕСПЯЧЭННЯ МЕДЫЦЫНСКОЙ АДУКАЦЫІ Ў РЭСПУБЛІЦЫ БЕЛАРУСЬ

Н. Ю. ВАЙЦЭХОВІЧ, БДУКМ

Нацыянальныя ІР па медыцыне ўяўляюць сабой дынамічную ўзаемазвязаную сукупнасць першасных і другасных крыніц інфармацыі, якая характарызуецца інтэнсіўным узбуйненнем аб’ёму і ўскладненнем унутранай структуры. Асноўная мэта існавання ўсёй галіновай сістэмы ІР – дасягненне якасна новага ўзроўню паўнаты і аператыўнасці задавальнення інфармацыйных патрэб карыстальнікаў, адпаведнага развіццю сучаснай медыцынскай навукі і здольнага садзейнічаць гэтаму развіццю. Аб’ект даследавання – ІР па медыцыне ў Беларусі. Мэта даследавання – аналіз выкарыстання ІР па медыцыне для забеспячэння адукацыйнага комплексу ў Рэспубліцы Беларусь і тэарэтычная мадэль іх выкарыстання. У адпаведнасці з задачай даследавання выкарыстоўваецца комплекс узаемадапаўняльных метадаў: агульналагічныя (аналіз, сінтэз, абстрагаванне, абагульненне, індукцыя), агульнанавуковыя (ад абстрактнага да канкрэтнага, экспертная ацэнка), спецыяльныя (бібліяметрычны, кантэнт–аналіз, статыстычны аналіз пры вывучэнні інфармацыйных патокаў і іх адлюстравання ў бібліяграфічных крыніцах).

Для эфектыўнага выкарыстання ІР ў сферы медыцынскай адукацыі неабходна ўзгадненне і ўзаемадзеянне ўсіх складнікаў сістэмы медыцынскай інфармацыі, асноўнымі з якіх з’яўляюцца вытворцы інфармацыі, сістэма апрацоўкі, захавання і распаўсюджвання інфармацыі, тэхналогіі і карыстальнікі інфармацыі. Рэальнае выкарыстанне створаных у свеце ІР па медыцыне магчыма толькі пры стварэнні нацыянальнай сістэмы медыцынскай інфармацыі на аснове новых інфармацыйных тэхналогій: садзейнічэнне падключэнню навуковых, адукацыйных і лячэбна-прафілактычных устаноў да Інтэрнэт, укараненне сродкаў электроннай дастаўкі дакументаў, павышэнне паўнаты баз дадзеных медыцынскіх бібліятэк за кошт стварэння сістэмы карпаратыўнай каталагізацыі, анатаванне баз дадзеных і уніфікацыя індэксавання ўключаных дакументаў, развіццё сістэмы захоўвання і распаўсюджвання інфармацыі на аснове стварэння магутнага Он-лайн цэнтра з сучасным праграмным забеспячэннем і падключэннем да Інтэрнэт па хуткасных каналах сувязі. Найважнейшай умовай развіцця сістэмы ІР па медыцыне і яе эфектыўнага выкарыстання з’яўляецца ўключэнне яе ў агульную нацыянальную сістэму ІР і узаемаабмен інфармацыяй з міжнароднымі і іншымі нацыянальнымі сістэмамі медыцынскіх ІР.

САЦЫЯЛЬНА-ПЕДАГАГІЧНАЯ РАБОТА ДЗІЦЬЧАЙ БІБЛІЯТЭКІ ПА ПРАФІЛАКТЫЦЫ ДЭВІЯНТНЫХ ПАВОДЗІН ПАДЛЕТКАЎ

В. С. КАПРАНАВА (асп.), БДУКМ

Сацыяльна-эканамічнае і культурнае становішча ў краіне і свеце не лепшым чынам сказваецца на выхаванні дзяцей і падлеткаў. Страта маральных ідэалаў, культурных каштоўнасцей, зніжэнне статуса сям’і як першаснага сацыяльнага інстытута ў справе выхавання, крміналізацыя навакольнага асяроддзя паступова вядуць да дэфармацыі асобы непаўналетніх. Асабліва гэта небяспечна ў падлеткавым узросце, калі адбываецца станаўленне ўласнага светапогляду, фарміраванне ўменнеў і навыкаў зносінаў з аднагодкамі і дарослымі. Пры наяўнасці неспрыяльных умоў у падлеткаў назіраецца фарміраванне асацыяльных або дэвіянтных паводзін.

Стварэнне комплекснай праграмы па прафілактыцы і прадукіненню дэвіянтных паводзін падлеткаў дазволіць аб’яднаць намаганні дзіцячай бібліятэкі і сацыяльна-культурнага ўстаноў рознага профілю па стварэнні спрыяльных умоў для развіцця і выхавання сацыяльна адаптаванай асобы.

Аб’ектам даследавання выступае сістэма “падлетак – бібліятэка – сям’я”.

Распрацаваная метадыка дазволіць прааналізаваць сацыяльна-культурнае становішча ў зоне абслугоўвання, стварыць банк дадзеных аб колькасці падлеткаў-чытачоў, характары іх сямей і ўзаемаадносінах паміж бацькамі і падлеткамі.

Атрыманыя вынікі дазваляць упершыню абгрунтаваць дзейнасць дзіцячай бібліятэкі як сацыяльна-педагагічнага цэнтра ў сістэме сацыяльна-педагагічнай дзейнасці грамадства.

Укараненне сацыяльна-педагагічных метадыч і тэхналогій у практыку айчынных бібліятэк можа аказаць значны ўплыў на паліпшэнне сацыякультурнага становішча ў краіне. Работа з дэвіянтнымі падлеткамі будзе весціся сістэматычна і ўсебакова. Прывядзенне прафілактычных мерапрыемстваў дазволіць выходзіць непаўналетніх грамадзян у адпаведнасці з агульначалавечымі правіламі і каштоўнасцямі.

ДЗЕЙНАСЦЬ ПУБЛІЧНЫХ БІБЛІЯТЭК ПА ЭКАЛАГІЧНЫМ ВЫХАВАННІ ПАДЛЕТКАЎ: ТЭАРЭТЫКА-МЕТАДЫЧНЫ АСПЕКТ

В. А. КАКШЫНСКАЯ (вядучы бібліятэкар навукова-даследчага аддзела бібліятэказнаўства Нацыянальнай бібліятэкі Беларусі)

Інфарматызаванае грамадства ўяўляе сабою вынік развіцця чалавечай цывілізацыі, заснаванай на дасягненнях тэхнікі, на імкненні да пераадолення залежнасці чалавека ад прыроды. Далейшае развіццё эканомікі, навукі, культуры не можа ажыццяўляцца без уліку вынікаў уплыву чалавека на прыроду. На сучасны момант у цэнтры ўвагі аказаліся праблемы глабальных экалагічных зменаў як вынік нерацыянальнага, бяздумнага прыродакарыстання.

Бібліятэкі з іх багатымі інфармацыйна-дакументнымі рэсурсамі ўваходзяць у сістэму экалагічнага выхавання падрастаючага пакалення і прымаюць актыўны ўдзел у экалагічнай асвеце і інфармаванні падлеткаў.

Асноўнай мэтай даследавання з’яўляецца стварэнне тыповой мадэлі экалагічнага выхавання падлеткаў, якая забяспечыць удасканаленне экалагічнага выхавання падлеткаў сродкамі бібліятэкі.

Аб’ектам даследавання з’яўляецца экалагічнае выхаванне падлеткаў ва ўмовах публічнай бібліятэкі; прадметам – тэарэтычны і метадычны аспект экалагічнага выхавання.

У працэсе даследавання была выкарыстана “Я-канцэпцыя”, разгледжаная І.В.Ільенковым.

Навуковая навізна работы: ўпершыню ў Рэспубліцы Беларусь звернута ўвага на экалагічнае выхаванне падлеткаў ва ўмовах бібліятэкі.

Практычнае прымяненне атрыманых вынікаў дасць магчымасць для распрацоўкі тыповой мадэлі экалагічнага выхавання падлеткаў. Гэта дазволіць павысіць узровень экалагічнай культуры падрастаючага пакалення, садзейнічаць развіццю і ўкараненню прыродазахоўваючых тэхналогій, што ў сваю чаргу паспрыяе стабілізацыі працэсаў матэрыяльнага і духоўнага жыцця грамадства.

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ В СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ БИБЛИОТЕКИ

С. Е. ТАРАСЕВИЧ (асп.)

Республиканская научная медицинская библиотека Беларуси – крупнейший отраслевой информационный центр. Она является своеобразным «электронным архивом», который организует доступ к национальным и мировым информационным сетям и банкам данных. Расширение доступа к информационным ресурсам повлекло за собой изменения в библиотечно-информационной среде. В настоящее время библиотека работает по трем направлениям:

- традиционное (пользователь, как и раньше, приходит в библиотеку получить книгу);
- использование локальных электронных источников информации;
- удаленный доступ к мировым информационным ресурсам.

При сравнении параметров активности пользователей и целей посещения библиотеки выявлено, что основной контингент профильных читателей (40 %) заняты научной работой или преподаванием. Используя методы анкетирования и наблюдения, установлены 2 группы пользователей, которые можно поделить по

возрастному признаку: люди более старшего поколения, которые привыкли работать с традиционными карточными каталогами или за компьютером с помощью консультанта, и молодые читатели, для которых компьютер — часть их повседневной жизни.

Сегодня библиотека ориентируется на создание таких условий внутрибиблиотечной среды, при которых любой пользователь независимо от его информационной подготовленности, может работать в библиотеке самостоятельно, обращаясь к персоналу за консультациями в исключительных случаях.

Переподготовка сотрудников, подготовка квалифицированных пользователей являются сегодня одним из возможных направлений рационального поиска необходимой информации.

С целью расширения возможностей поиска релевантной информации необходимо повышать информационную культуру двух возрастных групп пользователей по специальным методикам. Не менее важной является переподготовка сотрудников библиотеки, работающих с электронными информационными ресурсами. Предложены направления обучения в форме консультационных занятий, что реально повысит комфортность поиска информации. В этих условиях повышается роль библиотеки как педагогического центра.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

О. Н. БУШМИЧ (магист.), Н. А. ГУЛЯКИНА (к. физ-мат н.), БГУИР

В настоящее время в Интернете стало возможным не просто предоставление информации, а реализация возможности интерактивного взаимодействия пользователя с предоставленными информационными ресурсами. Примером такого ресурса, является интерактивная Web-галерея «Электронный гобелен», которая позволяет осуществить полноценное взаимодействие пользователей из различных стран, участвующих в одном социальном проекте «Вместе из прошлого в будущее» посредством автоматизированного пополнения Web-галереи своими работами.

Основной проблемой при создании интерактивных Web-галерей является проблема размещения графических файлов, добавленных пользователем. Помимо коррекции размеров и реализации административного центра, контролирующего добавление новых графических файлов, существенным является осуществление выбора оптимального местоположения пользовательских файлов на Web-странице путем анализа их цветосодержания. Для этого в проекте реализован алгоритм экспертной поддержки, основанный на принципах цветового конструирования, который осуществляет построение полотна виртуального гобелена с учетом цветовой гаммы добавляемых в него работ. Где для общего решения цветовой композиции имеет значение выбор цветов, их отношение друг к другу, их место и направление в пределах данной композиции, симультанные связи, размеры цветowych площадей и контрастные отношения в целом [1].

1 Рассмотренная интерактивная Web-галерея «Электронный гобелен» была разработана для Международного Гуманитарного Фонда Иоханес Иттен. Основы цвета. Издательство: Дизайн, 2000 – 96 с.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПАРКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ КРУПНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В. В. КОЛБАСКО (магист.), Н. А. ГУЛЯКИНА (к. физ-мат н.), БГУИР

Проблематикой области исследования в магистерской работе является сбор/интеграция во едино всех аспектов работы, связанных с использованием ПЭВМ на крупном предприятии, техническое обслуживание, ремонты, модернизация, составление проектов прокладки ЛВС, диагностика и поиск неисправностей ЛВС, контроль износа и амортизации техники, генерация прогнозов и планов по обновлению парка компьютерной техники.

Целью работы является проектирование и разработка экспертной системы учета парка компьютерной техники крупного предприятия с применением геоинформационных технологий. Объектами исследований являются: ЛВС крупного предприятия, парк компьютерной техники, пользователи техники на предприятии.

Научная новизна в применении ГИС технологий в моделировании структуры/топологии ЛВС (автору не известны подобные системы, на практике распространен схематичный метод изображения). Генерация и учет документации (о заявках на закупку, вводе в эксплуатацию, ремонтах и модернизации, внутреннем перемещении на предприятии, списании) с привязкой к конкретным единицам техники, которой это касается. Это позволяет отслеживать историю техники (автору известны только системы документооборота, без привязки к конкретным единицам техники). По окончании работы систему планируется внедрить на предприятии ОАО «Белэнерго-ремналадка».

1 Межрегиональная общественная организация содействия развитию рынка геоинформационных технологий и услуг. [Сайт ГИС ассоциации] – <http://www.gisa.ru/>.

2 Центр ГИС аналитик. [Сайт центра] – <http://www.giscenter.net/>

3 Лаборатория геоинформационных систем. [Сайт лаборатории] – <http://gis.ce.cctpu.edu.ru/>

ОБУЧЕНИЕ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ В СЕМАНТИЧЕСКОМ ЭЛЕКТРОННОМ УЧЕБНИКЕ

Д. В. РОЖАНСКИЙ (асп.), В. В. ГОЛЕНКОВ (д. техн. н.), БГУИР

Компьютерные средства обучения широко используются в современном образовательном процессе, особенно при дистанционном обучении. Это позволяет реализовать ряд новых возможностей, в том числе автоматизировать контроль знаний [1]. Однако в современных обучающих системах контроль знаний и умений организован в виде тестов, где пользователь должен выбрать один или несколько правильных ответов из предложенных ему вариантов. Если в задании подразумевается открытый ответ на вопрос, то такое задание уже оценивается не автоматически, а преподавателем. Это накладывает существенное ограничение на типы используемых задач, которые должны иметь однозначный ответ. Задачи с бесконечным числом ответов и задачи на корректность действий (например, задачи на доказательство) не могут быть использованы.

Второй недостаток связан с обучением решению задач. Если при контроле знаний можно ограничиться автоматической оценкой того, решена ли задача или нет, то для обучения решению этого явно недостаточно. Пользователь должен иметь возможность получить гораздо более обширную информацию – о допущенных им ошибках, рекомендации по их устранению, а также возможность решить свою собственную задачу.

В семантическом электронном учебнике (СЭУ) вся учебная информация представляется формально в виде однородной семантической сети. Соответственно формулировки всех учебных задач также представлены в виде фрагмента семантической сети и могут быть проинтерпретированы. СЭУ состоит из трех интеллектуальных подсистем: решателя предметных задач, решателя репетиционных задач и решателя дидактических задач. Любой решатель имеет свою базу знаний, операции ее переработки и пользовательский интерфейс [2].

К предметным относятся любые задачи по предметной области учебника. На основе формального описания условий задачи предметный решатель составляет план решения, ищет и применяет нужные способы решения из своей базы знаний. Решатель репетиционных задач проверяет решения задач пользователями на основании их ответов и протоколов их действий при решении задач, выдает пользователям рекомендации по решению задач. Данные средства реализуются в рамках разработки СЭУ по теории графов и планиметрии.

1 Башмаков А.М., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М., 2003г.

2 Сердюков Р.Е., Голенков В.В. Архитектура семантических электронных учебников. // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы V науч.-метод. конф. – Мн.: БГУИР, 2005 – С.167–170.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ЗНАНИЯМИ УЧЕБНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

М. С. СЕМЕНОВА (магист.), В. В. ГОЛЕНКОВ (д. техн. н.), БГУИР

В современных учебных организациях нашей страны проводится новая образовательная политика, опирающаяся на «инженерный подход» к разработке системы образования. Эта политика предполагает создание открытых образовательных систем. Открытость образовательных систем означает свободу зачисления в число обучаемых и выбора учебных курсов, составление индивидуального учебного плана, а также свободу мест, времени, форм и типов обучения. Для функционирования открытых образовательных систем необходимо создание информационно-технологической структуры на основе новых информационных и коммуникационных технологий и технологий искусственного интеллекта, которые включают интеллектуальные обучающие системы (ИОС), интеллектуальные системы управления знаниями, онтологии, многоагентные системы учебного назначения, системы поддержки принятия управленческих решений (СППР), корпоративные базы знаний. Базовой структурной единицей открытого высшего образования является выпускающая кафедра, оснащенная компьютерной корпоративной системой, в которой интегрируются информационные ресурсы по дисциплинам, ИОС, автоматизированные обучающие системы, СППР, базы данных, базы знаний и системы управления базами знаний и данных. В данной работе главным объектом изучения является интеллектуальная система управления корпоративными знаниями выпускающей кафедры. Интеллектуальная система управления знаниями позволит объединить образовательные, информационные, педагогические и другие ресурсы выпускающей кафедры с целью формирования гибких, легко перестраиваемых учебных модулей, которые обеспечат интенсификацию, индивидуализацию и непрерывность обучения.

1 Голенков В.В., Тарасов В.Б., Елисеева О.Е. и др. Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации: Монография – Мн.: БГУ, 2001

ВИЗУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ ИХ СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

И. С. ШИНКАРЕНКО (магист.), В. В. ГОЛЕНКОВ (д. техн. н.), БГУИР

Подготовка специалистов в области информационных технологий невозможна без изучения и анализа существующих программных систем на основе их исходных текстов. Как правило, подобные программы достаточно сложные для их традиционного анализа. Поэтому необходимо осуществлять поиск альтернативных методов изучения и анализа таких систем. Предлагаемое направление в решении данной проблемы является разработка методов и средств трехмерной визуализации семантической структуры программ. Семантическая модель программы является формальным представлением, полученным на основе анализа исходных текстов на традиционном языке программирования. Изображение этой семантической модели в трехмерном пространстве позволяет осуществлять визуальный анализ и изучение структуры программы.

Актуальность разработки методов и средств трехмерной визуализации семантической структуры программ заключается в том, что изучение программ на основе исходных текстов осложняется ограниченной возможностью семантики традиционных языков программирования [1, 2]. Представление программы в виде семантической сети в трехмерном пространстве позволяет получить когнитивный эффект, поскольку трехмерное пространство является наиболее адекватной формой восприятия человека. Основными преимуществами такого подхода являются естественность представления объектов реального мира и наглядность изображаемой информации.

Основная цель исследований в области визуального изучения и анализа программных систем представляется автору в виде разработки общих принципов построения и пространственной визуализации семантической структуры программ, а так же реализация программного средства для визуального анализа программ на языке Java.

В основе средства для трехмерной визуализации программ лежит разработанная формальная модель представления Java программ в виде семантической структуры. Эта структура отражает все семантические особенности программы, и позволяет применять к ней различные поисковые и навигационные алгоритмы. С другой стороны подобную семантическую модель можно изобразить в привычном для каждого человека трехмерном пространстве, что позволит ему увидеть ранее недоступные аспекты, которые были скрыты семантикой языка программирования.

Разработка подобных методов и средств визуального анализа программ позволит специалистам в области информационных технологий использовать новые подходы для изучения, а в перспективе и создания сложных программных комплексов.

1 M.Najork, S.Kaplan. *The Cube Language* //In 1991 IEEE Workshop Visual Languages. – p. 218–224.

2 Ephraim P. Glimet, “*Out of flatland: towards 3–D visual programming*”, 1987 Fall Joint Computer Conference, IEEE Computer Society Press, pp.292–299, 1987.

Радиотехника
и электроника.
Компьютерное
моделирование
и системы
автоматизированного
проектирования

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОПАСНОЙ ВЫСОТЕ БОМБОМЕТАНИЯ ЭКИПАЖА ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТ

И. В. БАЛАБАНОВ (курсант 5 к), С. Б. КАЛИТИН (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»

При проведении бомбометания существует вероятность поражения летательного аппарата (ЛА) осколками от взрыва собственных средств поражения (АСП). В мирное время причинами таких происшествий, как правило, является несоблюдение установленных руководящими документами безопасных высот применения АСП. При ведении боевых действий причинами таких происшествий могут явиться интенсивное маневрирование при напряженной тактической обстановке, изменение погодных условий при выполнении боевого задания. Поэтому в настоящее время актуальным является разработка устройства предупреждения об опасной высоте применения АСП.

Из анализа ТТХ и ЛТХ ЛА, находящихся на вооружении ВВС РБ, видно, что поражению от осколков собственных средств поражения наиболее подвержены вертолеты Ми-8МТ, так как они менее скоростные, менее маневренные и не имеют элементов бронированной защиты. Предполагаемое устройство будет представлять собой блок логического анализа значений текущей высоты и заданной высоты. Выходным сигналом будет являться признак превышения или понижения заданной опасной высоты бомбометания.

В структуру устройства входят:

- ЗУ, предназначенное для хранения заданных значений опасной высоты бомбометания;
- устройство ввода исходных данных, предназначенное для ввода данных в ЗУ;
- ПУ, который предназначен для активизации соответствующей ячейки ЗУ в зависимости от выбираемой для применения бомбы;
- вычитающее устройство, предназначенное для определения признака превышения или понижения заданной опасной высоты бомбометания;
- логическое устройство, которое в зависимости от признака превышения или понижения заданной опасной высоты бомбометания, пропускает или не пропускает сигнал + 27 В на вход речевого информатора.

Устройство сопрягается со следующим бортовым оборудованием:

- с речевым информатором, необходимым для предупреждения об опасной высоте бомбометания экипажа вертолета Ми-8МТ;
- с датчиком высоты, необходимым для определения текущей высоты полета вертолета.

Введение в состав бортового оборудования вертолета Ми-8МТ устройства предупреждения об опасной высоте бомбометания экипажа вертолета Ми-8МТ позволит исключить случаи поражения вертолета Ми-8МТ осколками собственных средств поражения, а так же произвести информационную разгрузку экипажа (ему не придется отслеживать визуальную опасную высоту бомбометания).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СТАТИЧЕСКИ НЕУСТОЙЧИВОЙ РАКЕТЫ

А. С. БАБАРЕКА (курсант 4к.), А. Н. МОРОЗ (курсант 4к.), С. А. ШАБАН (канд.техн.наук), УО «ВАРБ»

В работе определяются и анализируются параметры передаточных функций зенитной управляемой ракеты. Показано, что ракете как объекту управления присущ целый ряд недостатков. Коэффициент усиления ракеты по нормальному ускорению изменяется в десятки раз, большая колебательность переходного процесса ракеты приводит к увеличению силы лобового сопротивления и снижению дальности полета. Кроме того, ракета на начальном участке полета статически неустойчива.

Целью работы является определение структуры и параметров системы стабилизации для обеспечения требуемых показателей качества функционирования в переходном и установившемся режимах. Для чего проведен аналитический синтез системы стабилизации ракеты по методу стандартных коэффициентов.

Для решения поставленной цели в работе построена математическая модель ракеты, как объекта управления, обоснован выбор структуры и места включения корректирующих устройств, проведен расчет численных значений параметров корректирующих устройств, проведено исследование синтезированной системы стабилизации ракеты с точки зрения выполнения ею цели управления.

По синтезированной структуре проведено моделирование системы стабилизации ракеты в среде «Matlab-Simulink».

Полученные структуры и модели могут быть использованы для построения и исследования контуров управления зенитных управляемых и авиационных ракет.

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А. Н. БЕЛЕГОВ (адъюнкт), А. А. ЛОБАТЫЙ (д-р техн.наук), УО «ВАРБ»

Эффективность функционирования сложной технической системы (СТС) в процессе эксплуатации существенно зависит от её технического состояния (ТС). Без принятия специальных мер, ТС СТС ухудшается. В связи с этим вытекает проблема по совершенствованию методов и средств управления ТС в процессе эксплуатации СТС. Целью проведения исследований является повышение качества оценки ТС СТС для создания условий перехода на их эксплуатацию по техническому состоянию.

Основным средством поддержания надежности СТС в процессе эксплуатации является периодическое проведение контроля их ТС с помощью автоматических средств контроля (АСК). Обнаруженные при контроле не-

исправности устраняются, в результате чего надежность СТС повышается, а эффективность их применения приближается к заданному технической документацией уровню.

Наличие вычислительных устройств в АСК позволяет прогнозировать состояние СТС при дальнейшей эксплуатации, а также определить ее эффективность по измененным значениям параметров. Решение задач прогнозирования весьма важно, в частности, для организации технической эксплуатации СТС по состоянию (вместо эксплуатации по срокам или по ресурсу). Правильно организованное методическое обеспечение с хранением всех предшествующих результатов контроля может дать полезную и объективную информацию, представляющую собой предысторию (динамику) развития процесса изменения технических характеристик СТС в прошлом, что может быть использовано для систематической коррекции прогноза и повышения его достоверности.

Для решения данной задачи предлагается подход, заключающийся в декомпозиции контролируемой СТС и аналитическом определении интенсивностей смены состояний для каждой подсистемы. Переход подсистем СТС из исправного состояния в неисправное происходит с учётом их взаимосвязей. Учёт взаимного влияния подсистем осуществляется на основе методов, предложенных в работе [1] и основанных на использовании при составлении математической модели СТС аппарата теории графов и дифференциальных уравнений разрывного типа. Предлагаемый подход позволяет:

- оценить вероятность нахождения АУР в исправном или неисправном состоянии заданное время;
- прогнозировать вероятностные характеристики момента времени перехода из одного состояния в другое.

Даже приближённое знание этих характеристик СТС, а так же вероятностное прогнозирование поведения системы позволит выработать более правильные рекомендации по наиболее рациональному использованию СТС, в том числе и осуществить переход на их эксплуатацию по состоянию.

1 Лобатый А.А. Топология мультиструктурных технических систем / Минск: ВАРБ, 2000. – 160с.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ВЫВОДА ИСТРЕБИТЕЛЕЙ НА ВОЗДУШНЫЕ ЦЕЛИ

Е. Е. ДРОЗДОВСКИЙ (курсант 2 к.), С. А. КОСТЕВИЧ, УО «ВА РБ»

Анализируя алгоритмы расчета траекторий наведения истребителей на воздушные цели комплексами средств автоматизации пунктов наведения истребительной авиации (далее по тексту КСА ПН ИА) различных поколений напрашивается утверждение, что конечный этап наведения из-за небольших ресурсов вычислительной техники изобилует рядом упрощений и допущений. Однако от точности расчета конечного этапа вывода истребителя на воздушную цель зависит в целом успех выполнения поставленной боевой задачи. Методы расчета дальности пуска ракет в алгоритмах КСА ПН ИА первого и второго поколений сводилось к записи этих дальностей из тактико-технических характеристик ракет в память ЭВМ в первом случае и аппроксимации дальностей пуска ракет по высотам во втором случае. Решение задачи методом разложения полинома в степенной ряд по сравнению с другими методами приводит к существенному повышению точности расчета оптимальной дальности типовой ракеты, поддается описанию на современных языках программирования и не требует больших системных ресурсов ЭВМ. Перечисленные достоинства разложения полинома в степенной ряд делают его привлекательным для внедрения в программном обеспечении при построении траектории наведения в современных КСА ПН ИА.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКОРОСТИ, РАБОТАЮЩЕГО НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ СИГНАЛА ОТ РАДИОВЫСОТОМЕРА МАЛЫХ ВЫСОТ

А. В. ЗИКРАТЬЕВ (курсант 5 к.), С. Б. КАЛИТИН (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»

Модернизация самолета МиГ-29 повысила эффективность боевого применения. Расширились возможности применения МиГ-29 по земле с использованием новых средств поражения. Атака наземных целей самолетом МиГ-29 возможна в различных режимах полета, при этом все они требуют измерения вертикальной скорости для точного выхода на боевой курс и обеспечение безопасных условий полета и бомбометания.

Измерение вертикальной скорости полета на самолете МиГ-29 производит комбинированный прибор ДА-200П. Его показания устанавливаются с запаздыванием, а погрешность измерения зависит от высоты полета и увеличивается в процессе эксплуатации вследствие механического износа передаточно-множительного механизма манометрической коробки.

Для более точного измерения вертикальной скорости предлагается устройство, работающее на основе дифференцирования сигнала радиовысотомера малых высот. Такой метод измерения позволит избежать инерционности измерения, зависимости погрешности измерения от высоты полета и сроков эксплуатации, так как измерение производится радиоэлектронным способом.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОСТОВОГО КОВЕРТОРА С РЕЗОНАНСНЫМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ СЕКЦИЙ И ФАЗОИМПУЛЬСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Ю. А. ДРОБЬ (курсант 5 к.), А.Н. МАЛАШИН (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»

В настоящее время приборы и устройства силовой электротехники, разрабатываемые для профессионального применения, активно оптимизируются по таким критериям, как масса, габариты, коэффициент полезного действия, надежность, стоимость. Эти требования неуклонно ужесточаются, то есть хочется иметь прибор с минимальными габаритами и массой, и при этом – с высоким КПД, высокой надежностью и низкой стоимостью.

Существующая на сегодняшний момент элементная база, конечно, обладает достаточно высокими динамическими характеристиками, но, тем не менее, они еще далеки от идеальных. С целью улучшения потребительских свойств изделий приходится прибегать к известным мерам: повышать рабочие частоты преобразования, уменьшать потери мощности на силовых установках, снижать и исключать динамические перегрузки в силовой части схемы. Зачастую эти меры противоречат друг другу. Поэтому дальнейшая оптимизация параметров преобразовательной техники возможна только с помощью перехода на новые принципы построения этих устройств. Мостовой конвертор с резонансным переключением секций является перспективным направлением решения проблем современной преобразовательной техники.

Он позволяет реализовать режим переключения транзисторов при нулевом напряжении сток-исток, т.е. без коммутационных потерь. При этом: амплитуда тока через ключи не увеличивается вплоть до короткого замыкания в нагрузке. Также полностью отсутствует проблема сквозных токов, что упрощает и делает надежным управление транзисторов. Отпадает и проблема создания быстрых защит для предотвращения режима КЗ.

Схемы с резонансным переключением секций являются предметом «ноу-хау» и не имеют точных расчетов. Большинство известных схем получено опытным путем.

Имитационная модель конвертора позволяет определить режим работы схемы обеспечивающий:

- Переключения силовых транзисторов без коммутационных потерь.
- Завал фронтов напряжений и токов, что снижает уровень электромагнитных наводок.
- Использование в качестве ФИМ контроллера готовой интегральной схемы UC1875J.
- Возможность работы в режиме синхронизации по частоте, что исключает предпосылки для возникновения нерегулярных пульсаций при одновременной работе нескольких блоков.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА И КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ

И. И. КИЧИГИН (курсант 5 к.), Ю. А. ПОДГУРСКИЙ (курсант 5 к.), В. Г. САПЬЯНИК, УО «ВА РБ»

С конца 1980-х годов на вооружении истребительной авиации ВВС РБ находятся самолеты четвертого поколения Су-27П. Основу комплекса авиационного вооружения данного самолета составляет система управления вооружением Ш-101 основным информационным каналом которой является радиолокационный прицельный комплекс. Для качественного изучения данного прицельного комплекса необходимо кроме глубоких теоретических знаний иметь и практические навыки.

Задачей является разработка лабораторной установки для исследования дальномерного канала и канала измерения скорости РЛПК-27 на базе стендового комплекта СК-100 системы управления вооружением Ш-101. В состав стенд входит контрольно-проверочная аппаратура специального назначения, имитатор внешних сигналов, сам радиолокационный прицельный комплекс. Оборудование стенда СК-100 позволяет имитировать цель по дальности и скорости, а также изменять параметры, поступающие в систему управления вооружением истребителя с внешних систем (высота, скорость полета и т.д.). Изменяя параметры цели, сигналы с внешних систем имеется возможность провести анализ работы каналов скорости и дальности. Контроль выходных данных осуществляется считыванием необходимой информации в последовательной линии связи через устройство сопряжения с ПЭВМ, подключаемое к технологическому разъему.

Данную лабораторную установку предлагается использовать в учебном процессе, проведении исследовательских работ.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОБЛЕТА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВООРУЖЕНИЕМ СУВ-30К САМОЛЕТА СУ-27УБМ1

В. А. КУНАХОВЕЦ (курсант 5 к.), Д. Ю. ОЛЕЙНИК, УО «ВА РБ»

В результате создания многофункционального истребителя Су-27УБМ1, способного «работать» как по воздушным, так и по наземным, и надводным целям, появилась необходимость создания программы облета системы управления вооружением СУВ-30К самолета Су-27УБМ1.

Цель работы заключается в выработке программы облета по проверке ТТХ СУВ-30К самолета Су-27УБМ1. В результате данной работы был проведен анализ вооружения самолета Су-27УБМ1 и обоснован их оптимальный вариант, исследованы алгоритмы боевого применения СУВ-30К и потоков информации регистрируемых данной системой. На основе этого произведен выбор оптимальных параметров подлежащих обработке и разработана программа облета СУВ-30К самолета Су-27УБМ1.

Практическая значимость работы заключается в том, что были выработаны рекомендации по отработке программы облета СУВ-30К самолета Су-27УБМ1 должностным лицам воинских частей согласно «Наставления по инженерно-авиационному обеспечению» авиации Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны (НИАО-2003), программа облета СУВ-30К самолета Су-27УБМ1 может быть использована при отработке эталонного дела облета самолета Су-27УБМ1.

СОВМЕСТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ДАЛЬНОСТИ И АЗИМУТА В РЛС КРУГОВОГО ОБЗОРА

Д. В. ЛАВРЕНОВ (курсант 5 к.), С. Ю. СЕДЫШЕВ, (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»

В существующих РЛС кругового обзора используются, как правило, упрощенные алгоритмы оценивания азимута и дальности цели. Современная элементная база позволяет решить задачу совместного оптимального оценивания азимута и дальности по апостериорной плотности вероятности при квадратичной функции стоимости ошибок измерения.

Объектом исследования являются измерители координат существующих РЛС кругового обзора с цифровой обработкой сигнала и автосъемом координат. При решении задачи использовались выводы байесовской теории регулярных измерений. Результатом работы является алгоритм стабилизации уровня ложных тревог по дальности и азимуту, автоматической выработкой решения об обнаружении и совместным оцениванием координат цели в двумерном «скользящем окне».

Предлагаемая работа является прикладной и направлена на совершенствование существующих систем обнаружения-измерения РЛС кругового обзора с цифровой обработкой сигнала.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕТА И ИХ УЧЕТ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОЛЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

В. В. МАТЮШКОВ (курсант 3 к.), С. И. ШУТОВ, УО «ВА РБ»

В работе приведена номенклатура высотно-скоростных параметров (ВСП), используемых в летной практике, а именно: абсолютная и относительная барометрическая высота; приборная высота; истинная высота; воздушная скорость; индикаторная скорость; индикаторная земная скорость; приборная скорость; истинная скорость; число M полета; приборное число M . Рассмотрены принципы измерения ВСП на борту современного скоростного самолета, проанализированы погрешности измерений, связанные с искажениями статического давления (аэродинамическая погрешность), инструментальные погрешности соответствующих указателей и погрешности, вызванные запаздыванием в пневмосистемах.

Показано, что относительная аэродинамическая погрешность восприятия статического давления $\Delta p_a/p$ и коэффициент давления $\bar{p}$ (коэффициент Эйлера) связаны простым соотношением $\Delta p_a/p = 0,7M^2 \bar{p}$.

Из аэродинамики известно, что коэффициент давления $\bar{p}$, характеризующий распределение статического давления по поверхности обтекаемого потоком тела, в общем случае определяется угловой ориентацией тела (для самолета – углом атаки α и углом скольжения β), числом Маха (M) и числом Рейнольдса (Re). Очевидно, что относительная аэродинамическая погрешность восприятия статического давления $\Delta p_a/p$, является функцией тех же параметров. Более того, для самолетов оборудованных выносными приемниками воздушных давлений (ПВД) с достаточной точностью можно считать, что $\Delta p_a/p = f(M)$. Последняя зависимость определяется в результате летных испытаний самолетов и используется разработчиками Руководства по летной эксплуатации самолета (РЛЭ) при построении номограмм перевода приборных скоростей в числа M (как приборные, так и фактические) и в воздушные скорости. В свое время, включение такой номограммы в РЛЭ было оправдано. Однако, в настоящее время, в условиях внедрения в практику математического моделирования полетных заданий, такая форма представления информации о погрешностях измерения высоты, скорости и числа M полета уже не может удовлетворить пользователей. Такой вывод сделан в работе на основании анализа результатов численного эксперимента, проведенного для самолета Миг-29 с использованием моделирующих программ, разработанных на кафедре летной подготовки и боевого применения авиации УО «Военная академия Республики Беларусь».

СИНТЕЗ УГЛОВОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ СКОРОСТИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ЦЕЛИ

А. А. МИХАЛЬЧЕНКОВ (курсант 4 к.), Е. А. ЯСКОВЕЦ (курсант 4к.), С. А. ШАБАН (канд.техн.наук), УО «ВАРБ»

Рассматривается система сопровождения цели по угловой координате, обеспечивающая нахождение сопровождаемой цели в поле зрения измерителя относительной координаты, отсчитываемой от биссектрисы поля зрения (или сектора сканирования в сканирующих системах). Измеритель может быть несledящим (пеленгатор с фильтром) и следящим. Считается, что динамические свойства измерителя заданы.

Цель работы: Определение оптимальной передаточной функции разомкнутой угловой системы сопровождения. В качестве величины управления принимается угловая координата биссектрисы поля зрения, т.е. выход устройства сопровождения.

Модель задающего воздействия можно описать следующей системой уравнений, представленной в векторном виде: $\dot{x} = Fx + Gu + Du + S\xi$. F, G, D, S – матрицы размером 3×3 , $x = \{x_1, x_2, x_3\}$, где x_1 – относительная угловая ошибка, x_2 – угол подъема цели, x_3 – нормальное ускорение цели, считается экспоненциально-коррелированным случайным процессом.

Критерий качества сформулирован в виде: $J = \frac{1}{2} M \int_0^t [x^T(t)A(t)x(t) + \dot{u}^T(t)B(t)\dot{u}(t)] dt = \min$, где первое слагаемое определяет требование минимума среднего квадрата ошибки сопровождения, второе слагаемое является интегральным ограничением скорости вращения устройства автоматического сопровождения

Передаточная функция разомкнутой системы получена в виде: $K(p) = \frac{k_v(T_2^2 p^2 + 2\xi_2 T_2 p + 1)}{p(1 + pT)(1 + pT_1)(1 + T_3 p)}$.

Постоянная времени T характеризует движение объекта со скоростью V_y на дальности r_y . Постоянная времени T_1 определяется средним временем переключения манёвра объекта. Дифференцирующее звено второго порядка с постоянной времени T_2 обеспечивает нормальные запасы устойчивости по фазе. В общем случае оптимальная система сопровождения цели должна быть близкой к астатической второго порядка.

Основной особенностью синтеза является наличие в фазовых переменных модели задающего воздействия и в интегральных ограничениях критерия качества не только управления, но и его производных. Полученная

структура может быть использована для построения системы измерения разности угловых координат цели и ракеты в ЗРК с телеуправлением.

ОБУЧАЮЩАЯ ПРОГРАММА ПО ПРИНЦИПУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОСВЯЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЕРТОЛЕТА

А. В. НАЩАНСКИЙ (курсант 5 к), В. С. НИЖИВИНСКИЙ, УО «ВА РБ»

Актуальность разработки данной программы продиктована необходимостью осуществления подготовки и переподготовки авиационных специалистов с различным уровнем подготовки и квалификации для эксплуатации и технического обслуживания авиационной техники. В частности это связано с необходимостью переучивания лётного и инженерно-технического состава на другие типы авиационной техники, а также подготовки механиков, техников и инженеров для технической эксплуатации и обслуживания авиационной техники.

Целью разработки данной обучающей программы является создание мобильного, учебно-методического комплекса позволяющего осуществлять самостоятельную теоретическую подготовку и переподготовку авиационных специалистов, по эксплуатации и техническому обслуживанию радиосвязного оборудования конкретного типа летательного аппарата.

Указанная обучающая программа структурно состоит из нескольких блоков соответствующих уровням подготовки: механика, техника, инженера, а также лётного состава. Она включает в свой состав текстовые и графические редакторы программных приложений, содержащих необходимую информацию по радиосвязному оборудованию конкретного типа летательного аппарата. Алгоритм работы с программой позволяет осуществлять обучение с учётом конкретного уровня подготовки и квалификации авиационного специалиста, использовать различные методы и формы обучения. Для оценки уровня усвоения изучаемого материала предполагается создание в обучающей программе тестирующего блока для разных уровней подготовки авиационных специалистов.

Преимуществами данной обучающей программы являются: создание мобильной и объединенной базы данных по радиосвязному оборудованию конкретного типа летательного аппарата, построенной по принципу учебно-методического комплекса, позволяющего осуществлять эффективную самостоятельную подготовку авиационных специалистов.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ЗАПАСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К СЛОЖНЫМ РАДИОЭЛЕКТРОННЫМ СИСТЕМАМ

А. В. МОТУЗКО (курсант 5 к), К. С. РАЙ (канд. техн. наук), УО «ВА РБ»

Проблематика. Наиболее сложной из всех задач планирования и организации материально-технического обеспечения является задача планирования и организации обеспечения радиоэлектронных средств (РЭС) элементами ЗИП. Сложность этой задачи заключается в необходимости отыскания такого варианта обеспечения РЭС элементами ЗИП, при котором обеспечивалось бы поддержание готовности РЭС к использованию по назначению на требуемом уровне, а стоимостные затраты на реализацию этого варианта были бы минимальными.

Все методики по расчету необходимого количества запасных элементов, изложенные в существующей литературе и ГОСТах, являются достаточно сложными. Расчет по ним может проводиться только высококвалифицированным специалистом в области теории надежности, как правило, на этапе проектирования РЭС. Однако, реальные структуры и способы пополнения запасных элементов в процессе эксплуатации могут существенно отличаться от проектируемых, вследствие чего, системы обеспечения запасными элементами не будут оптимальными. Эти факторы могут приводить к необоснованным накоплениям отдельных типов элементов и недостатку других типов элементов.

Целью работы является разработка программы расчета запасных элементов к сложным РЭС, позволяющей инженеру со средним уровнем подготовки, выбрав реальную структуру системы обеспечения и способы пополнения, производить расчеты оптимальной по затратам системы обеспечения РЭС запасными элементами.

Объектом исследований являются системы обеспечения РЭС запасными элементами.

В процессе работы проанализирована существующая литература по проблеме расчета и оптимизации запасных элементов к сложным РЭС [1, 2]. На основе проанализированной литературы выбраны методы оптимизации: метод наискорейшего покоординатного спуска, метод «золотого сечения». Проанализированы существующие структуры систем обеспечения запасными элементами и выделены основные девять структур, для которых решается задача оптимизации. Кроме того, в формулах для расчета показателей достаточности учитывается возможность пополнения запасных элементов различными способами: периодическое пополнение; периодическое пополнение с экстренными доставками; ремонт отказавших элементов; пополнение по уровню запаса.

Разработанная программа позволяет рассчитывать оптимальные по стоимости системы обеспечения запасными элементами как на этапе проектирования РЭС, так и в процессе эксплуатации.

1. Головин И.Н., Чуварыгин Б.В., Шура-Бура А.Э. Расчет и оптимизация комплектов запасных элементов радиоэлектронных систем. - М.: Радио и связь, 1984. - 236 с.

2. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1985. - 606 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ОПЕРАТИВНЫХ РАСЧЕТОВ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИОННОЙ БАЗЫ

И. В. ПАПКО (курсант 5 к), В. Н. МАЛЬЦЕВ, УО «ВА РБ»

Особенности ведения современной войны оказывают большое влияние на характер ведения боевых действий авиации. Постоянное совершенствование средств и методов нападения у вероятного противника, возрас-

тающая роль фактора времени предъявляют повышенные требования к готовности авиационных частей к ведению боевых действий в условиях маневра.

Маневрирование авиации позволяет обеспечить:

- сосредоточение сил на заданном направлении;
- увеличение глубины воздействия на противника и продолжительности пребывания самолетов в зоне ведения боевых действий;
- сохранность авиационной техники при нанесении противником удара по аэродрому базирования.

Выполняя маневр, авиационные части перебазировываются на новые аэродромы, ведение боевых действий с которых обеспечивает выполнение поставленных задач с наибольшей эффективностью.

Обеспечение перебазирования требует большого объема различных расчетов. Чтобы уменьшить время, необходимое на их выполнение была составлена программа, позволяющая оперативно произвести необходимые вычисления.

Программа предназначена для выполнения инженерно-оперативных расчетов (прогнозирование динамики состояния парка авиационной техники и процессов инженерно-авиационного обеспечения) и оценки возможностей ИАС по обеспечению заданного плана-графика вылетов при планировании боевых действий авиационных частей.

Программа может быть использована руководящим составом авиационных частей, а также курсантами УО «ВА РБ» при изучении дисциплины «ИАО и управление ИАС».

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ УСИЛИТЕЛЯ РАДИОСИГНАЛОВ СВЧ НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Д. В. ПЕГАСИН (курсант 5 к.), А. Г. ОНИЩУК (д-р техн. наук), УО «ВАРБ»

Ставится задача определения потенциально достижимых (стационарных) значений энергетических характеристик усилителя радиосигналов (УРС) СВЧ, а также рациональных путей их реализации. Решение задачи основывается на положениях теории радиомеханики, рассматривающей радиосигналы в качестве сигнальных векторов, а линейные цепи в качестве линейных операторов, преобразующих эти векторы [1]. Задача определения стационарных значений коэффициента усиления K_p УРС СВЧ может рассматриваться как геометрическая задача на собственные значения для пучков квадратичных форм мощности в линейном энергетическом пространстве сигналов (ЭПС). При этом система передачи сигналов, включающая источник сигналов, УРС СВЧ и нагрузку, представляется в канонической форме в виде ядра и оболочки [2]. Ядро характеризует стационарные значения квадратичных форм мощности, которые определяются их собственными значениями (характеристическими числами λ_1, λ_2). Оболочка характеризует рассогласование ядра с линией передачи и может рассматриваться в качестве линейных операторов, осуществляющих J-ортогональные повороты в пространстве с гиперболической и ортогональные – в пространстве с евклидовой метрикой, где $J = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$ – матрица Грама, характеризующая метрику ЭПС.

Таким образом, задачу реализации стационарных значений K_p можно рассматривать как задачу приведения пучка квадратичных форм к каноническому виду с помощью J-ортогональных преобразований. В системе передачи сигналов такие преобразования осуществляются с помощью согласующих трансформаторных цепей с J-ортогональными матрицами передачи, устанавливаемых на входе и выходе четырехполюсника. Параметры матриц определяются координатами собственных векторов в ЭПС.

Реализация ортогональных преобразований в пространстве с евклидовой метрикой может осуществляться с помощью согласующих цепей, представляющих собой идеальные фазовращатели, характеризующиеся ортогональными матрицами передачи. Наличие в структуре указанных матриц произвольного фазового множителя позволяет добиваться необходимой формы АЧХ системы передачи сигналов.

1 Онищук А. Г., Забеньков И. И. Согласование радиотехнических устройств. / Мн.: БГУИР, 1997.

2 Онищук А. Г. Теория и расчет транзисторных усилителей диапазона СВЧ. / Мн.: МВИЗРУ ПВО, 1979.

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В МИКРОПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ

М. В. ПЕГАСИН (адъюнкт), А. Г. ОНИЩУК (д-р техн. наук), УО «ВАРБ»

Для полного описания характеристик микрополосковых линий (МПЛ) необходимо моделировать их паразитные реактивные параметры, обусловленные геометрическими неоднородностями. Известные методы моделирования разработаны для узкого класса неоднородностей правильной геометрической формы и требуют больших затрат вычислительных ресурсов при увеличении рабочей частоты. Предлагаемый метод моделирования, базирующийся на положениях теории радиомеханики, позволяет моделировать неоднородности произвольной формы в различных диапазонах СВЧ и КВЧ [1]. При решении задачи предполагается, что неоднородность в МПЛ имеет малые потери и может быть представлена в виде недиссипативного четырехполюсника с унитарной матрицей рассеяния S.

Сущность метода СПМ состоит в определении канонической структуры матрицы передачи неоднородности в виде каскадного соединения физически реализуемых недиссипативных четырехполюсников с сосредоточенными параметрами. С этой целью по измеренному комплексному коэффициенту отражения неоднородности,

нагруженной на стандартную нагрузку, равную волновому сопротивлению измерительной линии, определяется структура матрицы S на рабочей частоте с точностью до произвольного фазового множителя (ПФМ). Матрице S ставится в соответствие матрица передачи A , с которой, в свою очередь, сопоставляются моделирующие цепи П- либо Т-типа. Путем изменения ПФМ добиваются наилучшего совпадения характеристик модели и моделируемой неоднородности [2].

Особенностью автоматического СПМ является автоматизация выбора оптимальной рабочей частоты, а также значения ПФМ, при котором достигается наилучшее совпадение указанных выше характеристик. В основе автоматизации лежит критерий **наименьшей средней разности**. Формула для вычисления средней разности

k имеет следующий вид: $k = \sum_{i=1}^n \frac{|K_M(w_i) - K_H(w_i)|}{n+1}$, где n – количество отсчетов частоты; $K_M(w_i)$ и $K_H(w_i)$ – значения

квадратов АЧХ, соответственно модели и неоднородности, на фиксированных частотах. Применение указанного критерия позволяет оптимизировать результат моделирования.

1 Онищук А. Г., Забеньков И. И. Согласование радиотехнических устройств. / Мн.: БГУИР, 1997.

2 Пегасин М. В., Онищук А. Г. Структурно-параметрическое моделирование пассивных элементов сверхвысокочастотного тракта. / IX Республиканская научная конференция студентов и аспирантов Республики Беларусь. Тезисы докладов. Гродно, 2004. – Ч.3 – С.34-36.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ПРИЦЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ САМОЛЕТОВ СУ-27П ПРИ ВЕДЕНИИ ГРУППОВЫХ ДЕЙСТВИЙ В ДАЛЬНЕМ РАКЕТНОМ БОЮ И БЛИЖНЕМ МАНЕВРЕННОМ БОЮ

А. М. ПЕЧИЛИН (курсант 5 к.), Д. Ю. ОЛЕЙНИК, УО «ВА РБ»

Объектом исследования данной работы является система управления вооружением СУВ Ш101 самолетов Су-27П. Бортовые радиолокационные комплексы (РЛК) испытывают взаимные помехи, как правило, от однотипных РЛК при совпадении литеров рабочих частот и частот повторения. В РЛК перехвата и прицеливания взаимные помехи практически не позволяют осуществлять слежение за целью при полете в паре и звене. Мешающее воздействие бортовой радиолокационной станции (БРЛС) соседнего самолета-истребителя усложняет условия обнаружения цели, приводит к сбросу автосопровождения цели по углам и дальности, уменьшает дальность обнаружения и захвата цели, приводит к срабатыванию схемы индикации помех, загроужению чувствительности приемника из-за воздействия помех на схемы автоматической регулировки усиления по шумам. Взаимное влияние БРЛС друг на друга при перехвате целей группой самолетов снижает вероятность выполнения атаки, что в итоге может привести к невыполнению боевого задания.

Одним из основных способов обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) данных БРЛС на самолетах боевых порядков является отстройка по частоте, величина которой зависит от взаимных удалений самолетов с однотипными БРЛС. В дополнение к этому должны использоваться и такие мероприятия, как рациональное построение боевых порядков самолетов, выбор рациональных направлений атаки целей, строгая регламентация работы БРЛС.

Актуальность данной работы обусловлена проблемой влияния радиолокационных прицельных комплексов (РЛПК) самолетов группы, работающих на близких литерных частотах.

Цель работы заключается в обосновании и расчете устройства управления литерами РЛПК.

Указанная цель предопределила необходимость решение следующих научных задач:

- анализ потоков информации между типовым комплексом связи и системой управления вооружением Ш101;
- анализ линий связей между РЛПК и станцией постановки активных помех;
- обоснование структуры слова обмена информацией при ведении групповых действий в составе пары, группы, звена для обеспечения ЭМС;
- непосредственная разработка устройства для автоматической перестройки литерных частот.

Практическая значимость: усовершенствование и модернизация РЛПК самолета Су-27П.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕТА И ИХ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОЛЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

И. П. ПИЩУЛОВ (курсант 4 к.), М. М. ХАЙРУЛЛИН, УО «ВА РБ»

В работе приведена закономерность изменения атмосферного давления и абсолютной температуры воздуха

с изменением высоты полета $\frac{dp}{p} = -\frac{dH}{RT}$. В результате несовершенства принятых методов измерений возникают

методические ошибки. Эти ошибки возникают из-за несоответствия фактических температур и давлений у земли и на высоте полета их расчетным значениям. Рассматривается характер и величина методических ошибок используемых при расчете в летной практике, а именно: абсолютная и относительная барометрическая высота; приборная высота; истинная высота; воздушная скорость; приборная скорость; истинная скорость. Рассмотрены принципы измерения этих параметров на борту современного вертолета, проанализированы погрешности измерений, связанные с изменением давления и температуры.

Обычно температурные поправки отдельно не вычисляются, а пересчитывают приборное значение высоты в исправленное с помощью навигационной линейки или навигационного расчетчика.

В свое время, применение такой методики в воздушной навигации было оправдано. Однако, в настоящее время, в условиях внедрения в практику математического моделирования состояния атмосферы, такая форма представления информации о погрешностях измерения высоты и скорости полета уже не может удовлетворить пользователей. Такой вывод сделан в работе на основании анализа результатов эксперимента, проведенного с использованием моделирования, разработанных на кафедре летной подготовки и боевого применения авиации УО «Военная академия Республики Беларусь». Очевидно, что погрешность восприятия параметров давления и температуры будут не фактическими в слое атмосферы.

Расчеты позволяют определить, на сколько погрешности соответствует действительности.

СООТВЕТСТВИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОСАДКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НОРМАМ ИКАО И СОВРЕМЕННЫМ УСЛОВИЯМ УВД

*А. Н. ПОСКРЕБЫШЕВ (курс. 5 к.), В. Ю. ПАЛЬЧИК (курс. 4 к.),
А. П. КУЛЬПАНОВИЧ (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»*

Имеющиеся в распоряжении государственной авиации радиолокационные системы посадки (РСП) по многим параметрам не соответствуют нормам международной авиационной организации ИКАО и современным условиям управления воздушным движением высокоскоростных и высокоманевренных воздушных судов. Кроме этого некоторые образцы вооружения системы посадки морально и физически устарели и требуют замены.

Целью представляемой научно-исследовательской работы является разработка облика, а в дальнейшей перспективе создание опытного образца РСП, соответствующей современным требованиям, предъявляемым к подобного рода системам.

Объектами исследования являются диспетчерский, обзорный, посадочный и вторичный радиолокаторы, предназначенные для представления комплексной радиолокационной информации на рабочие места лиц группы руководства полетами и командные пункты государственной авиации.

При проведении работы используется метод математического моделирования при разработке основных траекторий и блоков РСП, а также имитационное моделирование при проверке адекватности перспективной системы посадки.

Следует отметить, что актуальность данной работы продиктована необходимостью модернизации существующих и создания новых образцов вооружения научно-производственными предприятиями государства в интересах собственных Вооруженных сил.

Вырисовывающиеся черты облика перспективной РСП свидетельствует о том, что данная система сможет удовлетворить требования ИКАО с одной стороны и выполнить современные условия органов управления воздушным движением с другой. За счет применения современной элементной базы и некоторых новых системотехнических решений возможно расширение спектра решаемых задач РСП, в том числе и усиление радиолокационного поля государства.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТУРА СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ АВИАЦИОННОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТЫ

А. А. ЦАНАВА (курсант 5 к), В. А. МАЛКИН (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»

Повышение точностных характеристик авиационных управляемых ракет в условиях интенсивного маневренного противодействия цели является актуальной задачей. Особую актуальность эта задача приобретает в связи с появлением летательных аппаратов пятого поколения, обладающих свойством сверхманевренности.

Целью работы является исследование возможностей повышения точности наведения авиационной управляемой ракеты на сверхманевренный летательный аппарат за счет использования контура стабилизации переменной структуры. Для этого разработана имитационная математическая модель системы наведения, позволяющая методом статистических испытаний получать вероятностные характеристики промаха ракеты, а также исследовать влияние параметров контура стабилизации на точность наведения.

В работе показано, что использование в контуре стабилизации системы переменной структуры на основе Ψ -ячейки позволяет получить более высокие динамические характеристики контура в широком диапазоне условий боевого применения. Приводится сравнительный анализ качества переходного процесса для систем постоянной и переменной структуры. Получена зависимость точности наведения от параметров Ψ -ячейки для различных маневров цели. Предложены соотношения для оптимальных значений параметров по критерию максимального быстродействия.

Предлагаемые результаты могут быть использованы при проектировании новых и модернизации существующих систем управления ракетами, а также в учебном процессе Военной академии.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ВОЛНОМЕР САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН

*А. Г. РОМАНОВИЧ (курсант 5 к), И. А. ОСАДЧИЙ (курсант 5 к),
А. А. КАЛИНИН (канд.техн.наук), В. Н. ШАРЫПИН, УО «ВА РБ»*

В настоящее время развитие интегральной микроэлектроники и компьютерной техники позволяет создавать эффективные измерительные системы, отвечающие современным требованиям по точности, скорости и удобству проведения измерений. Качественно новым направлением в этой области является создание универсальных компьютерных измерительных систем – виртуальных измерителей.

Предлагается виртуальный волномер, позволяющий проводить автоматизированные измерения в реальном масштабе времени длины волны и амплитуды напряженности электрического поля в линиях передачи на основе прямоугольного волновода.

Принцип работы устройства основан на известном характере изменения амплитуды поля вдоль продольной оси волновода. В СВЧ модуле часть мощности из основного тракта отводится в измерительный тракт, который работает в режиме стоячей волны. Данный режим обеспечивается короткозамкнутой нагрузкой, в качестве которой используется управляемый электронный фазовращатель отражательного типа. В измерительном тракте на фиксированном расстоянии от фазовращателя размещается зонд. Сигнал с зонда после детектирования преобразуется в двоичный код в аналого-цифровом преобразователе, а затем вводится в ПЭВМ через параллельный порт Centronics. Электронный фазовращатель позволяет изменять эквивалентную длину волноводного тракта, смещая картину распределения поля относительно неподвижного зонда. Знание параметров фазовращателя и расстояния до зонда позволяет воспроизвести картину распределения поля на основании измеренных значений амплитуды сигнала, снимаемого с зонда.

Получение оценок длины волны в волноводе и амплитуды напряженности поля производится в ПЭВМ с использованием метода наименьших квадратов. Поскольку целевая функция при решении оптимизационной задачи имеет сложный характер, задача может решаться методом покоординатного спуска или путем перебора значений целевой функции. При использовании современных средств вычислительной техники один цикл измерений занимает не более нескольких десятков миллисекунд.

Разработанный виртуальный волномер при относительной простоте аппаратной части за счет применения сложных алгоритмов обработки данных в компьютере обеспечивает высокую точность и высокую степень автоматизации измерений. Может найти применение в качестве датчиков поля в передающих СВЧ трактах различных радиотехнических устройств, а также для повышения наглядности обучения дисциплин электродинамического профиля.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САУ САМОЛЕТА ПРИ ЗАХОДЕ НА ПОСАДКУ

А. В. Прокопенко (курсант 5 к), А. А. АНТАНЕВИЧ (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»

В соответствии с требованиями практики в настоящее время интенсивно развиваются методы синтеза САУ полетом самолетов, реализующих с заданной точностью программные траектории. Широкое распространение получили методы модального управления, обеспечивающие заданные значения корней замкнутой системы и высокие качественные характеристики переходных процессов.

Для задания приемлемых значений корней замкнутой системы или коэффициентов характеристического полинома могут использоваться различные стандартные формы их распределения: биномиальные, Баттерворта, минимизирующие интегралы от квадрата ошибки и другие.

В данной работе предлагается заменить полную матрицу эталонной системы на блочную, по количеству органов управления, и, таким образом значительно облегчить отыскание оптимального расположения корней эталонной и замкнутой систем.

Особенностью предлагаемого подхода является то, что одновременно с обеспечением совпадения корней системы и эталонной модели выполняются условия линейной зависимости их векторов состояния.

При синтезе САУ используется линейная модель движения самолета. В качестве примера рассмотрен процесс управления боковым движением самолета на режиме захода на посадку при действии ветровых возмущений.

Полученные результаты управления траекторным движением показывают, что при боковом ветре $W_z = 5 \dots 10$ м/с обеспечивается управление без ошибки по боковой координате, что доказывает работоспособность алгоритмов управления траекторным движением и возможность управления траекторным движением самолета без ошибки по боковой координате.

Универсальность такого подхода позволяет получать алгоритмы управления для реализации всех форм движения самолета.

Применение данного подхода в перспективе позволит упростить решение проблем, возникающих при создании новых САУ, а так же позволит давать оценку корректности предлагаемых математических моделей, описывающих различные формы движения летательного аппарата.

АМПЛИТУДНЫЙ ПЕЛЕНГАТОР С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПАРЦИАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Ф. В. ЦЫРИКОВ (курсант 5 к.), О. Г. ЛАПУКА (канд.техн.наук), УО «ВА РБ»

Современные средства радиотехнической разведки не позволяют достаточно точно определять координаты излучающих РЛС. Так аппаратура радиотехнической разведки «Тангаж» обладает большой погрешностью определения угловых координат, значительное время обработки развединформации, что не позволяет использовать разведданные для оперативного целеуказания средствам поражения.

Данных недостатков лишен разрабатываемый амплитудный пеленгатор с последовательной обработкой сигналов. В качестве его антенной системы используется четыре рупора, каждый из которых формирует свою парциальную диаграмму направленности. Их максимумы, как и в классическом амплитудном моноимпульсном пеленгаторе, разнесены относительно равносигнального направления на заданные углы в азимутальной и угломестной плоскостях. Основным отличием разработки является то, что обработка сигналов парциальных каналов производится последовательно, посредством подключения каждой из антенн к общему тракту обработки. Бла-

годаря такому построению обеспечивается одна из наиболее сложно достижимых характеристик пеленгатора – высокая амплитудно-фазовая идентичность трактов обработки.

Основными вопросами, подлежащими разработке, являются: выбор типа и характеристик антенн парциальных каналов, определение оптимального угла "развала" диаграмм, оценка потенциальной точности и дальности действия пеленгатора. Разработанная пространственная имитационная математическая модель функционирования пеленгатора позволяет решить данные задачи с учетом факторов, влияющих на его работу. Моделирование производится в среде MatLab.

Для вычисления декартовых координат объекта разведки по пеленговой информации должно быть предусмотрено пространственное перемещение пеленгатора относительно излучающего радиоэлектронного средства.

Разрабатываемый амплитудный пеленгатор с последовательной обработкой парциальных сигналов может быть использован в перспективных системах воздушной радиотехнической разведки для определения координат излучающих РЛС.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛОВОЙ СИСТЕМЫ С НЕЧЕТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ

А.С. ШЕИН (курсант 4к), А.Н. МАЦКЕВИЧ (канд.техн.наук), УО «ВАРБ»

В последнее время широкое применение в задачах управления и принятия решений нашли алгоритмы нечеткой логики. Регуляторы, построенные по алгоритмам нечеткой логики, способны повысить показатели качества переходного режима, они просты в настройке и не требуют сложного математического описания [1].

Весь процесс описания алгоритмов нечеткого управления можно разбить на несколько шагов: фаззификация, разработка нечетких правил и дефаззификация. На этапе фаззификации точные значения входных переменных преобразуются в значения лингвистических переменных посредством применения функций принадлежности. На этапе разработки нечетких правил определяются продукционные правила, связывающие лингвистические переменные. Совокупность таких правил описывает стратегию управления, применяемую в данной задаче. На этапе дефаззификации осуществляется переход от нечетких значений величин к определенным физическим параметрам, которые могут служить командами исполнительному устройству.

Целью работы являлась оценка показателей качества работы нечеткого регулятора путем компьютерного моделирования в среде Matlab с использованием приложения Fuzzy Logic Toolbox. В качестве исполнительной части системы – объекта исследования использовалась модель электрического двигателя постоянного тока [2]. Сравнивалось качество работы в переходном режиме следующих систем: силовой следящей системы, состоящей из функционально необходимых элементов; силовой следящей системы с нечетким регулятором по алгоритму Маммани в прямой цепи системы; силовой следящей системы с нечетким регулятором по алгоритму Сугено в прямой цепи системы. Силовые следящие системы были исследованы с изменениями (относительно рассчитанных номинальных значений) коэффициента преобразования прямой цепи системы K и механической постоянной времени T_m .

Анализ результатов компьютерного моделирования показывает, что применение нечеткого регулятора устраняет перерегулирование в силовой системе и уменьшает время регулирования.

1 Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – М., 2001.

2 Ганз В.А., Мацкевич А.Н. Основы автоматического управления. Аналитические методы повышения качества управления. Уч. пособие. – Минск, ВА РБ, 2003.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А. И. БРАКОВИЧ (асп.), П. П. УРБАНОВИЧ (д-р техн.наук), БГТУ

В процессе работы по проведению государственной экологической экспертизы проектов существует постоянная потребность в использовании законодательной и нормативно-технической справочной информации, а также ее постоянного обновления и совершенствования, что порождает потребность в создании удобной базы данных хранения, поиска и обновления таких документов. В докладе описывается разработанная база данных на основе СУБД Microsoft Access 2002. База данных информационно-справочного обеспечения включает следующие типы документации: ГОСТы; законы; инструкции; кодексы; методики и методические указания; ОСТы; ПДК; положения; порядки; постановления; правила; приказы; разъяснения; рекомендации; решения; СанПиНы; СНИПы; СТБ.

Главная таблица базы данных имеет следующие поля: идентификационный_номер_документа; номер_документа; вид_документа; название_документа; дата_принятия; кем_принят; где_опубликован; ключевые_слова; документ; документ_word. У пользователя имеется возможность поиска документа по: виду документа (например, при необходимости найти какой-либо ГОСТ пользователь выбирает соответствующий пункт и на экран выводится список всех стандартов, присутствующих в базе данных); по названию документа (для этого необходимо знать либо полное название документа, либо отдельные слова, встречающиеся в названии документа); по ключевым словам, присутствующим в самом тексте документа (например, набрав слово “загрязнение” в соответствующем меню, пользователь увидит на экране все нормативные документы, в тексте которых присутствует данное слово); по номеру и/или году принятия документа (для этого необходимо знать либо полный номер документа, либо год принятия документа).

Отличительной особенностью приложения для обслуживания базы данных, а равно – и самой структуры базы данных является их открытость по отношению к конечному пользователю. Это означает, что есть возмож-

ность изменять, дополнять ранее созданную базу данных, импортировать или экспортировать любые тексты или их части при внесении изменений в нормативные документы. Электронная база данных, содержащая в настоящее время более пятидесяти нормативно-технических документов, в той или иной мере используемых при проведении государственной экологической экспертизы промышленных объектов, может повсеместно использоваться любыми объектами хозяйствования, связанными с экологической экспертизой или оценкой воздействия на окружающую среду.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А. И. БРАКОВИЧ (асп.), П. П. УРБАНОВИЧ (д-р техн. наук) БГТУ

Одним из главных принципов государственной экологической экспертизы является учет суммарного воздействия вредных веществ, выбрасываемых в окружающую среду, и других воздействий на нее в результате осуществляемой и планируемой хозяйственной и иной деятельности. С целью учета воздействия всех объектов на окружающую среду создан программный модуль, позволяющий смоделировать объекты, в частности другие промышленные предприятия с существующими выбросами, в той или иной степени влияющие на окружающую среду вблизи площадки предполагаемого строительства предприятия, либо уже существующего, но модернизируемого промышленного предприятия. Исследования и разработки базируются на методах математической логики, теории принятия решений, теории алгоритмизации, методах их реализации на основе современных языков программирования, теории вероятности, алгоритма Саати и на основе стандартной лицензионной методике ОНД – 86.

При работе с программной обеспечивается возможность создания сценария путем размещения на планшете мест расположения труб и ввода их рабочих характеристик, размещения датчиков в наиболее значимых местах санитарно-защитной зоны, а затем осуществляются расчеты, по результатам которых выдается таблица вероятных комбинаций виновников и индивидуальной вины каждого источника. Таким образом, программный модуль позволяет: задавать расположение конкретных источников загрязнения воздушного бассейна на заданной территории; вводить расчетные параметры и характеристики точечных источников загрязнения; задать множество точек контроля для оценки влияния различных источников загрязнения таким образом и в таких местах, где они имеют наибольшую информативность; установить конкретное численное значение концентрации единичного вредного вещества в любой предварительно заданной точке территории; производить расчет априорной и условной вероятности виновности предприятия в загрязнении; определять наиболее благоприятную площадку для размещения проектируемого предприятия из нескольких предлагаемых площадок; выявлять наиболее виновный в загрязнении воздуха промышленный объект на заданной территории; определять степень виновности проектируемого или модернизируемого промышленного предприятия в загрязнении воздушного бассейна единичным веществом в районе санитарно-защитной зоны предприятия с учетом влияния всех близлежащих промышленных объектов.

Из вышеперечисленного следует, что программа может иметь широкое применение как для целей проектирования и определения наиболее благоприятного места размещения предприятия и его режима работы и объемов производства, так и для целей контроля за деятельностью существующих и проектируемых предприятий.

РАЗРАБОТКА БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Н. А. ЖИЛЯК (асп. 1 к.) БГТУ

Функционирование различного вида технических систем связано с необходимостью формирования управляющих воздействий. Такие воздействия описываются вектором временной развертки [1]. Вектор временной развертки описывает функционирование системы на одном цикле ее функционирования. При необходимости управления циклическими процессами возникает необходимость математического описания процесса управления. Такая возможность может быть представлена посредством использования функционала временной развертки, являющейся математическим основанием синтеза блоков управления параллельно – конвейерных вычислительных структур:

$$\Phi(t(j, q))_{j=1, \dots, J} = \begin{cases} (t(1, 1), t(1, 2), \dots, t(1, Q)) + \Delta t_1 * k_1; \\ \vdots \\ (t(j, 1), t(j, 2), \dots, t(j, Q)) + \Delta t_j * k_j; \\ \vdots \\ (t(J, 1), t(J, 2), \dots, t(J, Q)) + \Delta t_J * k_J \\ \vdots \end{cases}$$

где q – номер включения j -го функционального устройства (ФУ) на цикле функционирования, $k_{j/j=1, \dots, J} = 0, 1, 2, 3, \dots$, $(t(j, 1), t(j, 2), \dots, t(j, Q))$ – момент включения j -го ФУ на первом цикле функционирования вычислительной структуры, равно

$$\Delta t_j = \Delta t(\gamma) : \gamma_j \in V(\gamma)$$

Представление процессов формирования управляющих сигналов в виде функционала временной развертки позволит формировать управляющие сигналы для управления системами и технологическими процессами, ориентированными на современные методы обработки данных (конвейеризация [2], параллелизм [3]) в условиях жестких требований к временным параметрам процессов. Граф алгоритма, реализующего данное математическое выражение, позволяет создать структуру универсального блока управления для параллельно – конвейерных вычислительных систем. Структура блока управления, созданного на основании функционала временной

развертки может стать основой создания БИС и СБИС блоков управления специализированных вычислительных систем. Предлагаемая методика построения средств управления техническими объектами и технологическими процессами может также найти применение при решении задач моделирования, обработки экспериментальных данных, в радио- и гидролокации.

- 1 Воеводин В.В. Математические модели и методы в параллельных процессах. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит. 1986 – 296 с.
- 2 Коузи П.М. Архитектура конвейерных ЭВМ: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. -360с.
- 3 Шпаковский Г.И. Архитектура параллельных ЭВМ: Учебн. Пособие для вузов. – Мн.: Университетское, 1989. – 192 с.
- 4 Кобайло А.С. Метод синтеза вычислительных структур реального времени. – Мн.: Приборостроение. Вып.14, 1995.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Н. А. ЖИЛЯК (асп.) БГТУ

Требования выполнения условий реального масштаба времени предполагают использование при управлении вычислительных систем конфигурирования, методов синтеза, учитывающих данные требования (требования реального времени). Известная система автоматизации проектирования сложных технических комплексов (P-Cad, Auto-Cad, Or-Cad) позволяет решать конструкторские задачи, такие как разработка принципиальных схем, выпуск конструкторской документации и т.п. Не одна из известных систем не предусматривает возможности логического проектирования сложных технических систем. В связи с отсутствием формальных методов синтеза структурно – сложных объектов решение данной проблемы становится возможным в связи с появлением теории синтеза вычислительных структур реального времени, разработанной А.С. Кобайло [1]. Данная теория предполагает использование методики преобразования графа вычислительного алгоритма (ГВА) в виде последовательности процедур которые условно объединены в три группы: анализ математической модели вычислительного процесса и исследование графа базовой структуры, формирование вектора временной развертки вычислительного графа алгоритма, построение графа вычислительной структуры. Высокая степень формализации предложенной автором методики [2] позволяет алгоритмизировать процесс проектирования сложных технических систем и т.о. создавать на ее базе уникальную систему управления сложными техническими объектами. В частности решена проблема синтеза вычислительных систем класса ОКМД (одиночный поток команд – множественный поток данных). Однако вопрос синтеза вычислительных систем МКМД (множественный поток команд – множественный поток данных) остается не решенным.

Целью исследований является разработка теоретических основ проектирования вычислительных систем специального назначения (моделирования, обработки информации, управление технологическими процессами и т.д.) [3]. В основе методики предполагается использовать принципы выделения уровней временной иерархии для объектов проектирования системы и условия реализуемости вычислительного процесса в реальном масштабе времени. Использование данных положений при проектировании технических систем различного функционального назначения позволит синтезировать структурные компоненты систем в условиях жестких требований к временным параметрам процесса с использованием технических средств не критичных к этим требованиям, проектировать блоки управления компонент систем в виде программируемых СБИС, а также автоматизировать процесс проектирования технических систем и их компонент.

- 1 Кобайло А.С. Основы теории синтеза вычислительных структур реального времени. – Мн.: БГУИР, 2001.
- 2 Кобайло А.С. Метод синтеза вычислительных структур реального времени. – Мн.: Приборостроение. Вып.14, 1995. С. 62-68
- 3 Бородин И.Ф., Кудрявцев В.И. Автоматизация башенных установок. Сельский механизатор, 1984. №5.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

Е. В. РОМАНЦЕВИЧ (асп.), П. П. УРБАНОВИЧ (д-р техн.наук), БГТУ

Конфликт, по разным причинам возникающий в учебном процессе в системе «учитель-ученик», потребность в автоматизации деятельности педагога привели к необходимости включения в обучение нового компонента. Таким компонентом являются различные информационные технологии, применяемые в образовании (автоматизированные обучающие программы, системы дистанционного обучения, тестирующие комплексы и др.).

Отечественный и зарубежный опыт разработок в области создания компьютерных обучающих программ вылился в целый комплекс программных средств обучения. Однако ни одно из них не получило широкого применения. Также весьма интересным является тот факт, что, несмотря на существование значительного числа программ компьютерного обучения, каждое учебное заведение все-таки стремится к созданию собственного программного продукта. Это можно объяснить следующими причинами: ограниченность в плане предоставляемых функций большинства русскоязычных программ, несоответствие их международным требованиям и стандартам, неадаптированность и высокая стоимость зарубежных аналогов (ToolBook, WebCT, LLS) [1,2]. Не лучше обстоят дела и в области создания эффективных компьютерных тестирующих комплексов, недостатки которых во многом связаны с ориентацией разработчиков на выявление знания, а не незнания обучаемых.

Таким образом, возникает необходимость разработки системы автоматизированного проектирования (САПР) компьютерных обучающих программ, которая позволит создавать полноценные компьютерные средства обучения и тестирования с учетом перечисленных требований.

Краткий анализ литературных источников и существующих программ обучающего характера позволил определить приоритетные направления разработки САПР компьютерных обучающих программ, сформулировать представления обо всей совокупности функций, которую необходимо реализовать и сделать первые шаги по созданию такой системы.

В докладе проанализированы приоритетные и новые подходы к проектированию подобных программных средств.

- 1 Зайцева Л.В., Новицкий Л.П., Грибова В.А. Разработка и применение автоматизированных обучающих систем на базе ЭВМ – Рига: Зинатне, 1989
- 2 Зеневич А.М., Комличенко В.Н., Морозевич А.Н. Дистанционное обучение: классификация, проблемы внедрения //Информатизация образования, 2002-№1, стр.3-24
- 3 Тавгень И.А., Вальчевская Г.Ю., Шибут М.С. Анализ программных средств для дистанционного обучения //Информатизация образования, 2002-№2

РАЗРАБОТКА СРЕДЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

А. М. РУДАК (студ. 3 к). Т. В. КИШКУРНО (ст. препод.), БГТУ

Актуальность повышения качества образования, поиск новых эффективных методов контроля и анализа знаний послужили причиной ведения научно-прикладных исследований в данной области. Целью данной работы являлось создание универсальной программы для решения задач обучения и контроля знаний и последующего ее внедрения в самые разнообразные сферы. Объектом изучения являлось тестовая технология, психологические аспекты обучения, информационные технологии, позволяющие оптимально решить проблему. Разработка программы выполнялась с помощью среды MS Visual Studio 6.0. Особенностью разработки является большая функциональность данной разработки, новые возможности для решения широкого круга образовательных задач. Данный проект выполнялся в рамках государственного заказа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ, для учащихся средних школ и ПТУ. Полученные результаты привели к созданию программного комплекса по тестированию (создание, процесс, анализ), который является эффективным средством контроля, обучения и анализа знаний. С помощью данного программного пакета можно легко создавать тесты по любым предметам школьной программы, по любым научным направлениям и ВУзовским дисциплинам, тесты для профессионального тестирования, психологические тесты и т.д. Предприятия и организации могут с его помощью осуществлять аттестацию и сертификацию своих сотрудников. Проект динамически развивается, постоянно увеличивается число, как пользователей данного продукта, так и людей занятых в тестировании и развитии данного программного обеспечения. В целом проделана большая работа по части программирования, учитывающая пожелания заказчиков, тенденции развития рынка ПО, опыт разработки в смежных областях.

ПЕРЕМЕЖЕНИЕ СИМВОЛОВ ТУРБОКОДА ПСЕВДОНЕРАВНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ

Д. В. ШИМАН (асп.), П. П. УРБАНОВИЧ (д-р техн.наук), БГТУ

Способы кодирования информации в каналах передачи, известные как кодовая модуляция, созданы для улучшения достоверности приема и характеризуются частотой ошибочных бит – Bit Error Rate, BER. Доказано, что турбокодирование (кодирование и декодирование данных на основе турбокодов) является одним из высокопроизводительных способов коррекции ошибок для каналов со случайным характером ошибок типа аддитивный белый гауссовский (нормальный) шум или в каналах с постепенно исчезающим сигналом (замиранием). Рассматриваемые каналы относятся к числу каналов с кодовым разделением (CDMA – Code Division Multiple Access).

Перемежение выполняется процессором, вызывающим алгоритм перемешивания. Объединение перемешенных блоков данных со входными используется для снижения частоты ошибочных бит в рассматриваемом канале. Процесс перемежения увеличивает разнородность в данных, поступающих в кодер, что приводит к исправлению ошибок в декодере (на приемной стороне) с помощью алгоритма исправления, если символы искажаются при передаче. Существует необходимость в разработке новых методов перемежения, которые бы увеличивали неоднородность данных и обеспечивали компенсацию минимальных задержек.

Неоднородное (псевдонеравномерное) перемежение позволяет получить наилучшее «максимальное разбрасывание» данных и «максимальное упорядочивание» выходной последовательности информации. Это означает, что избыточность, вносимая двумя элементарными кодами, равномерно распределена в выходной последовательности турбокодера. Минимальное расстояние между символами в неоднородном перемежении при больших значениях блока увеличивается по сравнению с однородным перемежением.

Предлагаемый метод базируется на усовершенствованном алгоритме «разбрасывания» данных за счет обработки бит по частям. Блок перемежения содержит память, предназначенную для обработки и хранения блоков данных. Для удобной работы каждый символ помечается, блоки данных индексируются как множества строк и столбцов, ограниченных в размере. Произведение заранее установленных размеров строк и столбцов соответствует объему блока данных.

Процессор связан с памятью и используется для разделения блоков данных на части. Он также предназначен для генерации перемешивания последовательного множества частей и индексации множества строк.

РАЗМЕРНЫЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СТРУКТУР

Е.А. ИЛЬИНА (асп.), БГУИР

Сверхпроводящие слоистые соединения типа сверхпроводник – нормальный металл (S/N) в последние годы являются предметом интенсивного экспериментального исследования. Подобный интерес вызван уникальными свойствами, характеризующими такие структуры. Среди них, в первую очередь, можно выделить своеобразную температурную зависимость верхнего критического параллельного магнитного поля. Для таких зависимостей

характерно явление кроссовера - перехода от трехмерного поведения сверхпроводящей фазы к двумерному при температуре T^* , называемой температурой кроссовера. Данное явление определяется дискретностью сверхпроводящей структуры.

Более отчетливо влияние дискретности структуры проявляется на угловых зависимостях верхнего критического магнитного поля $H_{c2}(\Theta)$ (Θ - угол между вектором внешнего магнитного поля и плоскостью образца).

Для однородных изотропных сверхпроводников изменение угла Θ не влияет на величину $H_{c2}(\Theta)$ [1]. В пределе бесконечно тонкой пленки, то есть в 2D-случае, зависимость $H_{c2}(\Theta) = H_{c2}^{2D}(\Theta)$ определяется формулой Тинкхама [2]. Для безграничных анизотропных сверхпроводников имеет место всюду гладкая зависимость $H_{c2}(\Theta)$, описываемая формулой Лоренца – Дониака [3].

Для анизотропных сверхпроводников зависимость $H_{c2}(\Theta)$ сложнее. Как следует из анализа экспериментальных данных [4], полученных для 10-слоистой структуры типа Nb/Pd, она не описывается ни одной из предложенных теоретических кривых. Это несоответствие обусловлено влиянием дискретности структуры.

Исследования показали, что при малых значениях угла Θ зародыш локализован в одном слое многослойной сверхпроводящей структуры (2D случай), зависимость $H_{c2}(\Theta)$ отличается высокой крутизной. С увеличением угла Θ поведение $H_{c2}(\Theta)$ меняется. При некотором угле Θ^* размер зародыша оказывается большим периода многослойной структуры, что приводит к более плавному изменению H_{c2} с ростом угла Θ (3D-поведение).

Таким образом, в отличие от однородных анизотропных сверхпроводников, которые проявляют либо двумерный, либо трёхмерный характер на всей зависимости $H_{c2}(\Theta)$, многослойные S/N структуры имеют участок $(0, \Theta^*(T))$ 2D-поведения и участок $(\Theta^*(T), \pi/2)$ 3D-поведения. Данное изменение размерности в зависимости от угла Θ вызвано изменением степени локализации зародыша сверхпроводящей фазы.

1 B. Y. Jin, J. B. Ketterson, Adv. Phys., v.38, 189 (1989).

2 M. Tinkham, Phys. Rev., v.129, 2413 (1963).

3 W. E. Lawrence, S. Doniach, Proc. LT-12. Ed. E. Kanada, Keigaki, Tokyo, 1971, p.361.

4 S. L. Prischepa, C. Cirillo, V. N. Kushnir, E. A. Ilyina, M. Salvato, C. Attanasio, Phys. Rev. B 72, 024535 (2005).

РАСЧЕТ ИМПЕДАНСА ИЗЛУЧЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ РАССЕЯНИЯ ВОЛНОВОДНОЙ КАМЕРЫ С ДИСКО-ШТЫРЕВЫМ ДЕРЖАТЕЛЕМ НЕЛИНЕЙНОГО ДВУХПОЛЮСНИКА

Н. Ю. ЛУКЬЯНЧУК (студ. 4 к.), С. В. ДРОБОТ (канд. техн. наук), БГУИР

Актуальность настоящей работы обусловлена все более широким использованием радиоэлектронных систем диапазонов сверхвысоких частот (СВЧ) и крайневых частот (КВЧ) в различных областях народного хозяйства и растущей в связи с этим потребностью в разработке и проектировании различных волноводных устройств, содержащих нелинейные двухполосники (НД), такие как диоды Ганна (ДГ), лавинно-пролетные, варакторные и др. Метод машинного проектирования СВЧ устройств, используемый в настоящее время, предполагает наличие их адекватных математических моделей. При его использовании дорогостоящее многократное макетирование устройств заменяется проведением численных экспериментов, что позволяет значительно сократить сроки и стоимость разработки.

Цель работы – построение с использованием решения задачи возбуждения прямоугольного волновода диско-штыревым цилиндрическим держателем с НД, представленного в [1], математической модели волноводной камеры, позволяющей рассчитывать наряду с импедансом излучения НД параметры матрицы рассеяния данной структуры, а также разработка в интегрированной среде Borland Delphi 7.0 Windows-приложения для вычисления указанных параметров.

В докладе представлена новая математическая модель волноводной камеры, позволяющая наряду с импедансом излучения НД выполнять расчет параметров матрицы рассеяния данной структуры. Рассмотрен ряд частных случаев применения полученной модели для создания математического описания следующих структур: генератор на НД с варакторной перестройкой частоты; проходной фазовращатель; отражающий фазовращатель. Разработанный математический аппарат послужил основой для создания в среде Borland Delphi 7.0 Windows-приложения, позволяющего по известным значениям частоты сигнала, геометрических размеров волноводной камеры, держателя и НД, параметров варактора и напряжения на варакторе, выполнять расчет целевых функций – импеданса излучения для генератора и параметров рассеяния для фазовращателя. Представлены результаты численных исследований характеристик тестовой конструкции генератора на ДГ с варакторной перестройкой частоты 8-мм диапазона длин волн, полученные с использованием разработанного приложения.

Представленные математические модели волноводных структур и реализующее их программное обеспечение могут быть использованы как элементы системы автоматизированного проектирования генераторов, смесителей, детекторов, фазовращателей, аттенуаторов и модуляторов КВЧ диапазона в волноводном исполнении.

1 Березовский В. К., Мошинский А. В., Дробот С. В. Моделирование возбуждения прямоугольного волновода аксиально-неоднородным цилиндрическим держателем с активным СВЧ элементом // Электромагнитные волны и электронные системы, 1998, т. 3, № 6. – С. 22–30.

АНАЛИЗ ПРОХОЖДЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ В СРЕДЕ ПАКЕТА MATLAB

Н. П. ФЕДОРКЕВИЧ (студ. 3 к.), В. Т. ПЕРШИН (канд. физ.-мат. наук), БГУИР

В учебных планах все больше внимания уделяется использованию систем компьютерной алгебры (СКА), которые имеют дело с программами, работающими по алгоритмам особого рода. В связи с этим расширяется круг вопросов, которые можно исследовать с помощью таких систем, в том числе явления, которые сложно или

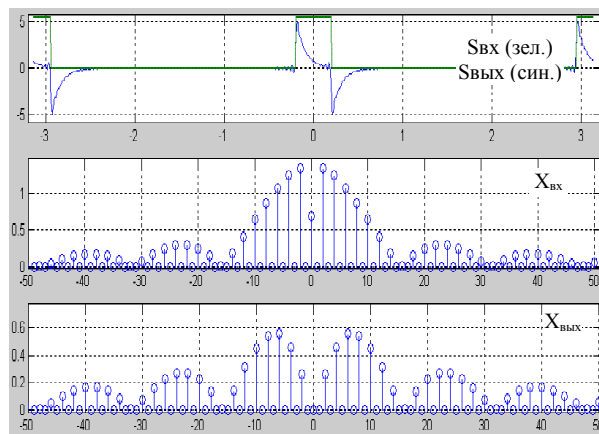
нецелесообразно исследовать экспериментальным путем. Компьютерное моделирование позволит лучше показать суть процессов, происходящих в объекте, и акцентирует внимание студента на математической модели объекта. Целью данной работы является исследование прохождения детерминированных периодических сигналов через линейные цепи, реализованное в СКА MatLab.

Методика проведения анализа заключается в следующих этапах:

- сначала определяется спектр входного сигнала $X_{вх}(\omega)$ по заданной временной функции сигнала $S_{вх}(t)$;
- полагая известным комплексный коэффициент передачи линейной цепи $K(\omega)$, представляющий собой отношение комплексной амплитуды выходного напряжения к комплексной амплитуде входного как функцию частоты соответствующих гармонических составляющих, составим аналитическое выражение для спектральной плотности выходного сигнала $X_{вых}(\omega) = K(\omega) \cdot X_{вх}(\omega)$;
- по известному спектру $X_{вых}(\omega)$, выполнив операцию суммирования ряда Фурье над $X_{вых}(\omega)$, получим временную функцию $S_{вых}(t)$, описывающую поведение выходного сигнала во времени.

С помощью пакета MatLab можно автоматизировать анализ и представить его результаты в виде графиков рассчитанных зависимостей. На встроенном языке пакета написана программа, результаты работы которой показаны на рисунке. Заменяв в программе функцию передачи дифференцирующей цепи на функцию передачи интегрирующей цепи легко получить для нее форму и спектр входного и выходного сигнала.

Разработанная программа может быть внедрена в учебный процесс.



БИПОЛЯРНЫЙ ИОНИЗАТОР ВОЗДУХА

Л.С. ЦЫЛИН (магистр.), БГУИР

Как известно, в нормальном состоянии воздух всегда несет на части своих молекул электрические заряды. Концентрация и соотношение положительных и отрицательных аэроионов в воздухе может меняться с течением времени под воздействием целого ряда факторов, как естественных, так и искусственных [1]. Под влиянием технологической деятельности человека ионный состав воздуха может изменяться очень сильно, при этом происходит либо изменение соотношения между противоположно заряженными частицами (кондиционирование воздуха, работа различных электроустановок), либо деионизация воздуха (фильтрация через пористые, масляные и прочие фильтры). Это обстоятельство приводит человека к отравлению продуктами неполного окисления, к дистрофии и атрофии его органов и тканей, способствует преждевременному старению и предрасполагает к различным заболеваниям. Современные гигиенические и клинико-физиологические исследования [2], проводившиеся в производственных помещениях со сниженным уровнем аэроионизации, показали наличие выраженных изменений функционального состояния жизненно важных систем организма человека.

На сегодняшний день наибольшее распространение, благодаря простоте технической реализации, получили электроэфлювиальные ионизаторы [3]. Принцип действия этих ионизаторов заключается в возникновении коронных разрядов на концах электродов, ионизирующих воздух вблизи ионизатора. Коронный разряд — разновидность тлеющего разряда; возникает при резко выраженной неоднородности электрического поля вблизи одного или обоих электродов [4]. Подобные поля формируются у электродов с очень большой кривизной поверхности (острия, тонкие провода). При коронном разряде эти электроды окружены характерным свечением, также получившим название короны, или коронирующего слоя. Если коронирует только анод, корона называется положительной. В этом случае первичные электроны высвобождаются на внешней границе коронирующего слоя в результате фотоионизации газа фотонами, испускаемыми внутри короны. Ускоряясь в поле анода, эти электроны ударно возбуждают атомы и ионы газа и в актах ударной ионизации порождают электронные лавины. Во внешней зоне носителями тока являются положительные ионы. В отрицательной короне положительные ионы, ускоренные сильным полем вблизи коронирующего катода, выбивают из него электроны. Вылетев из катода, электроны ударно ионизуют газ, порождая лавины и обеспечивая воспроизводство положительных ионов. В чистых электроположительных газах ток во внешней зоне переносится электронами, а в присутствии электроотрицательных газов — отрицательными ионами, возникающими при «слипании» электронов и нейтральных молекул газа. Эти электроны или ионы образуют во внешней зоне отрицательный пространственный заряд. Существует возможность реализации двуполярной короны — когда коронируют оба электрода. Процессы в коронирующих слоях аналогичны описанному выше; во внешней зоне ток переносится встречными потоками положительных ионов и электронов (или отрицательных ионов). Таким образом, на основе данного метода ионизации воздуха возможно создание ионизатора воздуха, создающего как положительные, так и отрицательные аэроионы.

Разработанные ионизаторы воздуха в основном создают ионы только одной полярности — отрицательной, такие устройства просты схемотехнически и недороги при производстве, однако они имеют существенные недостатки, такие как отсутствие возможности регулировки количества создаваемых аэроионов, накопление заря-

да на предметах. Следовательно, при помощи таких аэроионизаторов сложно создать сбалансированный микроклимат в помещении, поскольку в воздухе необходимо наличие как положительных, так и отрицательных аэроионов, что подчеркивает актуальность создания биполярных бытовых ионизаторов воздуха.

Предлагается структурная схема ионизатора, включающая в себя две подсистемы: подсистемы, являющейся непосредственно генератором аэроионов и подсистема, обеспечивающая дистанционное управление.

Первая подсистема (Рисунок 1.) состоит из коронирующего электрода, высоковольтной схемы питания электрода, оптического приемника, индикатора режимов работы, устройства управления и низковольтного блока питания для устройства управления и периферийных устройств. Устройство управления обрабатывает командные сигналы, поступающие с пульта дистанционного управления, и в соответствии с полученными данными изменяет режим работы высоковольтной схемы питания коронирующего электрода.

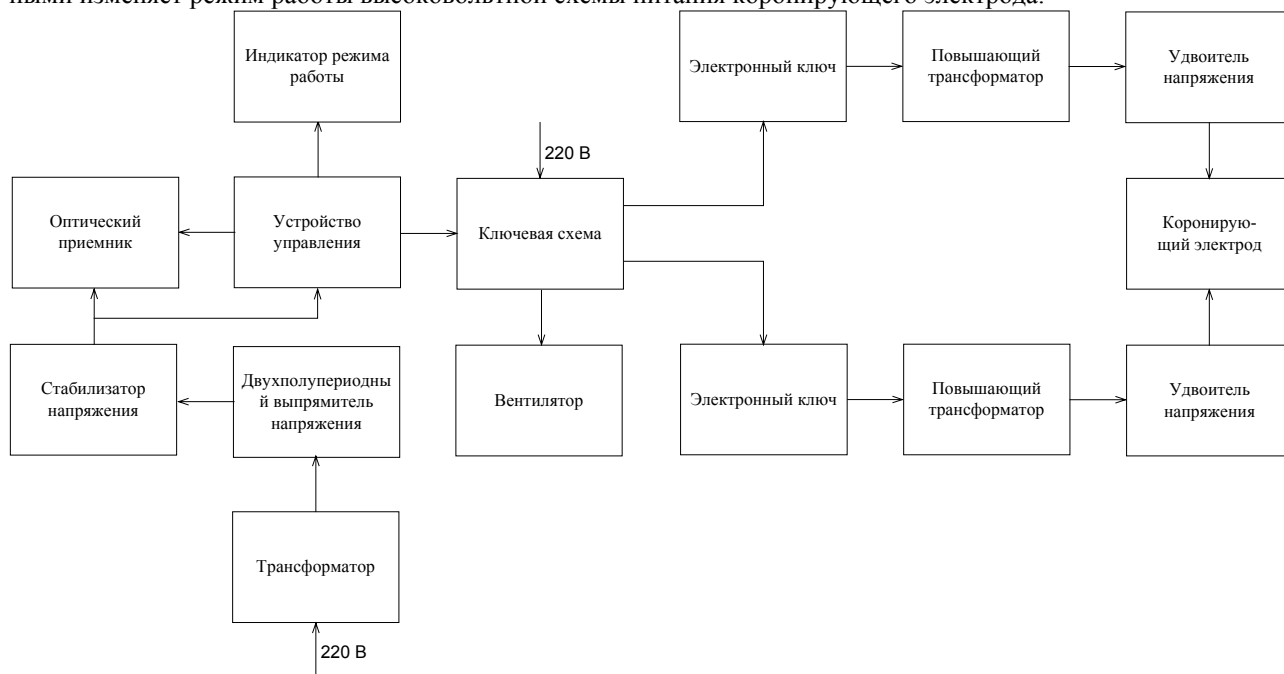


Рисунок 1. Подсистема генератора аэроионов.

Вторая подсистема (Рисунок 2.) содержит устройство управления и оптический передатчик (на ИК лучах). Устройство представляет собой пульт дистанционного управления, необходимость которого обусловлена не только удобством использования системы в целом и последующей возможностью развития сервисных функций, но и требованиями электробезопасности, т.к. при работе аэроионизатора в непосредственной близости от электрода предметы могут приобретать большой электрический заряд. Во избежание этого и предусмотрена функция управления работой системы на расстоянии.



Рисунок 2. Подсистема дистанционного управления

В соответствии с разработанной структурной схемой предлагается принципиальная схема, особенностью которой является использование двух источников высокого напряжения, каждый из которых создает напряжение одной полярности, при этом включаются они попеременно. Период переключения полярностей определяется программным обеспечением микроконтроллера, входящего в схему управления. Принципиальная схема устройства приведена на Рисунке 3.

Высоковольтная часть аэроионизатора, создающая высокое напряжение отрицательной полярности, работает следующим образом. Во время положительного полупериода сетевого напряжения через резистор R2, диод VD2 и первичную обмотку трансформатора T1 заряжается конденсатор C2. Тринистор VS1 при этом закрыт, поскольку отсутствует ток через его управляющий электрод (падение напряжения на диоде VD4 в прямом направлении мало по сравнению с напряжением, необходимым для открывания тринистора).

При отрицательном полупериоде диоды VD2 и VD4 закрываются. На катоде тринистора образуется падение напряжения относительно управляющего электрода (минус — на катоде, плюс — на управляющем электроде), в цепи управляющего электрода появляется ток и тринистор открывается. В этот момент конденсатор

C2 разряжается через первичную обмотку трансформатора. Во вторичной обмотке появляется импульс высокого напряжения (трансформатор повышающий). И так — каждый период сетевого напряжения.

Импульсы высокого напряжения (они двусторонние, поскольку при разрядке конденсатора в цепи первичной обмотки возникают затухающие колебания) выпрямляются выпрямителем, собранным по схеме умножения напряжения на диодах VD7, VD11, VD13, VD17. Постоянное напряжение с выхода выпрямителя поступает (через ограничительный резистор R7) на электрод. Аналогично работает часть схемы, создающая высокое напряжение положительной полярности.

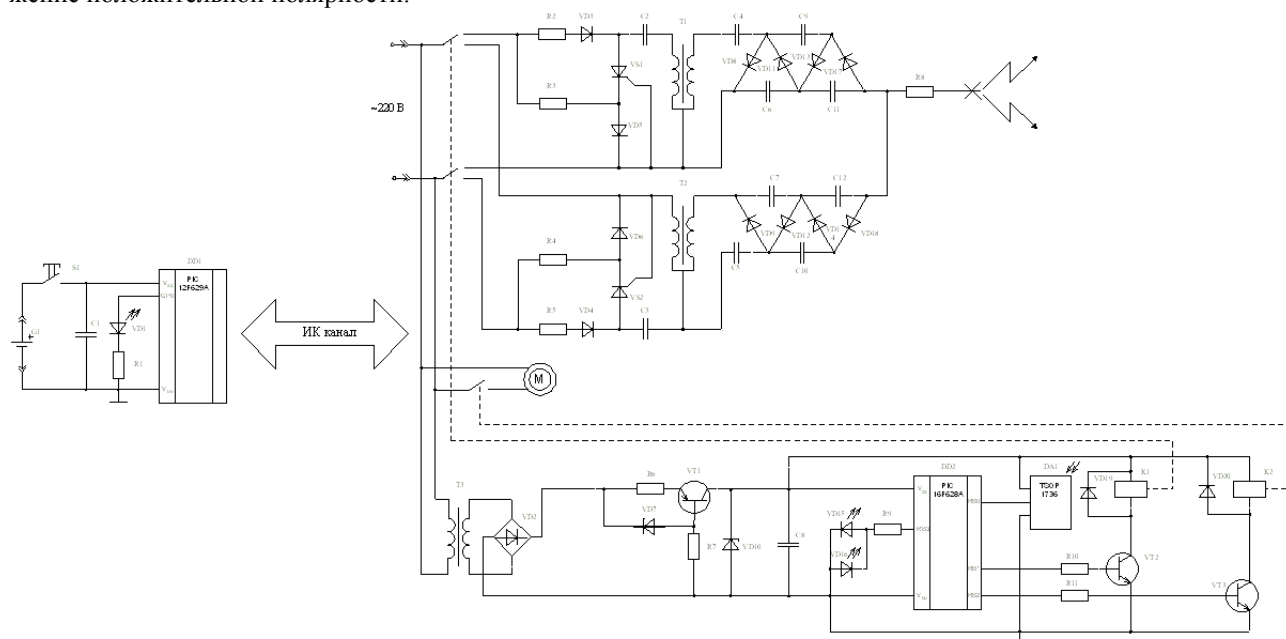


Рисунок3. Биполярный ионизатор воздуха схема электрическая принципиальная

Для увеличения уровня безопасности и повышения удобства пользования в состав устройства включен пульт дистанционного управления, использующий для передачи сигнала ИК диод. На приемной стороне используется типовой оптоприемник.

Таким образом, предложена оригинальная структура ионизатора воздуха и соответствующая принципиальная схема, которая позволяет сделать биполярный ионизатор воздуха отличающийся простотой конструкции, возможностью изменения соотношения между положительными и отрицательными аэроионами, а также повышенным уровнем безопасности пользования.

1 Чижевский А.Л. «Аэрионизация в народном хозяйстве» М.: Госпланиздат 1960.

2 Интернет-ресурс www.ionization.ru.

3 Интернет-ресурс www.ion-morris.ru.

4 Энгель А. «Ионизированные газы», М.: 1959.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КОАГУЛЯЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КРОВИ

К. В. ДЫМА (студ. 5 к.), В. М. БОНДАРИК (канд.тех.наук), БГУИР

Одним из важнейших направлений развития медицины является лабораторная диагностика, результаты которой представляют собой основной критерий выбора терапевтической практики. Важным этапом медицинской лабораторной диагностики является гематологическое исследование крови. Определение коагуляционных параметров широко используют для выявления различных патологических состояний.

Для проведения коагуляционных тестов в настоящее время применяются фотометрические и турбидиметрические методы. Недостатками данных методов являются затрудненность применения их в скрининг-тестах. Для контроля состава и состояния цельной крови и ее препаратов возможно применение ультразвуковых (УЗ) колебаний.

Измеряя коэффициент пропускания УЗ колебаний через препараты крови на различных частотах, можно судить о проходящих в них процессах и оценивать результаты глобальных коагуляционных тестов.

Для контроля коагуляционных параметров крови проведены исследования изменения коэффициента пропускания УЗ во времени при образовании фибринового сгустка. В качестве объекта исследований выступала цельная венозная кровь, забор которой осуществлялся непосредственно перед проведением исследований. При сканировании частоты УЗ колебаний в широком диапазоне наблюдался один глобальный максимум коэффициента пропускания на частоте 140 кГц, уменьшался коэффициент пропускания и на других частотах, однако не так выражено. Поэтому целесообразно для дальнейших исследований коагуляционных параметров крови применять частоту УЗ генератора 140 кГц. При образовании фибринового сгустка происходило резкое уменьшение коэффициента пропускания ультразвука. Анализируя изменение коэффициента пропускания УЗ колебаний через препараты крови можно определять коагуляционные параметры.

Для определения протромбинового времени свертывания крови необходимо на определенном уровне значения коэффициента пропускания ультразвука через кровь зафиксировать время с момента начала исследования. Данное время и будет искомым. Например, для пациента Д., 1984 года рождения протромбинового времени свертывания крови составило $12,5 \pm 0,5$ с, для пациента К., 1984 года рождения – $16,0 \pm 0,5$ с

Полученные результаты позволяют судить о том, что УЗ может с успехом применяться для контроля коагуляционных параметров крови, поскольку позволяет без разрушения компонентов крови оценивать ее состояние.

Ультразвуковой контроль коагуляционных параметров крови может использоваться в скрининг-тестах, так как не требует дополнительной подготовки препарата крови к исследованию.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ

В. А. ЖДАНОВИЧ (магистр.), В. М. БОНДАРИК (канд.тех.наук), БГУИР

Физиотерапевтические методы широко используются при лечении и профилактике самых различных заболеваний. Акустические колебания в настоящее время широко используются в медицинской практике. Присущие им преимущества (физиологичность, отсутствие побочных реакций, доступность и дешевизна, тренирующий характер действия, возможность индивидуализации процедур и др.), нарастающая алергизация населения делают акустоэлектронную физиотерапию при многих заболеваниях альтернативой лекарственной терапии. Акустические колебания также могут применяться для контроля состава и состояния оптически непрозрачных биологических растворов.

Применение моделирования воздействия акустических колебаний на биологические среды позволяет существенно сократить трудоемкость и одновременно повысить информативность результатов исследований и эффективность лечебных процедур, а также получить во многих случаях визуальное представление о процессах и явлениях, увидеть и изучить которые практически невозможно даже с помощью уникальных приборов.

Проведен анализ распространения продольных акустических волн в биологических тканях. Разработана модель, которая описывает прохождение акустической волны в одномерной периодической структуре, состоящей из n плоскопараллельных слоев, имеющих в общем случае различные толщины, плотности и скорости распространения акустических волн. На границе каждого слоя у акустической волны появляется набег фазы, она частично отражается, частично проходит. Таким образом, в каждом слое будут распространяться две волны. Для отдельного слоя волну давления можно записать как сумму волн, распространяющихся в противоположных направлениях:

$$P(x_{k-1} \leq x \leq x_k, t) = P_k^+ e^{i\omega(t - \frac{x}{V_{L,k}})} + P_k^- e^{i\omega(t + \frac{x}{V_{L,k}})}$$

где P_k – амплитуда волны давления, компонента с индексом “+” распространяется в направлении падающей волны, компонента с индексом “–” – в обратном направлении, k – номер слоя, $V_{L,k}$ – скорость распространения продольных волн в k -ом слое.

Разрабатываемый в настоящее время программный комплекс для моделирования воздействия ультразвука на биологические ткани по заданным параметрам позволит проводить оптимизацию процедур для каждого пациента без проведения дополнительных исследований, а также более эффективно выполнять проектирование медицинских терапевтических и диагностических аппаратов.

АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СЛОЖНЫХ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

П. В. КАМЛАЧ (студ. 5 к.), В. М. БОНДАРИК (канд.тех.наук), БГУИР

В настоящее время при проведении аналитических исследований в медицине, биологии и экологии для контроля состояния сложных коллоидных растворов используются устройства, основанные на использовании фотометрических методов. Недостатками данных методов являются затрудненность применения их в скрининг-тестах, возможность проведения исследований только для оптически прозрачных сред, а также необходимость предварительной подготовки растворов к исследованию.

Для контроля состава и состояния оптически непрозрачных растворов возможно применение ультразвуковых (УЗ) колебаний. При прохождении сквозь среду УЗ колебаний происходит их затухание. Зная параметры излученного УЗ сигнала по величине принятого импульса можно судить о плотности и фазовом состоянии материала в текущий момент времени, а также о размерах частиц, входящих в коллоидный раствор.

Были проведены исследования по измерению коэффициента затухания в различных коллоидных растворах. Измерения проводились в широком диапазоне частот, от 20 кГц и до 2 МГц.

В качестве коллоидных растворов и калибровочной жидкости были выбраны меловые растворы с различной концентрацией мела и вода, соответственно. Коэффициент затухания УЗ колебаний измерялся на разных частотах, с различным шагом изменения частоты. В диапазоне частот от 20 кГц до 100 кГц частота изменялась с шагом 2,5 кГц, от 100 кГц до 200 кГц – 5 кГц, от 200 кГц до 2 МГц – 10 кГц.

Для различных коллоидных растворов были построены передаточные характеристики. Для коллоидных растворов аналогичного состава передаточные характеристики получились схожими.

Коэффициент затухания ультразвука в меловом растворе на одинаковых частотах изменялся в зависимости от концентрации мела. Установлена прямопропорциональная зависимость между коэффициентом затухания ультразвука и концентрацией коллоидных элементов в растворе.

Таким образом, по величине затухания УЗ колебаний возможно определение состояния коллоидного раствора в текущий момент времени. Оценивая затухание в заданном диапазоне частот, можно рассчитать содержание и размеры коллоидных частиц, входящих в исследуемый раствор.

Данная методика ультразвукового контроля коллоидных растворов может применяться для контроля малых объемов оптически непрозрачных сред, в частности, в медицине, биологии и экологии в составе автоматизированных комплексов биохимической лабораторной диагностики с целью повышения скорости, качества и точности получаемых результатов.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ЭМГ-СИГНАЛОВ

Ю.В. ЛАБЫНКО (студ. 5.к), П.А. КОНАШ (студ. 5.к), С.В. КРАКАСЕВИЧ (ст. преподаватель), БГУИР

При многих заболеваниях опорно-двигательного аппарата нижних конечностей наблюдается дефицит мышечной функции при ходьбе. Дефицит мышечных функций проявляется в виде уменьшения числа двигательных единиц пораженной нижней конечности, участвующих в осуществлении движения, по сравнению со здоровой. Одним из наиболее эффективных методов коррекции движения является использование электростимуляции. Суть этого метода состоит в коррекции движений путем приложения добавочных мышечных сил в требуемые интервалы времени методом электростимуляции двигательных мышц. Для разработки электростимуляторов, отвечающих современным требованиям, необходимо синтезировать эффективные сигналы чрезкожной электростимуляции нижних конечностей.

Для синтеза сигнала электростимуляции необходимо проанализировать частотные и временные параметры ЭМГ. В результате анализа ЭМГ-сигналов может быть получена математическая модель распространения сигнала по мышечному волокну.

В настоящее время в основном распространена одноканальная ЭМГ. Однако информация, полученная с использованием одного поверхностного электрода, представляет собой сигнал, содержащий составляющие многих двигательных единиц, входящих в область снятия электромиограммы. Снятие многоканальной электромиограммы с использованием многосегментного электрода позволяет одновременно получать ЭМГ-сигналы с отдельных рядом расположенных мышечных волокон.

Для анализа частотно-временных характеристик многоканальных ЭМГ-сигналов был разработан программный комплекс.

Разработанный комплекс состоит из блока оцифровки, представляющего собой плату сопряжения ЛА-2 (АЦП), установленную в персональном компьютере, и блока обработки данных. Блок обработки данных позволяет проводить фильтрацию полученных ЭМГ-сигналов, спектральную обработку, строить авто-, кросс-корреляционные функции и коррелограммы обрабатываемых сигналов. Программа позволяет управлять работой АЦП, задавать частоту опроса группы каналов, временные и количественные параметры оцифровки.

Выполняемый в программе корреляционный анализ многоканальных ЭМГ-сигналов позволяет выявить закономерности распространения сигнала по рядом расположенным мышечным волокнам, выделить периодические составляющие, общие для ЭМГ, идентифицировать наличие амплитудной или частотной асимметрий.

ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕМОРА КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА

*А.С. ТЕРЕХ (ИНЖЕНЕР), В.А. МИЦКЕВИЧ (СТУД. 4 КУРС), Д.Б. ВЛАДИМИРОВ (СТУД. 4 КУРС),
С.К. ДИК (КАНД. ФИЗ.-МАТ. НАУК), БГУИР*

Тремор – это произвольные ритмические колебательные движения конечностей или головы человека с синусоидальной моделью осцилляций. Тремор различной интенсивности можно обнаружить у подавляющего большинства больных паркинсонизмом. Часто он является наиболее ранним симптомом заболевания. Болезнь Паркинсона и паркинсонизм занимают одно из основных мест среди хронических заболеваний центральной нервной системы, приводящих к инвалидизации при отсутствии лечения [1].

Целью нашей работы явилась разработка прибора для определения амплитудно-частотных параметров тремора конечностей при болезни Паркинсона. Измерение параметров тремора с помощью разработанного прибора происходит следующим образом: на руке испытуемого фиксируется точечный источник света, представляющий собой светодиод, свет от источника проектируется оптической системой на регистрирующее устройство. Принятый сигнал, содержащий информацию о величине и направлении смещения изображения на светочувствительной матрице, через порт PS/2 записывается в промежуточный буфер персонального компьютера. При помощи разработанной программы обработки, используя быстрое преобразование Фурье, рассчитываются Фурье-спектры, позволяющие анализировать амплитудно-частотные характеристики сигнала. Результаты измерений сохраняются в базе данных [2].

При проведении исследований в клинике РНПЦ неврологии и нейрохирургии МЗ РБ были установлены амплитудно-частотные параметры тремора конечностей у пациентов с ригидно-дрожательной формой болезни Паркинсона до и после проведения лекарственной терапии. Выявлено, что пероральное применение препарата «Мадопар» приводит к достоверному снижению амплитуд тремора конечностей пациентов в ортогональных направлениях, что сопровождается снижением амплитуд спектральных гармоник в диапазоне частот (3-7 Гц), характерном для дрожания конечностей пациентов при болезни Паркинсона, приближая их к соответствующим значениям у здоровых лиц.

- 1 Лихачев С.А., Дик С.К., Василевская Л.А., Вацилин В.В. Спектр-оптические критерии объективизации тремора конечностей при Паркинсонизме. // "Медэлектроника- 2003". Материалы II Межд. Науч.-техн. конференции. - Минск. - 2003. - С. 235-238.
- 2 Дик С.К., Лихачев С.А., Вацилин В.В., Терех А.С., Олейник М.Ю. Устройство для определения параметров тремора конечностей при болезни Паркинсона. / Медэлектроника 2004 средства медицинской электроники и новые медицинские технологии III международная научно-техническая конференция Материалы конференции Мн. 2005.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЖНОГО ДЫХАНИЯ ПОЛЯГРОФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

С.А. НЕХАЙ (магист.), С.К. ДИК (канд.физ.-мат.наук), БГУИР

Целью исследований явилась оценка тренированности мышц человека по параметрам кожного дыхания.

Кожные покровы представляют собой очень удобный объект для исследования экстракапиллярного транспорта кислорода, в связи доступностью и возможностью различных локальных воздействий. Тканевое дыхание кожи исследовалось на разработанном многоканальном полярографе.

На поверхность кожи накладывается торцовый электрод кларковского типа. При этом образуется изолированное от внешнего воздуха подэлектродное микропространство, из которого кислород поступает в потребляющую его кожу [1].

В экспериментальном исследовании участвовали 14 юношей возраст от 16-ти до 19-ти лет. До и после нагрузки измерялись следующие параметры: частота пульса и дыхания, артериальное давление, параметры массопереноса кислорода кожей.

Юноши были условно разделены на две группы: 1 - не посещавшие тренажерные залы (6 человек) и 2 - регулярно тренировавшие мышцы плечевого пояса (8 человек).

В результате исследований выявлено, что после физической нагрузки частота пульса в среднем увеличилась на 6%, артериальное давление и частота дыхания практически не возросли (отличие составило менее 1%) в обеих исследованных группах. Установлено, что частота дыхания и количество сердечных сокращений у юношей, занимающихся спортом на 10% ниже, чем у нетренированных.

Измерения кожного дыхания проводили на поверхности кожи в области нижней трети двуглавой мышцы правой руки. У юношей второй группы отмечено более высокое дыхание кожи до физической нагрузки (206 ± 15 мкМ/с) и его интенсивная активация после нагрузки (247 ± 15 мкМ/с). В первой группе испытуемых кожное дыхание было ниже (177 ± 17 мкМ/с), чем во второй и наблюдалась тенденция к снижению после физической нагрузки (167 ± 12 мкМ/с).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что измерение кожного дыхания поверхности мышц, которые подвергались физическим воздействиям, можно использовать как тест для оценки степени тренированности мышц и рекомендовать для комплексной оценки состояния мышечных тканей у спортсменов и молодых людей, занимающихся активным наращиванием мышечной массы.

1 Дик С.К., Нехай С.А. Многоканальный программно-управляемый полярограф/ Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств Сборник материалов III Международной научно-технической конференции: Новополоцк 2004 с.269 – 271.

МЕТОД НЕИНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В ТКАНЯХ ПРИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Е. А. РЫЧКОВА (магист.), С. К. ДИК (канд.физ.-мат. наук), БГУИР

В практике лечения различных онкологических и неонкологических заболеваний все активнее используется метод фотодинамической терапии (ФДТ). Однако существует насущная потребность в разработке и использовании неинвазивного метода, позволяющего в клинических условиях получить информацию о параметрах функционирования микроциркуляторного русла в режиме реального времени и затем оперативно использовать ее для коррекции лечебного протокола. В качестве такого метода контроля в проведенных исследованиях использовался спекл-оптический метод оценки состояния кожного кровотока.

В эксперименте в качестве фотосенсибилизатора использовался препарат Фотолон производства АО «Белмедпрепараты». Раствор пигмента вводили в красную вену левого уха кролика массой 2,5-3 кг в дозе 2 мг/кг веса. Для измерений использовали правое ухо, предварительно подвергнутое химической депиляции. Кожную микрогемодинамику (МГД) исследовали в области верхушки (зона В) и основания (зона О) уха. Изучали амплитудно-частотные характеристики спектра флуктуаций интенсивности (СФИ) динамического спекл-поля, образованного рассеянным от кожных покровов лазерным излучением: мощность спектра (МС), среднюю частоту $\langle F \rangle$ и коэффициент асимметрии A_s спектра. Фотовоздействие светом полупроводникового лазера (660 нм, 40 мВт) на кожный покров проводили только в верхней части уха.

Сравнительный анализ изменений МГД в разных участках кожи показал более выраженное ухудшение микрогемодинамики в кожных покровах в области, подвергнутой фотодинамическому воздействию, чем в интактной. Было отмечено снижение МС в зонах В и О на 29 и 16%, соответственно.

Таким образом, определяется возможность применения спекл-оптического метода регистрации кожной МГД и выявляется динамика изменений микрогемодинамических процессов при фотодинамическом воздействии, что позволит использовать этот метод для оценки эффективности ФДТ при лечении солидных опухолей.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ СТИМУЛИРУЮЩЕГО ИМПУЛЬСА В ТКАНЯХ ПАЦИЕНТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОЦЕДУР ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ

Ю. Г. СМУРАГА (студ. 4 к.), М.В. ДАВЫДОВ (асп.), А. Н. ОСИПОВ (канд.техн.наук), БГУИР

Системы электростимуляции широко применяются для лечения заболеваний нервно-мышечного аппарата, реабилитации больных после хирургического вмешательства, восстановления двигательной активности парализованных мышц и т.д. Для повышения эффективности сигналов электротерапии необходимо изучить процессы распределения мощности в тканях при прохождении через них электрического тока.

Целью работы является разработка аппаратно-программного комплекса для исследования мощности выделяемой на коже и мышце при воздействии стимулирующего импульса, а также анализа спектральных характеристик сигнала, прошедшего через биоткань. При проведении эксперимента используются 4-х электродный метод регистрации импеданса биоткани, позволяющий неинвазивным способом измерять падение напряжения на внутренних тканях, а также 3-х электродный метод для регистрации напряжения на сопротивлении электрод-кожа. Разработанное аппаратно-программное обеспечение для проведения эксперимента включает в себя серийно выпускаемый электростимулятор «Рефтон-01», блок электродов, схему сопряжения, плату аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и персональный компьютер (ПК).

Электростимулятор «Рефтон-01» осуществляет подачу стимулирующих импульсов на биоткань. Для исследования используются следующие виды стимулирующих сигналов: диадинамические токи (ДДТ) (частота 50-100 Гц), синусоидальные модулированные токи (СМТ) (несущая частота 5кГц, частота модуляции 10-150 Гц). Сила тока задается в диапазоне от 1 до 5 мА. К измерительным электродам предъявляются требования хорошего контакта с кожей при многократных измерениях, а также возможность изменения расстояния между электродами на постоянную величину. Это позволяет определить связь между величиной напряжения на биоткани и расстоянием между электродами. Схема сопряжения служит для согласования выходного напряжения блока электродов с диапазоном входных напряжений аналого-цифрового преобразователя (ЛА-2). Плата ЛА-2 представляет собой 12 канальное АЦП с частотой дискретизации 500кГц. Данные с ЛА-2 поступают в ПК. Программное обеспечение позволяет вывести на экран амплитуду и спектр сигнала и сохранить полученные данные в текстовый файл. Анализ спектральных характеристик сигнала осуществляется в системе MatLab.

Таким образом, разработанный аппаратно-программный комплекс позволяет оценить селективность (избирательность) воздействия различных электрических сигналов на ткани пациента и рассчитать спектральные характеристики исследуемых импульсов электростимуляции.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СКРЫТОЙ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ДИСФУНКЦИИ

А.С. ТЕРЕХ (инженер), О.В. СОНЕЦ (студ. 4 к.), С.К. ДИК (канд. физ.-мат. наук), БГУИР

У людей с заболеваниями нервной системы, а также с сердечно-сосудистыми, желудочно-кишечными патологиями часто встречаются вестибулярные и мозжечковые расстройства. Зачастую скрытое наличие таких расстройств, особенно у операторов движущихся систем (летного состава, водителей автотранспортных средств и т.д.), приводит к гибели и травматизму людей, вследствие чего диагностика вестибулярных расстройств является одной из важнейших медико-социальных проблем в Республике Беларусь.

Нистагм является основным симптомом, свидетельствующим о поражении вестибулярной системы. Под нистагмом понимаются непроизвольные ритмические колебательные движения глазных яблок [1].

Регистрация движений глазных яблок осуществляется с помощью специального оголовья, имеющего две миниатюрные ИК-видеокамеры, которые фиксируют горизонтальные, вертикальные и ротаторные движения глаз. Использование инфракрасного диапазона дает возможность проводить тесты при любых условиях освещения глаза. Для регистрации нистагма при проведении тестов с закрытыми глазами применяется метод электрического съема информации с использованием электродов. Сигнал с видеокамер поступает на устройство сопряжения, далее – в персональный компьютер. Для регистрации поворотов головы, при исследовании вестибулоокулярного рефлекса, используется датчик поворота [2].

Обработка полученных данных предусматривает автоматизированный анализ таких параметров нистагмограмм, как скорость медленной и быстрой фаз нистагма, амплитуда, длительность и количество пиков в заданном интервале. Возможна регистрация пациентов, ведение учета измерений нистагмограмм и их параметров в базе данных.

В целом данная система исследования вестибулярной функции позволяет:

- проводить информативное исследование, щадящее и адекватное в отношении испытуемого, доступное состоянию пациента и задачам диагностики;
- повысить качество раннего выявления заболеваний ЦНС, функционального состояния вестибулярного аппарата и их экспертную оценку.

1 Склот И.А., Лихачев С.А. Характеристики вестибуло-окулярного взаимодействия в норме у взрослых. // Вести оториноларингологии. – 1989. - №4 – с. 8 - 13.

2 Лихачев С.А., Дик С.К., Марьенко И.П., Терех А.С. Система диагностики вестибулярных расстройств. / X международная научно-техническая конференция Современные средства связи. «Известия белорусской инженерной академии» №1(19)/4 2005.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Л. В. ЩУКИНА (магист.), О. МЕЛЕХ (магист.), Н. С. ОБРАЗЦОВ (канд. техн. наук), БГУИР

Последовательность работ по улучшению характеристик устойчивости аппаратуры защиты информации к электромагнитным воздействиям, в состав которых входят ИС, состоит из следующих этапов.

Первым этапом повышения электромагнитной совместимости должно быть определение условий воздействия электромагнитного поля. Они определяются путем анализа реальных условий эксплуатации системы, которые предоставляются разработчику РЭС потребителем или определяются опытным путем.

После того, как определены уровни наводок и восприимчивость компонентов, можно сделать оценку восприимчивости в наихудшем случае. Это выполняется путем сравнения ожидаемого максимального уровня на-

водок с минимальным уровнем сигнала, который вызывает помехи в компоненте. Требования повышения устойчивости определяются отношением ожидаемого уровня наводки к минимальному уровню восприимчивости.

На следующем этапе, в зависимости от требований к повышению устойчивости, определенных на предыдущей стадии, принимается решение о необходимости введения мер по повышению устойчивости системы.

Если отношение меньше 0 дБ, то необходимость защиты от ЭМП отпадает. В случае, когда отношение не намного больше 0 дБ, примерно до 30 дБ, защита легко обеспечивается экранированием. В противном случае имеет смысл провести более подробный анализ восприимчивости, при этом можно использовать методы моделирования и прогнозирования. Для экономии материалов можно вместо экранирования всего устройства прибегнуть к более тщательному экранированию наиболее уязвимых ее частей, что уменьшит вес и габариты изделия, а следовательно и стоимость.

Повысить устойчивость системы можно, тщательно проанализировав элементную базу и применив ряд дополнительных элементов, таких как фильтры, прокладки, экранированные кабели, соединители, поглощающие материалы, экраны и т.д.

После использования всех отдельных методов повышения устойчивости следует провести испытание всей системы для проверки эффективности методов повышения устойчивости.

Окончательно систему испытывают при моделировании импульсных воздействий в реальных условиях эксплуатации для того, чтобы она отвечала требованиям ЭМО.

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАЩИТЫ НА МОП-ТРАНЗИСТОРАХ

Л. В. ЩУКИНА (магист.), Р. В. АВЕРКОВИЧ (магист.), Н. С. ОБРАЗЦОВ (канд. техн. наук), БГУИР

Типовая двухступенчатая схема защиты выводов ИС состоит из полевого транзистора с заземленным каналом, который используется как вторичный защитный элемент для ограничения импульса наводок.

Для обеспечения высокой эффективности данной схемы необходимо использовать мощную полупроводниковую структуру в качестве главного элемента на первой стадии защиты, такую как электронный ключ либо сапрессор. Между первым и вторым каскадом обычно добавлен резистор для ограничения тока импульсной наводки, протекающего через затвор МОП транзистора на второй стадии защиты. Первичное устройство защиты должно срабатывать до того, как второй каскад выйдет из строя от перенапряжения наводки. В случае, если первичный элемент защиты имеет высокое пробивное напряжение, сопротивление может достигать 1 кОм и более. Большое сопротивление, включенное последовательно и большая емкость элементов защиты вызывает большую задержку входного сигнала, что может отразиться на работе всего цифрового устройства. Поэтому необходимо, по возможности, отказаться от использования последовательно включенного ограничительного сопротивления.

Здесь полевой транзистор с заземленным каналом используется как устройство ограничения импульсных наводок. Однако в этом случае из-за отсутствия сопротивления, ограничивающего ток, эффективность защиты полупроводниковой структуры деградирует с уменьшением геометрических размеров и увеличением степени интеграции ИС из-за того, что полевые транзисторы с заземленным каналом для обеспечения приемлемого уровня защиты должны иметь большие геометрические размеры.

Кроме того, такая структура обладает большой паразитной проходной емкостью, которая влияет на параметры входов ИС. Эта паразитная емкость нелинейна и зависит от уровня входного напряжения. Для некоторых высокоточных схем необходимо исключить такую зависимость.

РАЗРАБОТКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОЙКОСТИ К ИМПУЛЬСНЫМ СИГНАЛАМ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Р. В. АВЕРКОВИЧ (магист.), О. МЕЛЕХ (магист.), Н. С. ОБРАЗЦОВ (канд. техн. наук), БГУИР

Типовая схема имитатора помехового воздействия данного вида содержит накопительный конденсатор и быстродействующий бездребезговый переключатель. Заряд конденсатора осуществляется через токоограничивающий резистор от источника высоковольтного напряжения. При достижении установленного напряжения конденсатор переключается на разряд, формируя разрядный импульс.

Применение в качестве функциональной замены элементов коммутации полупроводниковых приборов является наиболее эффективным. Такими приборами могут выступать лавинные транзисторы, диоды, а также тиристоры. Формирователи импульсов на лавинных транзисторах с ограниченной областью объемного заряда имеют малое время задержки (доли-единицы нс) при запуске, высокую частоту повторения (до десятков кГц) и малую длительность (доли-единицы нс) фронта импульса. Однако для них характерна сравнительно малая амплитуда импульсов (до десятков В на один прибор) и малая (до сотен Вт) пиковая мощность. Значительно большую амплитуду и пиковую мощность обеспечивают формирователи на тиристорах.

Существует несколько способов функционального применения тиристорov в качестве коммутирующего элемента. Один из способов основан на последовательном включении тиристорov вместо ключа S. В этом случае речь идет только о тиристорax, как об электронных ключах. Управление отпиранием тиристорov осуществляется путем подачи отпирающего напряжения на все приборы одновременно. Следует отметить, что данный способ запуска требует жесткого подхода к отбору тиристорov по близости их параметров, в частности минимального напряжения отпирания и времени задержки включения. В некоторых случаях требуются выравнивающие цепи, оптимальный подбор которых возможен только опытным путем. Таким образом, получение требуемых временных параметров коммутации представляет собой достаточно сложную задачу.

ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МАНИПУЛЯТОРА ТИПА ORTHOGLIDE

Р. И. ГОМОЛИЦКИЙ (асп. 2 к.), А. П. ПАШКЕВИЧ (д-р техн. наук), БГУИР

В работе исследуется параллельный манипулятор типа Orthoglide, являющийся альтернативой последовательным манипуляторам, и имеющий более высокую структурную жесткость, лучшее отношение грузоподъемность/вес, а также лучшие динамические свойства и более высокую точность. По результатам динамического анализа [1] математической модели параллельного манипулятора, обладающего квазиизотропными кинематическими и кинетостатическими свойствами, проводится его динамический синтез, учитывающий его силовые характеристики. В известных работах [2, 3] осуществлялся только кинематический анализ и синтез данного манипулятора, однако для проведения полного, корректного анализа и синтеза требуется учет как кинематических, так и динамических параметров математической модели.

При синтезе манипулятора из трехмерной матрицы обусловленности тензора инерции $\text{cond}(D)$ рабочего пространства манипулятора, полученного из уравнений Лагранжа, использованных для его динамического анализа, методом золотого сечения находится наибольший куб, вписываемый в фигуру, для которой обусловленность тензора инерции $\text{cond}(D)$ меньше заданного коэффициента λ . Данный куб представляет собой часть рабочего пространства с квазиизотропными силовыми характеристиками, то есть в его пределах манипулятор, с учетом незначительной погрешности, ведет себя как классическая XYZ машина. По результатам данного исследования планируется провести многокритериальный синтез математических моделей параллельного манипулятора типа Orthoglide, учитывающий его кинематические и динамические характеристики, создать его компьютерные модели, которые впоследствии будут интегрированы в САПР RoboMax, разработанный на кафедре автоматического управления БГУИР, и используемый на многих предприятиях республики.

- 1 Гомолицкий Р. И., Пашкевич А. П. Динамический анализ манипулятора типа Orthoglide / Известия Белорусской инженерной академии. - Минск, 2005. - №1(19)/1 2005. - С. 130 -133.
- 2 Chablat, D., and Wenger, P. A new three-DOF parallel mechanism: milling machine applications / 2nd Chemnitz Parallel Kinematics Seminar, Chemnitz, Germany, 2000.
- 3 Wenger P., Chablat D. Design of a Three-Axis Isotropic Parallel Manipulator for Machining Applications: The Orthoglide / Workshop, Quebec City, Quebec, Canada, 2002, pp. 16-24.

РЕАЛИЗАЦИЯ ВВОДА ДАННЫХ С АЦП ЧЕРЕЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ПОРТ ПК

А. М. МАРКУШЕВСКИЙ (студ. 4 к.), Б. А. АССАНОВИЧ (канд. техн. наук), ГрГУ им. Я. КУПАЛЫ

Проблематика. Организация ввода цифровой информации в компьютер.

Цель. Использование различных режимов работы параллельного порта персонального компьютера (ПК) для ввода информации.

Объект исследований. Цифровые данные, полученные после аналогово-цифрового преобразования сигналов измерения.

Использованные методики. Программная обработка дискретных сигналов на входе и выходе параллельного интерфейса ПК с применением стандартных измерительных приборов.

Научная новизна, в чём особенность проведённых исследований. Организован многоканальный ввод информации с программным мультиплексированием. Реализация доступа к параллельному порту позволило проинформировать увеличение динамического диапазона, точности преобразования и варьирование размерами структур вводимых данных.

Полученные результаты и выводы. Стандартный параллельный порт осуществляет двунаправленный высокоскоростной обмен данными как в режимах EPP/ECP, так и в режиме SPP.

Практическое применение полученных результатов, в том числе и перспективное. Применение на практике заключается в возможности измерения и обработки сигналов в реальном масштабе времени, осуществление многоканального ввода данных, что может найти применение в научных исследованиях и инженерной практике.

ВВОД И АНАЛИЗ СИГНАЛОВ В СРЕДЕ МАТЛАВ 7.0.

О. Г. КОМАР (студ. 4 к.), Б. А. АССАНОВИЧ (канд. техн. наук), ГрГУ им. Я. КУПАЛЫ

Проблематика. Анализ сигналов низкочастотного диапазона с использованием пакета Matlab 7.0.

Цель работы. Реализация спектрального анализа и линейных преобразований сигналов с применением их ввода через стандартную звуковую карту персонального компьютера.

Объект исследований. Аналоговые сигналы диапазона 10 Гц – 100 кГц.

Использованные методики. Аналого-цифровое преобразование данных на основе встроенной звуковой карты и их анализ при помощи быстрого преобразования Фурье средствами пакета Matlab 7.0.

Научная новизна, в чём особенность проведенных исследований. Использование средств моделирования Simulink среды Matlab позволило осуществить различного типа преобразования в режиме реального времени.

Полученные научные результаты и выводы. Скоростной спектральный анализ сигналов ограничивается типом и характеристиками стандартной звуковой карты персонального компьютера.

Практическое применение полученных результатов, в том числе и перспективное. Инженерное и практическое применение результатов заключается в возможности виртуальной реализации обработки сигналов и их спектрального анализа, осуществление их преобразования различными программными средствами, что применимо для лабораторных исследований и экспериментов.

РЕАЛИЗАЦИЯ ВВОДА ДАННЫХ С АЦП ЧЕРЕЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ПОРТ ПК

А. Н. КОЗЯЧИЙ (студ. 4 к.), Б. А. АССАНОВИЧ (канд. техн. наук), ГрГУ им. Я. КУПАЛЫ

Проблематика. Организация ввода дискретной информации в компьютер через последовательный порт персонального компьютера.

Цель. Использование асинхронного режима ввода данных в последовательный порт и создание программного обеспечения для обработки данных.

Объект исследований. Дискретная информация, полученная от аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Использованные методики. Программная обработка дискретных сигналов на входе и выходе последовательного интерфейса при многозадачной работе в среде Windows 98, 2000.

Научная новизна, в чём особенность проведённых исследований. Организация пакетной обработки вводимых данных увеличивает скорость считывания данных более чем в 1,5 раза.

Полученные результаты и выводы. Пакетный протокол позволяет осуществить ввод информации от измерительных приборов и удалённых объектов.

Практическое применение полученных результатов, в том числе и перспективное. Измерение и обработка сигналов в реальном масштабе времени, осуществление пакетного способа передачи данных может найти применение в научных исследованиях и инженерной практике.

ОПИСАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИЙ БЕССЕЛЯ

Д. Г. КОВАЛЕВИЧ, Ю. Н. ЕВДОКИМОВИЧ (студ. 2 к.), Д. В. ГОЛОЛОБОВ (канд. техн. наук), БГУИР

В теории колебаний и волн существуют задачи связанные с представлением процессов, описываемых с помощью функции Бесселя первого и второго рода [1]. Ряд из этих задач требует точного определения значений функции при заданном порядке и аргументе. К их числу относятся задачи по оценке ширины спектров колебаний с угловой модуляцией, определению полосы рабочих частот, амплитудных значений проекций векторов напряжённостей электрического и магнитного поля волноводов с круглым и эллиптическим сечениями, определению резонансных частот и нагруженной добротности цилиндрического объёмного резонатора. При решении отдельных задач дифракции и разработке многомодовых волноводов также становится необходимым применение функций Бесселя [2].

В работе представлена компьютерная программа, которая позволяет:

- проводить численный расчет функции Бесселя для различных порядков при заданном максимальном значении аргумента;
- представлять результаты расчета в графическом и табличном виде функций Бесселя нескольких порядков при заданном предельном значении аргумента и шага расчета;
- определять значение одной или нескольких функций Бесселя при заданном фиксированном значении аргумента;
- определять набор корней функции Бесселя и ее производной.

Программа дополнительно имеет следующие возможности:

1. Определять спектральные характеристики сигналов с угловой модуляцией при заданной амплитуде и частоте несущего колебания, индексе модуляции, частоте модулирующего колебания. После ввода данных о параметрах модуляции, в графическом виде могут быть визуализированы амплитудно-частотная, фазо-частотная характеристики или комплексный спектр радиоколебания. Амплитудные значения представляются либо в нормированном виде, либо в единицах измерения задающих колебаний.

2. Рассчитывать критические длины волн волновода с круглым сечением при заданных индексах волн электрического и магнитного типов. При этом с высокой точностью определяется рабочий диапазон частот волновода, а также амплитудные значения проекций векторов поля в поперечном сечении.

3. По заданному типу колебания определять резонансные частоты цилиндрического объёмного резонатора.

1 Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – М.: Наука, 1986.

2 Кураев А.А., Попкова Т.Л., Сеницын А.К. Электродинамика и распространение радиоволн. – Мн.: Бестпринт, 2004.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМОПОДОБНЫХ СРЕД ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТОНАЛЬНОЙ ВОЛНЫ И ПРОИЗВОЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОЛЯ ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

С. И. РОГОВСКИЙ, А. Л. ШАДУРА, А. В. МОСТОВИЧ (студ. 3 к.), Д. В. ГОЛОЛОБОВ (канд. техн. наук), БГУИР

Электромагнитные методы, основанные на изучении процесса взаимодействия электромагнитных волн (ЭМВ) с материальным объектом, находящимся в среде с потерями, позволяют решать ряд задач по поиску, выделению и идентификации различных образований, находящихся на фоне однородной подстилающей среды. Такие задачи решаются в строительстве, в археологии, геофизике, электронике и др. Актуальным становится применение этих методов для дистанционного или приповерхностного обследования планет солнечной системы.

В работе рассматривается вопрос о взаимодействии поверхностной электромагнитной волны с анизотропной средой, проявляющей свои свойства в условиях слабого поля подмагничивания. Среда в общем случае имеет наполнитель, характеризуемый комплексной диэлектрической проницаемостью, в котором существует поток разнозарядных частиц, перемещающихся по направлению к границе раздела. Анизотропные свойства среды описываются тензором диэлектрической проницаемости (ТДП), содержащем в общем случае шесть составляющих.

Анализ взаимодействия ЭМВ со средой оценивается дисперсионным уравнением. При нормальном (относительно границы раздела сред) подмагничивании процесс описывается уравнением восьмой степени с комплексными многопараметрическими коэффициентами и требует длительного численного исследования. Приближенный подход оценки резонансного взаимодействия сводится к анализу частотной зависимости комбинационных элементов ТДП [1].

Проведенные исследования показали, что изменение угла наклона вектора постоянного магнитного поля с учетом редуцирования выбранной системы координат приводит к трансформации компонентов ТДП т.е. изменению свойств анизотропной среды. Отмечено незначительное влияние вариации соотношения масс и электродинамических параметров наполнителя на резонансные проявления процесса взаимодействия ЭМВ и исследуемой среды.

Полученные данные могут быть использованы для уточнения ряда моделей сред, а также для построения новых электромагнитных методов для их аттестации.

1 Голубов Д.В., Катляров П.М. Влияние ионизации частиц на взаимодействие гармонической ЭМВ и анизотропной среды /Доклады БГУИР №4(4), 2004 –с.3-43 .

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ЛИНЕЙНОМ ЦИФРОВОМ ОСЦИЛЛЯТОРЕ

П. Ф. СЕРБУН (студ. к), В. Т. ПЕРШИН (канд. физ.-мат. наук), БГУИР

Интерес к информационным технологиям растет с каждым годом. Широкое внедрение компьютерных технологий в системы передачи информации позволяет решить ряд проблем. Во-первых, это повышение скорости работы. Во-вторых, существенное уменьшение влияния помех на передаваемый сигнал. Основу этих технологий составляют цифровые системы передачи и цифровые методы обработки сигналов. Устройства цифровой обработки сигналов строятся на базе цифровых цепей, широкий класс которых можно отнести к числу колебательных систем.

Цифровой осциллятор является колебательной системой второго порядка. Роль его в цифровых системах передачи информации аналогична роли колебательного контура в аналоговых системах. Это основной элемент для построения сложных колебательных систем.

Целью работы является исследование устойчивости системы, установление влияния параметров на ее основные динамические характеристики.

Используя теорию разностных уравнений, была исследована устойчивость цифровой колебательной системы второго порядка; построен бифуркационный портрет; рассмотрены границы зон портрета, соответствующие критическим значениям корней характеристического уравнения; приведены фазовые портреты колебаний для основных режимов работы осциллятора.

Результаты исследования создают основу для разработки теории колебаний цифровых систем и могут быть использованы при создании систем передачи информации с цифровой обработкой сигналов.

1 Андронов А.А., Витт А.А. Теория колебаний / М.: Наука, 1981.

2 Видаль П. Нелинейные импульсные систем: Пер. с франц. / М., «Энергия», 1974.

3 Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. / М.: Мир, 1976.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ. КОМПЬЮТЕРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАДУИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ФАЗОВОГО СДВИГА В ЦИФРОВОЙ КОД

А. А. РАСТВОРЦЕВ (студ. 5.к), В. Т. РЕВИН (канд. техн. наук), БГУИР

Автоматизация – одно из магистральных направлений повышения эффективности метрологических работ, призванное обеспечить высокие темпы научно-технического прогресса в приборостроении и машиностроении за счет:

- повышения качества исследований на основе уточнения моделей изучаемых объектов, явлений, процессов;
- получения более полных данных об исследуемых средствах измерений;
- сокращения сроков метрологических исследований и снижения затрат на основе уменьшения трудоемкости измерений, ускорения экспериментов, уменьшения ошибок;
- оптимизации измерительного эксперимента, повышения точности измерений.

Данная компьютерно - измерительная система предназначена для исследования результатов и их погрешностей при преобразовании фазового сдвига в цифровой код.

Фазовый сдвиг играет огромную роль в измерительной технике и характеризует гармоническое колебание в любой конкретный момент времени. На практике обычно решают задачу измерения разности фаз двух гармонических сигналов равными частотами. Фазовый сдвиг удобно представлять, как зависимость сдвига сигналов во времени, соответствующего их идентичным фазам.

Принцип действия преобразователя фазового сдвига в цифровой код в данной компьютерно-измерительной системе основан на микропроцессорном методе.

Для получения градуировочной характеристики с ЭВМ задается верхнее и нижнее значения фазового сдвига и шаг с которым этот фазовый сдвиг будет меняться. Далее заданная информация передается на цифровой фазовращатель, который автоматически вращает фазу гармонического сигнала на заданный градус.

Два сигнала сдвинутые на заданную фазу преобразуются в цифровой код и через интерфейс USB поступают на шину ЭВМ.

Вся измеренная информация обрабатывается с помощью программного обеспечения преобразует цифровой код в удобную для восприятия оператором величину.

Результатом данного алгоритма является получение градуировочной характеристики преобразователя (это может быть табличная или графическая форма) и ответ на вопрос, соответствуют ли действительные параметры исследуемого преобразователя параметрам, приведенным в нормативно-технической документации.

- 1 Ревин В.Т. Преобразование и преобразователи измерительной информации / Учеб. пособие для студентов специальности 54 01 01 «Метрология, стандартизация и сертификация». В 5 ч. Ч. 1/В.Т.Ревин. - Мн.: БГУИР, 2003. - 103 с.: ил., Ч. 3 / В.Т. Ревин. - Мн.: БГУИР, 2004. - 83 с.: ил.
- 2 Цапенко М.П. Измерительные информационные системы / М.: Энергоатомиздат, 1985. - 440 с.: ил.
- 3 Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения / Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника". - Мн.: Выш. шк., 1986. - 320 с.: ил.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ДВУХСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ В Е-ПЛОСКОСТИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА

Ю. А. ГАЙДУКЕВИЧ (магист.), С. В. ДРОБОТ (канд.техн.наук), БГУИР

В СВЧ технике широко используются устройства, реализованные на прямоугольных волноводах, которые содержат неоднородности в виде двухслойных диэлектрических цилиндрических стержней в Е-плоскости прямоугольного волновода. К таким устройствам относятся различного рода фильтры, аттенюаторы, датчики систем измерения диэлектрических параметров материалов и др. При проектировании таких устройств необходимо иметь математическую модель, позволяющую вычислять элементы матрицы рассеяния.

Цель работы – построение с использованием строгого решения электродинамической задачи рассеяния электромагнитных волн на одиночной двухслойной цилиндрической неоднородности, расположенной в Е-плоскости прямоугольного волновода [1], математической модели, позволяющей выполнять расчет характеристик поля, рассеянного системой из нескольких неоднородностей.

В докладе показано, что для построения математической модели системы, состоящей из двух двухслойных цилиндрических стержней в Е-плоскости прямоугольного волновода, можно использовать известную модель для одиночного стержня [1], которая позволяет рассчитать его матрицу рассеяния $[S]$. Матрица передачи системы из двух стержней в случае, если волновод является одномодовым и отсутствует взаимодействие между стержнями по высшим типам волн, определяется следующим матричным произведением: $[T] = [T_1][t][T_2]$, где $[T_i]$ – матрица передачи i -го стержня ($i=1, 2$); $[t]$ – матрица передачи отрезка регулярного волновода, соединяющего цилиндры, длина которого определяется их продольными координатами. Выражения для элементов матрицы $[t]$ и формулы пересчета между элементами матриц $[S]$ и $[T]$ взяты из [2].

Разработанная математическая модель послужила основой для создания в среде Borland Delphi 7.0 Windows-приложения, позволяющего по известным значениям частоты сигнала, геометрических размеров волновода и цилиндрических стержней, а также материальных параметров стержней (комплексной диэлектрической проницаемости) выполнять расчет параметров матрицы рассеяния. В докладе представлены результаты численных исследований параметров рассеяния тестовой системы цилиндрических стержней.

Полученная математическая модель и реализующее ее программное обеспечение могут быть использованы в качестве элемента системы автоматизированного проектирования фильтров, аттенюаторов, датчиков систем измерения диэлектрических параметров материалов.

- 1 Березовский В.К., Мошинский А.В. Дифракция волны H_{10} на двухслойном диэлектрическом цилиндре «индуктивного» типа в прямоугольном волноводе / Электромагнитные волны и электронные системы, 1999, т. 4, № 3. – С. 25–33.
- 2 Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники / М.: Сов. радио, 1967. – 651 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ. КОМПЬЮТЕРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАДУИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЕРРОИНДУКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В. М. РЕМЕНЧИК (студ. 5 к.), В.Т. РЕВИН (канд.техн.наук), БГУИР

Автоматизация - одно из магистральных направлений повышения эффективности метрологических работ, призванное обеспечить высокие темпы научно-технического прогресса в приборостроении и машиностроении за счет:

- повышения качества исследований на основе уточнения моделей изучаемых объектов, явлений, процессов;
- получения более полных данных об исследуемых средствах измерений;
- сокращения сроков метрологических исследований и снижения затрат на основе уменьшения трудоемкости измерений, ускорения экспериментов, уменьшения ошибок;
- оптимизации измерительного эксперимента, повышения точности измерений.

Для исследования ферроиндукционного преобразователя (получения градуировочной характеристики) можно построить компьютерно-измерительную систему.

Ферроиндукционные магнитоизмерительные преобразователи применяются для измерений напряженности и магнитной индукции магнитного поля Земли при геофизических исследованиях, при аэромагнитных исследованиях земной коры, в магнитной дефектоскопии. Принцип действия ферроиндукционных преобразователей основан на изменении под воздействием измеряемого магнитного поля B_x магнитного состояния (магнитной проницаемости μ) ферромагнитного сердечника, возбуждаемого переменным магнитным полем с постоянной напряженностью H_m .

Для получения градуировочной характеристики с ЭВМ задается верхнее и нижнее значения испытательного магнитного поля и его шаг изменения. Это магнитное поле с известными параметрами воздействует на испытуемый преобразователь - феррозонд.

Выходной сигнал с преобразователя усиливается, детектируется, преобразуется в цифровой код при помощи аналогово-цифрового преобразователя и через интерфейс, который служит для сопряжения внешних приборов с компьютером, поступает на шину ЭВМ.

При помощи соответствующего программного обеспечения измерительная информация обрабатывается и преобразуется в форму, удобную для восприятия оператором, над которой могут проводиться всевозможные математические операции.

Результатом данного алгоритма является получение градуировочной характеристики преобразователя (это может быть табличная или графическая форма) и ответ на вопрос, соответствуют ли действительные параметры исследуемого преобразователя параметрам, приведенным в нормативно-технической документации.

- 1 Ревин В.Т. Преобразование и преобразователи измерительной информации / Учеб. пособие для студентов специальности 54 01 01-02 «Метрология, стандартизация и сертификация». В 5 ч. Ч. 1. - Мн.: БГУИР, 2003, Ч. 3. - Мн.: БГУИР, 2004.
- 2 Цапенко М.П. Измерительные информационные системы / М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 3 Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения / Учебник для вузов по спец. «Радиотехника». - Мн.: Выш. шк., 1986.
- 4 ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения.
- 5 Малышев В.М., Механиков А.И. Гибкие измерительные системы в метрологии / М.: Изд-во стандартов, 1988.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ. КОМПЬЮТЕРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ХОЛЛА

А. Г. ФИЛИПЧИК (студ. 5.к), В. Т. РЕВИН (канд.техн.наук), БГУИР

В общем смысле под *автоматизацией* понимают применение методов, технических средств и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации.

Нарастающие темпы электронизации СИ привели к положению, когда исчезает разница в аппаратной реализации микропроцессорных СИ и микроЭВМ в части вычислительных компонент. Происходит создание компьютерно-измерительных систем (КИС). Пользователь КИС получает доступ к обширным фондам прикладных программ, может подключить к системе внешнюю память большой емкости, средства документирования результатов измерений.

Гальваномагнитные преобразователи основаны на физических эффектах, возникающих в находящихся в магнитном поле твердых телах при движении в них заряженных частиц. В качестве измерительных преобразователей практическое применение получили главным образом полупроводниковые преобразователи, основанные на использовании эффектов Холла и Гаусса. Эффект Холла заключается в возникновении поперечной разности потенциалов (ЭДС Холла) на боковых гранях полупроводниковой пластины при помещении ее в магнитное поле и пропускании через нее электрического тока.

Для получения Функции преобразования с ЭВМ задается верхнее и нижнее значения испытательного магнитного поля и его шаг изменения. Это магнитное поле с известными параметрами воздействует на испытуемый преобразователь Холла.

Выходной сигнал с преобразователя усиливается, детектируется, преобразуется в цифровой код при помощи аналогово-цифрового преобразователя и через интерфейс, который служит для сопряжения внешних приборов с компьютером, поступает на шину ЭВМ.

При помощи соответствующего программного обеспечения измерительная информация обрабатывается и преобразуется в форму, удобную для восприятия оператором, а также дальнейшей обработки и хранения.

Результатом данного алгоритма является получение функции преобразования преобразователя (это может быть табличная или графическая форма) и ответ на вопрос, соответствуют ли действительные параметры исследуемого преобразователя параметрам, приведенным в нормативно-технической документации.

- 1 Ревин В.Т. Преобразование и преобразователи измерительной информации / Учеб. пособие для студентов специальности 54 01 01 «Метрология, стандартизация и сертификация». В 5 ч. Ч. 1/В.Т.Ревин. - Мн.: БГУИР, 2003. - 103 с.: ил., Ч. 2/В.Т.Ревин. - Мн.: БГУИР, 2003. - 102 с.: ил., Ч. 3 / В.Т. Ревин. - Мн.: БГУИР, 2004. - 83 с.: ил.
- 2 Цапенко М.П. Измерительные информационные системы / М.: Энергоатомиздат, 1985. - 440 с.: ил.
- 3 Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения / Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника". - Мн.: Выш. шк., 1986. - 320 с.: ил.
- 4 ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения.
- 5 Малышев В.М., Механиков А.И. Гибкие измерительные системы в метрологии. / М.: Изд-во стандартов, 1988. - 176 с.: ил.

Математика,
прикладная
математика.

Математические
методы в экономике

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В АНАЛИЗЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. А. АНТОНЕНКО (студ. 4 к.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ-мат. н), ГрГУ им. Янки Купалы

В последнее время большое внимание уделяется развитию теории нечетких множеств и применению этой теории в различных сферах экономики. В связи с этим целью работы является применение новых методов анализа хозяйственной деятельности предприятий Беларуси и разработка программы для автоматизации этого трудоемкого процесса.

Применительно к анализу благополучия нечеткие описания будут выглядеть следующим образом:

Этап 1(Выбор показателей). Выбираются показатели $X_1, \dots, X_N$. Причем предполагается, что система показателей $\{X\}$ достаточна для достоверного анализа.

Этап 2(Лингвистические переменные). Введем лингвистическую переменную A – «Состояние предприятия». Пусть терм- множество значений переменной A состоит из пяти компонентов:

A_1 – нечеткое подмножество состояний «предельного неблагополучия»;

A_2 – нечеткое подмножество состояний «неблагополучия»;

A_3 – нечеткое подмножество состояний «среднего качества»;

A_4 – нечеткое подмножество состояний «относительного благополучия»;

A_5 – нечеткое подмножество состояний «предельного благополучия».

Далее эксперт каждому значению лингвистической переменной сопоставляет функцию принадлежности уровня менеджмента тому или иному нечеткому подмножеству. Общеупотребительными функциями в этом случае являются трапециевидные функции принадлежности.

Этап 3(Значимость). Каждому показателю X_i ставим в соответствие уровень его значимости для анализа g_i . Далее строим таблицу классификации степени риска банкротства, Классификации отдельных финансовых показателей. Затем находим значение функции принадлежности λ_{ij} i -ого показателя j -му нечеткому множеству. И находим комплексный показатель

$$g = \sum_{j=1}^n g_j \sum_{i=1}^N r_i \lambda_{ij}, \text{ где } g_j = 0.9 - 0.2(j-1).$$

Таким образом, результирующая оценка риска определяется как средневзвешенное по всем участвующим в оценке показателям, с одной стороны, и по всем качественным уровням этих показателей, с другой стороны.

Преимущество данного метода состоит в том, что можно дать не только бинарную оценку состояния предприятия: «хорошее – плохое», но и различные оттеночные характеристики.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОЦЕНКИ ВАРИОГРАММЫ

И. АРЦИМОВИЧ (соискатель), БГУ

Пусть $X(t)$, $t \in R$ эргодический стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и неизвестной вариограммой

$$2\gamma(\tau) = M[X(t+\tau) - X(t)], \quad \tau, t \in R.$$

Пусть $X(t)$, $t \in (0, T]$ выборочная функция, полученная по наблюдениям за процессом $X(t)$, $t \in R$. В качестве оценки вариограммы рассматривается статистика вида

$$2\hat{\gamma}(\tau) = \frac{1}{T-\tau} \int_0^{T-\tau} (X(t+\tau) - X(t))^2 dt, \quad \tau \in [0, T).$$

Положим $\hat{\gamma}(-\tau) = \hat{\gamma}(\tau)$, $\tau \in [0, T)$ и $\hat{\gamma}(\tau) = 0$ для $|\tau| \geq T$. Исследуются асимптотические свойства моментов построенной оценки и находится ее предельное распределение. Асимптотические свойства моментов рассматриваемой оценки получены в предположении непрерывности спектральных плотностей, семиинвариантных спектральных плотностей высших порядков и их ограниченности.

Вводится вариограмма для внутренних стационарных случайных процессов. В предположении, что вариограмма неизвестна, строится ее оценка и исследуются ее статистические свойства.

Полученные результаты переносятся на случай однородных случайных полей.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФфуЗИИ В ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

С. А. БЕРЕЩЕВ (асп.), БГУ

В задаче рассмотрено влияние магнитного и гравитационного полей на концентрацию частиц магнитной жидкости, находящейся в области прямоугольной формы.

Цель работы – расчет концентрации, а также построение наиболее эффективного численного алгоритма для решения подобных задач.

Объект исследования – плоская и осесимметричная задачи концентрации частиц магнитной жидкости

Магнитное поле описывается уравнениями Максвелла, процесс диффузии частиц – уравнением концентрации (диффузии). Для расчета давления жидкости на стенки области использовалось стационарное уравнение Навье–Стокса. Для численного решения задачи применялся аппарат теории разностных схем.

Получена зависимость концентрации от напряженности магнитного поля, а также максимальное и минимальные значения концентрации при каждом наборе параметров.

СТЕПЕННЫЕ СВОЙСТВА ПОРОГОВЫХ ГРАФОВ В ТЕРМИНАХ КАНОНИЧЕСКОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ

В. И. БЖЕЗИНСКАЯ (магистр.)

В настоящей работе рассматриваются пороговые графы. Граф $G=(V;E)$ называется пороговым, если существуют такие числа $(\alpha_v)_{v \in V}, \beta$, что множество всех $(0,1)$ -решений неравенства $\sum_{v \in V} \alpha_v x_v \leq \beta$ совпадает с множе-

ством характеристических векторов независимых множеств графа G . Пороговые графы составляют важный и содержательный класс, о чем в частности свидетельствует монография [1].

Настоящая работа инспирирована работой [2], где в частности рассматриваются k -связные пороговые графы с максимальным по мощности степенным множеством.

Получена характеристика пороговых и k -связных пороговых графов с заданной мощностью степенного множества, а также достаточные условия гамильтоновости пороговых графов.

Для решения данных задач была применена техника канонической декомпозиции [3], которая позволила сделать решение прозрачным, используя общий подход.

Обозначим через $O_1 \circ H$ ($K_1 \circ H$) граф, получаемый из графа H добавлением изолированной (доминирующей) вершины. Известно [4], что любой пороговый граф G представим в виде

$$G = T_1 \circ \dots \circ T_k, \quad (1)$$

где $T_i = K_1$ или $T_i = O_1$ ($i = \overline{1, k}$). Произведение максимального числа стоящих подряд элементов вида K_1 (O_1) из представления (1) называется А-частью (В-частью), а представление G в виде произведения А-частей и В-частей – канонической декомпозицией графа G .

Теорема. Степенное множество порогового графа G имеет мощность k тогда и только тогда, когда каноническая декомпозиция G имеет в точности k компонент, при этом G является r -связным, если и только если последний элемент в его канонической декомпозиции является А-частью и имеет мощность $\geq r$.

1 Mahadev N.V., Peled U.N. Threshold graphs and related topics // Annals of Discrete Math. 1995. V.56

2 Boaventura-Netto P.O. P -antiregular graphs // Electronic Notes in Discrete Mathematics. 2005. V.22. P.41–48

3 Suzdal S., Tyshkevich R. (P,Q) -decomposition of graphs // Rostock: University Fachbereich Informatik, 1999. 16 p. (Preprints aus dem Fachbereich Informatik, No 5–1999)

4 Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. Лекции по теории графов // М.: Наука, 1991, 384с.

ОБ ОДНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ВЫПУКЛОЙ ОБОЛОЧКИ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Ю. О. БЛИЗНИК (студ. 4 к.), Н. А. ПЕРЕВЕРЗЕВА (д. физ-мат. н.), ГрГУ им. Я.Купалы

Проблематика. Исследуется построение выпуклой оболочки в трехмерном пространстве.

Цель работы. Реализация построения выпуклой оболочки в трехмерном пространстве по верхнему и нижнему основаниям и средней составляющей.

Объект исследования. Выпуклые оболочки, методы их построения в трехмерном пространстве.

Использованные методики. Пусть имеется множество S из n точек в пространстве E^3 . Упорядочим множество S по координате x_1 . Необходимо описать лишь границу политопа, которая в трехмерном случае топологически эквивалентна плоскому графу. Структурой представления плоского графа является реберный список с двойными связями. Он явным образом содержит только ребра графа, но эта структура позволяет за оптимальное время определить вершины и множества вершин граней. Пусть получены два политопа T_1 и T_2 . Строим опирающуюся на них «цилиндрическую» триангуляцию, а затем удаляем из политопов T_1 и T_2 части, оказавшиеся «скрытыми». Построение триангуляции начинается с определения некоторой ее гиперграни или ее ребра. Одним из более удобных способов решения этой задачи есть способ, основывающийся на построении проекций, являющихся многоугольниками каждого из политопов. Построив проекции, находим общую опорную прямую к проекциям. В результате получаем ребро, с помощью которого и начинаем построение триангуляции. На последующих шагах в качестве базы используется последняя построенная гипергрань триангуляции. Необходимо выбрать вершину A политопа T_1 , так, чтобы она образовывала наибольший выпуклый угол с базовой гранью. Аналогичным образом выбирается вершина B политопа T_2 . Делается заключительное сравнение: если вершина A образует больший выпуклый угол с базовой гранью, чем вершина B , то она и добавляется к триангуляции. В противном случае добавляется вершина политопа T_2 .

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Задача построения выпуклой оболочки в трехмерном пространстве имеет огромную важность, так как он возникает во множестве прикладных областей, включающих машинную графику, распознавание образов, исследование операций.

Полученные научные результаты и выводы. Результатом работы является разработка приложения, которое реализовано в среде программирования *Delphi*. Приложение предоставляет возможность построения трехмерной модели оболочки, при этом осуществлена возможность её просмотра с различных точек зрения.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Результат может быть использован в обучающих и демонстрационных целях.

ЭКОНОМИКО – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ РСУП «ПЛЕМЗАВОД ЛЕНИНО»

М. Н. БОГДАНЕЦ (студ. 4 к.), И. В. ШАФРАНСКАЯ (к. э. н.), УО «БГСХА»

Свиноводство – одна из самых продуктивных отраслей животноводства. Оно дает высококачественную и сравнительно дешевую продукцию, которая в Беларуси идет сразу после говядины. В структуре мясной продукции производящейся в хозяйствах всех категорий, на свинину приходится около 45 %. Свиноводство имеет большое значение как наиболее скороспелая и плодovitая отрасль животноводства. Потребность в свинине для удовлетворения внутреннего спроса населения страны и реализации ее на внешний рынок определяются в размере 400–450 тыс. тонн в убойной массе, фактическое производство последних лет – на треть ниже.

В связи с этим, возникает необходимость в разработке мероприятий, позволяющих повысить качество продукции свиноводства, за счет интенсификации отрасли.

Объектом исследования является свиноводческий комплекс РСУП «Племзавод Ленино», Горецкого района Могилевской области, главным направлением деятельности которого является выращивание и реализация высококлассного племенного молодняка свиней.

Разработка перспективной программы развития РСУП «Племзавод Ленино» осуществлена на базе использования монографического, статистика – экономического и экономико – математического методов исследования. Разработана и решена экономико – математическая модель функционирования РСУП «Племзавод Ленино».

Особенностью применения данной модели является детальный учет половозрастных групп свиней на свиноводческом комплексе, обоснование сбалансированных по питательным веществам рецептов комбикормов для половозрастных групп свиней, сбыт свинины по разным каналам реализации, что позволяет значительно увеличить конечные результаты хозяйствования.

На базе моделирования обоснована сбалансированная программа развития с учетом эффективного использования имеющихся ресурсов с целью получения максимально возможной прибыли при конкретных условиях хозяйствования.

В перспективе данную модель развития хозяйства можно будет применить на практике. Результаты исследований позволяют выявить узкие места работы предприятия и разработать систему мероприятий, позволяющих получить конкурентоспособную продукцию свиноводства.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРНОЙ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ

А. Д. БУЛВА (слушатель 4 к.), В. Н. СЕРЁЖКИН (к. физ-мат. н), КИИ МЧС РБ

Функционирование пожарной аварийно-спасательной части (ПАСЧ), качество выполняемых задач, стоящих перед МЧС, зависит от различных факторов. На сегодняшний день нет единой методики, позволяющей оценить уровень влияния этих факторов на эффективность деятельности подразделений, а, следовательно, решить задачу сравнительного анализа работы этих подразделений.

Целью настоящей работы явился поиск наиболее оптимального решения по оценке деятельности ПАСЧ и предложение методики оценки уровня боеготовности на основании статистических данных боевой работы: времени прибытия к месту ЧС, пожара с момента получения сообщения; времени локализации ЧС, пожара с момента получения сообщения; времени ликвидации ЧС, пожара с момента получения сообщения.

Объектом исследования были выбраны подразделения Минского городского управления МЧС. В ходе проведенных исследований использовались математические модели теории принятия решений. Многокритериальную задачу принятия решений мы свели к построению обобщенного критерия, который представляет собой числовую функцию $\varphi: Y \rightarrow R$, определенную на множестве векторных оценок Y . После построения обобщенного критерия φ для каждого допустимого исхода $a \in D$ была получена численная оценка его полезности:

$$f(a) = \varphi(f_1(a), f_2(a), \dots, f_m(a))$$

Таким образом, многокритериальную задачу принятия решений мы свели к однокритериальной задаче с целевой функцией f . В качестве целевой функции была выбрана линейная функция.

Этот подход можно применить для оценки уровня боеготовности ПАСЧ на основании статистических оценок выбранных показателей (параметров) оперативной деятельности. В данном случае множество всех альтернатив (или исходов) D совпадает с множеством всех рассматриваемых пожарных аварийно – спасательных частей (ПАСЧ).

В качестве параметров, характеризующих уровень боеготовности ПАСЧ, были рассмотрены временные характеристики оперативной деятельности подразделений.

Оценка деятельности ПАСЧ служит основой для принятия управленческих решений, касающихся воздействия на обстановку с чрезвычайными ситуациями в Республике Беларусь. Предложенная методика может быть использована в практической деятельности органов управления МЧС по оценке эффективности функционирования того или иного подразделения.

ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ГИПОТЕЗЫ ПОРЯДКА

И. В. БУЛГАКОВ (студ. 4 к.), Н. А. ПЕРЕВЕРЗЕВА (к. физ.-мат. н.), ГрГУ имени Янки Купалы

Проблематика: гипотеза порядка.

Цель работы: доказать конечность пар простых чисел удовлетворяющих гипотезе порядка при некоторых значениях порядка.

Объект исследований: тройки натуральных чисел (m, p, q) таких, что

$$p^m \equiv 1 \pmod{q}, q^m \equiv 1 \pmod{p} \quad (1)$$

и для любых $n < m$ выполняется условия:

$$p^n \not\equiv 1 \pmod{q} \text{ и } q^n \not\equiv 1 \pmod{p}. \quad (2)$$

Используя определение порядка для двух чисел, получим:

$$\text{ord}_q(p) = \text{ord}_p(q)$$

Использованные методики: исследование, анализ, разработка новых алгоритмов, метод математической индукции.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований: Когда автор начал заниматься данной задачей имелось лишь около 50 примеров, после разработок автора их стало больше 1000, при этом их количество легко увеличивается. При создании алгоритма нахождения чисел удовлетворяющих гипотезе порядка были улучшены некоторые алгоритмы теории чисел.

На данный момент автор теоретически обосновал конечность примеров при некоторых фиксированных значениях m .

Полученные результаты и выводы: Для фиксированного $3 \leq m \leq 10$ количество пар p и q , удовлетворяющих соотношениям (1) при условии (2), конечно. Таким образом, подтверждается предположение о том, что число таких троек при каждом фиксированном m конечно.

Практическое применение полученных результатов: результаты используются при работе с подгруппами конечных групп.

ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ДАННЫХ В OLAP-СИСТЕМАХ НА ПРИМЕРЕ РЕАЛИЗАЦИИ АСИО «СТАТИСТИКА»

В. В. ВАЩИЛО (магистр.), А. М. КАДАН (к. техн. н.), ГРГУ им. Я. КУПАЛЫ

Управление предприятием и организацией немислимо без процессов накопления, анализа, выявления определенных закономерностей и зависимостей, прогнозирования тенденций развития. И если задача организации учета данных в целом решена, то большинство накопленных данных так никогда и не будут востребованы и использованы в силу применения неэффективных аналитических методов их анализа. Из-за использования таких методов часто возникают и несоответствия конечных результатов в формах отчетности. Современные методы управления в свою очередь требуют оперативного реагирования на ситуационные изменения, что невозможно без использования OLAP-технологий и технологий глубокой обработки, интеллектуального анализа информации. Используемые ими методы позволяют автоматизировать решение широкого круга задач административного управления и прогнозировать различные аспекты развития, вносить в разработку систем поддержки принятия решений новые возможности и повышать эффективность их использования.

В докладе представлены методы оперативного и интеллектуального анализа данных, использованные при разработке автоматизированной системы информационного обеспечения «Статистика». Целью создания системы было предоставление эффективного инструмента для подготовки оперативной отчетности и анализа данных для служб Гродненского областного управления статистики. В докладе, на примере данных отрасли статистической отчетности «Промышленность», представлена модель системы, схемы оперативных баз данных и хранилища данных, ориентированного на использование методов анализа информации, использование средств оперативного предоставления информации и подготовки отчетов. Также обсуждается технология использования и анализа информационных потоков, описывающих и фиксирующих процессы получения аналитической отчетности.

Научная новизна и практическая значимость представляемой работы заключается в разработке модели обработки данных различной как различной структуры, так и различных предметных областей. Гибкая структура организации процесса обработки позволяет вносить и изменять расчетные показатели, формы представления информации, схему организации доступа к данным. Эффективность разработанных схемы позволяет использовать их в проектах по созданию автоматизированных информационных систем поддержки принятия решений для различных сфер деятельности.

АЛГОРИТМ КООРДИНАТНОГО ОПИСАНИЯ РИМАНОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Т. В. ВИСКУБ (асп. I к.)

Преобразование выражений, содержащих многозначные аналитические функции, связано с трудностями выделения однозначных ветвей таких функций. В данной работе дается алгоритм координатного описания замкнутой римановой поверхности R , соответствующей алгебраической функции $w = w(z)$, удовлетворяющей алгебраическому уравнению $f(z, w) = w^n + a_1 w^{n-1} + \dots + a_n(z) = 0$, где все $a_k(z)$ – полиномы от z .

Координатное описание – это построение конформного атласа, т.е. множество пар $\{(U_\alpha, \varphi_\alpha) \mid \alpha \in A\}$, где $\bigcup_\alpha U_\alpha = R$, а $\varphi_\alpha: U_\alpha \rightarrow \mathbb{C}$ – гомеоморфизмы множеств U_α на плоские области, причем все замены карт $\varphi_\alpha \circ \varphi_\beta^{-1}$ являются конформными гомеоморфизмами. В основе описания лежит идея аналитического продолжения элемента алгебраической функции $w = w(z)$, $w(z_0) = w_0$ с помощью абелева интеграла

$$w(z) = z_0 - \int_{z_0}^z \frac{f'_t(t, w)}{f'_w(t, w)} dt,$$

которое имеет глобальный характер и годится всюду, кроме точек дискриминантного множества. В окрестности точек дискриминантного множества координатное описание строится с помощью диаграммы Ньютона.

РЕШЕНИЕ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ДРОБНОГО ДИФФУЗИОННОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

А. А. ВОРОШИЛОВ (асп.), БГУ

Дифференциальные уравнения дробного порядка, в которых неизвестная функция содержится под оператором дифференцирования дробного порядка, вызывают большой интерес в последнее время. Это связано как с интенсивным развитием теории дробного исчисления, так и с широкими приложениями таких конструкций в физике, механике, химии и т.д. Однако в построении теории таких уравнений сделаны только первые шаги.

Настоящая работа посвящена исследованию уравнения

$$(D_{0+,t}^\alpha u)(x,t) = \lambda^2 \Delta_x u(x,t) + \sum_{i=1}^p g_i(x) h_i(t) \quad (x \in R^m, t > 0, \alpha > 0) \quad (1)$$

с начальными условиями

$$(D_{0+,t}^{\alpha-k} u)(x, 0+) = f_k(x) \quad (k = 1, \dots, n = [-\alpha], x \in R^m). \quad (2)$$

Здесь $(D_{0+,t}^\alpha u)(x,t)$ – частная производная Лиувилля порядка α по переменной t [1], а Δ_x – оператор Лапласа по переменной x . Рассматриваемое уравнение обобщает уравнение теплопроводности и волновое уравнение и возникает в задачах математической физики и теории композиционных материалов [2].

Краевая задача для уравнения (1) рассматривалась рядом авторов в однородном случае при $0 < \alpha < 2$ [2]. Целью работы является исследование задачи (1) – (2) при произвольном $\alpha > 0$ и нахождение ее решения в замкнутой форме. Для этого используется метод прямых и обратных преобразований Фурье и Лапласа.

Используя формулу преобразования Лапласа дробной производной Лиувилля и формулы преобразований Фурье и Лапласа специальных функций Бесселя, Миттаг–Леффлера и H -функции [3], находится решение поставленной задачи в квадратурах в терминах H -функции при $0 < \alpha < 2$. Для случая произвольного положительного α решение получено в замкнутой форме в терминах специальной функции Миттаг–Леффлера. Показано, что в случаях $\alpha = 1$ и $\alpha = 2$ решение сводится к классическим решениям диффузионного и волнового уравнений.

- 1 Самко С. Г., Килбас А. А. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения / Минск: Наука и техника, 1987.
- 2 Kilbas A. A., Trujillo J. J. Differential equations of fractional order: methods, results and problems – II. / Applicable Analysis. – 2001. – Vol. 81. – P. 435 – 493.
- 3 Kilbas A. A., Saigo M. H-transforms. Theory and applications / Boca-Raton: Chapman and Hall/CRC, 2004.

О ПАРАМЕТРИЗАЦИИ УСТОЙЧИВЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Л.Э. ГАДЖИЕВА (магистр.), БГУ

Известно, что характеристическая функция $\varphi_\xi(t)$ α -устойчивой случайной величины ξ допускает представление

$$\ln \varphi_\xi(t) = \begin{cases} -\sigma^\alpha |t|^\alpha (1 - i\beta \operatorname{sign}(t) \operatorname{tg}\left(\frac{2\pi}{\alpha}\right)) + i\mu t, & \alpha \neq 1 \\ -\sigma |t| \left(1 + i\beta \frac{2}{\pi} \operatorname{sign}(t) \ln |t|\right) + i\mu t, & \alpha = 1, \end{cases}$$

где $\alpha \in (0, 2]$, $\sigma \geq 0$, $\beta \in [-1, 1]$, $\mu \in R$, $t \in R$.

То, что случайная величина ξ является устойчивой, обозначают $\xi \sim S_\alpha(G, \beta, \mu)$.

Рассмотрим еще одну параметризацию случайной величины ξ , а именно, когда

$$\ln \varphi_\xi(t) = \lambda(it\gamma - |t|^\alpha + itw_A(t, \alpha, \beta)),$$

где

$$w(t, \alpha, \beta) = \begin{cases} |t|^{\alpha-1} \beta \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right), & \alpha \neq 1 \\ -\beta \frac{2}{\pi} \ln|t|, & \alpha = 1, \end{cases}$$

$\alpha \in (0, 2]$, $\beta \in [-1, 1]$, $\gamma \in R$, $\lambda > 0$.

Доказывается, что параметры в приведенных параметризациях устойчивой случайной величины ξ связаны соотношениями: $\xi = (\lambda)^{\frac{1}{\alpha}}$, $\mu = \lambda\gamma$.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ R-GARCH(1,1,0)

А. Н. ГАМЕЗА (студ. 4 к.) (БГУ)

В настоящее время устойчивые законы распределения привлекают к себе пристальное внимание ученых. Причина этого в том, что устойчивые распределения общего вида обладают более пикообразной формой по сравнению с нормальным распределением и имеют более «тяжелые» хвосты. Это даёт отличную возможность моделирования финансовых данных, так как для них характерны высокая волатильность (изменчивость) и резкие изменения биржевых курсов, которые иногда наблюдаются.

Чтобы преодолеть эти трудности, было предложено несколько альтернатив. Одна из них заключается в том, чтобы разрешить параметрам модели (в частности, дисперсии) меняться во времени. Однако их «предсказывающий» потенциал всё-таки недостаточен, так как в основе этого зачастую лежит ещё и гипотеза о нормальном распределении ошибок. Поэтому было предложено использовать иной подход. В частности, предположить, что ошибки распределены по устойчивому закону.

Разработаны и реализованы методы моделирования устойчивых случайных процессов R-GARCH(1,1,0).

$$X_t = \varepsilon_t \sqrt{h_t}$$

$$h_t = \theta_1 \eta_{t-1} + \phi_1 h_{t-1},$$

$t=1, T$, где $\{\varepsilon_t\}$ - последовательность независимых, симметричных возмущений, имеющих устойчивое распределение, а θ_1, ϕ_1 - некоторые действительные параметры.

Также были рассмотрены методы оценивания параметров модели R-GARCH(1,1,0). Стандартным методом оценивания для моделей R-GARCH является метод максимального правдоподобия. Так как для устойчивой случайной величины нет явного вида функции плотности распределения, то для этого была численно найдена плотность распределения, как преобразование Фурье характеристической функции. Оценка параметров проведена с использованием ММП.

О ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ СТЕГАНОГРАФИИ

Д. П. ГЛИНДЗИЧ (студ. 4 к.) Ю. С. ХАРИН (д. физ.-мат. н), БГУ

Стеганография, являясь относительно молодым и быстро развивающимся направлением защиты информации, объект изучения которого – скрытые каналы передачи данных, получила широкое практическое применение и в настоящее время используется коммерческими компаниями и государственными учреждениями в областях электронного бизнеса, защиты авторских прав, аутентификации данных и др. [1]

В настоящей работе вводится общая схема симметрической стегосистемы, проводится описание известных стеганографических методов и программных стегопродуктов реализующих их [2]. Рассматривается математическая модель стегосистемы, на основе которой производится обзор вероятностно-статистических методов стегоанализа, включая теорию статистической оценки размера скрытого сообщения [3]. Найдены распределения вероятностей отсчетов и их битов для контейнеров и стеганограмм. В целях увеличения скрытности и повышения устойчивости к внешним искажениям цифровых звуковых каналов передачи информации без значительных потерь пропускной способности исследуются методы встраивания данных, основанные на разложении контейнеров по ортонормированным базисам. Теоретические выводы иллюстрируются компьютерными экспериментами.

- 1 Харин Ю.С., Берник В.И., Матвеев Г.В., Агиевич С.В. Математические и компьютерные основы криптологии / Учебное пособие, 2003.
- 2 Аграновский А.В., Десянин П.Н., Хади Р.А., Черемушкин А.В. Основы компьютерной стеганографии / М.: Радио и связь, 2003.–151с.
- 3 Fridrich J., Goljan M. On Estimation of Secret Message Length in LSB Steganography in Spatial Domain / SUNY Binghamton, Binghamton, NY 13902-6000.

АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ РЕАЛИЗОВАННОЙ ВОЛАТИЛЬНОСТИ

Д. И. ГОРЕГЛЯД (асп.), БГУ

В работе рассматривается применение концепции реализованной волатильности («realized volatility») [1] в процессе управления рисками. В качестве подхода к управлению рисками используется широко распространенная методика Value-at-Risk [2].

Концепция реализованной волатильности позволяет использовать внутриинтервальные данные высокой частоты для оценки и прогнозирования волатильности и относится к непараметрическим методам оценки волатильности. Целью работы является использование полученных на основе модели реализованной волатильности квантилей распределения вероятностей и прогнозных значений волатильности для улучшения характеристик вычисления показателя риска Value-at-Risk.

В результате проведенных исследований построена модель оценки и прогнозирования риска портфеля долговых обязательств на основе концепции реализованной волатильности и показателя Value-at-Risk, проведены экспериментальные исследования эффективности и работоспособности модели на реальных и модельных данных, сравнительный анализ полученной модели и стандартных подходов к вычислению показателя Value-at-Risk.

В качестве реальных данных использованы внутридневные часовые временные ряды доходностей до погашения государственных долговых обязательств США, Германии и Великобритании.

Предложен метод анализа волатильности однопериодных доходностей долговых обязательств, разработано программное обеспечение для практического использования полученных результатов.

Результаты работы могут быть использованы при разработке систем управления рисками инвестиционного портфеля.

1 Andersen, T.G., Bollerslev T., Diebold F.X. and Labys P. Modeling and Forecasting Realized Volatility / *Econometrica*, 71, 579–625, 2003.

2 Risk Metrics – Technical Document. Fourth Edition 1997.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ БИБЛИОТЕК В САПР

С. Г. ГОРЕЛИК (студ. 5 к.) М. Н. МИХНЮК (студ. 5 к.), И. Р. ЛУКЬЯНОВИЧ (к. т. н.), БГУ

В связи с ускоренными темпами роста промышленности возникла острая необходимость в автоматизации проектировочных работ. Для разрешения этой проблемы были созданы системы автоматизированного проектирования (САПР).

Целью данной работы являлось создание прикладных библиотек для системы автоматического моделирования КОМПАС–ГРАФИК.

Объектом исследования в данной работе явился дополнительные модули, которые в зависимости от потребности можно подключать к основному интерфейсу программы КОМПАС–ГРАФИК и использовать их. В свою очередь любой прикладной программист может создавать дополнительные модули на своем любимом языке программирования, что обеспечивает гибкость использования САПР.

Создание библиотеки мы проводили на языке программирования C++ Builder.

Работа проходила по следующим этапам:

Расположение файлов КОМПАС–Мастер

Проект C++ Builder для сборки RTW-библиотеки

Задание списка команд RTW-библиотеки

Особенностью проведенной работы явилось то, что созданием прикладных библиотек для КОМПАС–ГРАФИК раньше не занимались.

Результатом проведения исследований в этой области стало создание прикладной библиотеки для системы автоматического моделирования КОМПАС–ГРАФИК.

Практическим применением библиотеки послужило наглядная демонстрация формы изображаемых сборочных единиц, и существенное облегчение работы инженера.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НЕКОТОРЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИНДЕКСОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н. В. ГРИНЬ (студ. 5 к.), Н. В. МАРКОВСКАЯ (к. ф-м. н.), ГрГУ им. Я.Купалы

В работе исследуются основные свойства реальных временных рядов некоторых социально-экономических показателей (денежные доходы населения, денежные расходы и сбережения населения, ВВП, индекс потребительских цен, прибыль в экономике, кредитование банками отраслей экономики и населения и т.д.) и индексов (основные средства в экономике, реальные денежные доходы населения, реальная начисленная заработная плата, продукция промышленности и т.д.) Республики Беларусь за 1970–2004 гг.

Основное внимание уделялось определению стационарности/нестационарности временных рядов, в случае нестационарности выявлялся тип нестационарности. Выделялся подкласс интегрированных временных рядов, определялся порядок интегрированности, тестировалась их коинтегрированность.

Использовали основные эконометрические методы анализа временных рядов, визуальный анализ графиков, анализ графиков выборочной автокорреляционной функции и выборочной частной автокорреляционной функции, регрессионный и дисперсионный анализ [1], расширенный тест Дики–Фуллера, процедура Йохансена [2].

После предварительного анализа данных временных рядов планируется построение регрессионных зависимостей, а для коинтегрированных временных рядов – модели коррекции ошибок [2].

1 Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. – 4 – е изд. М.: Дело, 2000. – 576 с.

2 Харин Ю.С., Малюгин В.И., Харин А.Ю. Эконометрическое моделирование. Мн.: БГУ, 2004. – 313 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВТОРЕГРЕССИОННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПРИ НАЛИЧИИ ПРОПУЩЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А. С. ГУРИН (асп. 3 з.), Ю. С. ХАРИН (член-корр. НАНБ), БГУ

Пусть наблюдаемый d -векторный ($d \geq 1$) временной ряд $Y_t = (Y_{t1}, \dots, Y_{td})' \in \mathbf{R}^d$ описывается моделью VAR(1) векторной авторегрессии первого порядка [1]:

$$Y_{t+1} = BY_t + U_{t+1}, \quad t \in \mathbf{Z}, \quad (1)$$

где $\mathbf{Z}$ – множество целых чисел, $B \in \mathbf{R}^{d \times d}$ – матрица коэффициентов авторегрессии, спектральный радиус которой $\lambda_0 = \lambda_0(B) < 1$, $\{U_t \in \mathbf{R}^d : t \in \mathbf{Z}\}$ – независимые в совокупности случайные векторы с нулевым математическим ожиданием $\mathbf{E}\{U_t\} = 0_d$. В наблюдениях $\{Y_t\}$ имеются «пропуски». Шаблон «пропусков» назовем последовательность двоичных векторов $O_t = (O_{ti})$, $t \in \mathbf{Z}$, где $O_{ti} = 1$, если Y_{ti} наблюдается, $O_{ti} = 0$, если Y_{ti} не наблюдается. Обозначим минимальный и максимальный моменты времени с наблюдаемыми компонентами: $t_- = \min\{t : \sum_{i=1}^d O_{ti} > 0\}$, $t_+ = \max\{t : \sum_{i=1}^d O_{ti} > 0\}$; без ограничения общности $t_- = 1$, $t_+ = T$.

В настоящей работе получены следующие основные результаты [2,3]:

- Построены новые статистические оценки модельных параметров B, Σ по наблюдаемому временному ряду $\{Y_t\}_{t=1, \dots, T}$ с шаблоном «пропусков» $\{O_t\}_{t=1, \dots, T}$ и исследовано их асимптотическое поведение;
- Построены прогнозы временного ряда (1) по методу максимального правдоподобия и найден риск прогнозирования.

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Мир, Москва. 1976. 755с.

2. Kharin Yu., Huryn A. «Plug-in» statistical forecasting of vector autoregressive time series with missing values / Austrian Journal of Statistics. Volume 34. Number 2. 2005. P.163–174.

3. Kharin Yu.S., Huryn A.S. Sensitivity analysis of the risk of forecasting for autoregressive time series with missing values / Pliska Studia Mathematica Bulgarica. Volume 17. 2005. P.137–146.

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО ПРОТОКОЛА АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ NTLM

В. С. ГУРИН (студ. 5 к.), А. Л. КОСТЕВИЧ (к. физ-мат. н.), БГУ

Для защиты информационных систем от несанкционированного доступа к информации используются криптографические протоколы аутентификации пользователей. Большинство криптографических протоколов аутентификации основано на использовании паролей. Поэтому среди различных классов атак на такие протоколы выделяют атаки, направленные на восстановление пароля.

В работе исследуется широко применяемое на практике семейство протоколов аутентификации пользователей NTLM: протоколы данного семейства используются при аутентификации пользователей в программных продуктах компании Microsoft, в том числе в некоторых версиях операционной системы Windows, в программном обеспечении, использующем почтовые протоколы POP3 и SMTP, протокол HTTP и др.

В докладе приводятся оценки стойкости протоколов семейства NTLM к следующим атакам по восстановлению пароля только по наблюдаемым пересылкам протокола: атака по словарю, атака по заранее вычисленному словарю, пакетная атака по заранее вычисленному словарю.

В докладе также приводятся оценки стойкости протоколов семейства NTLM к следующим атакам по восстановлению пароля по известному хэш-значению: атака по заранее вычисленному словарю, пакетная атака по заранее вычисленному словарю, атака с использованием компромисса между требуемыми объемом памяти и объемом вычислений.

По результатам исследований в работе делается заключение о малой стойкости протоколов семейства NTLM к атакам по восстановлению паролей.

МНОГОЛИНЕЙНАЯ СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И УПРАВЛЯЕМЫМ ДОСТУПОМ

С. А. ДУДИН (студ. 4 к.), В. И. КЛИМЕНОК (д. физ-мат. н.), БГУ

Одной из особенностей современных телефонных сетей является разнородность трафика. По телефонным каналам передаются как речь, так и данные. Потеря информации любого типа, неизбежная в условиях ограниченного числа линий, приводит к убыткам, причем убытки вследствие потери приоритетной информации определенного типа могут быть существенно большими, чем соответствующие убытки, вызванные потерей менее приоритетной информации. В таких условиях представляется целесообразным резервировать некоторое число каналов для передачи только приоритетной информации. Целью данной работы является проверка гипотезы целесообразности резервирования каналов.

Имеется двухфазная система массового обслуживания. Буфер между фазами отсутствует. На первой фазе бесконечное число приборов, а на второй имеется N приборов. В систему поступает стационарный пуассоновский поток требований с интенсивностью λ . Если в момент поступления требования число занятых приборов на второй фазе больше M , где $0 < M \leq N$, то требование получает отказ на обслуживание и уходит из системы. В противном случае требование занимает любой свободный прибор первой фазы и обслуживается в течение экспоненциально распределенного времени с параметром μ_1 . После чего, требование с вероятностью q уходит из системы, а дополнительной вероятностью $1-q$ занимает любой свободный прибор второй фазы и обслуживается в течение экспоненциального времени с параметром μ_2 . После этого заявка покидает систему. Если свободных приборов на второй фазе нет, то заявка теряется.

Для решения данной задачи использовался эффективный алгоритм, описанный в [1], с помощью которого производится вычисление значения экономического функционала при фиксированном числе бронированных приборов. Это позволяет решать задачу оптимального числа бронированных приборов.

Полученные результаты показывают, что оптимальное бронирование приборов позволяет существенно увеличить эффективность функционирования системы.

- 1 Kliment V., Dudin A. Application of Censored Markov Chains for Calculating the Stationary Distribution of the Multi – Dimensional Left – Skip – Free Markov Chains // Queues: flows, systems, networks. Proceedings of the International Conference «Modern Mathematical Methods of Analysis and Optimization of Telecommunication Networks», 23–25 September, 2003, Gomel, P. 121–128.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

А. Р. ЕРЕМИНА (студ. 5 к.), М. А. МАТАЛЬЦКИЙ (д. физ-мат. н), ГрГУ им. Я. Купалы

Рассматривается модель функционирования мастерской по осуществлению автосервисных ремонтных работ, в которой обслуживаются K автомобилей с неисправностями i -го типа, $i = \overline{1, n-1}$.

Моделью является замкнутая сеть массового обслуживания с центральной СМО и K заявками. Автомобили могут находиться в следующих состояниях: C_0 – автомобиль на ремонт не поступает (рабочее состояние), C_1 – находится в состоянии ремонта, C_2 – оценка выполненного ремонта экспертом в ОТК. Переход автомобиля с поломкой типа i из состояния C_0 в состояние C_1 происходит в случайные моменты времени, независимо от того, в каком состоянии находятся другие автомобили, и независимо от времени. Обозначим через $\mu_{0i}(t)$ – интенсивность такого перехода. Поломки, как правило, носят сезонный характер.

Пусть d_i – затраты на содержание одного автомобиля с неисправностью i -го типа в очереди и на обслуживании в i -м участке в единицу времени, $i = \overline{1, n}$, E_i – затраты на содержание одного автослесаря в i -м участке,

$i = \overline{1, n-1}$, E_n – затраты на содержание ОТК; $l_i = \frac{m_i}{K}$, $l_n = \frac{1}{K}$ – относительное число автослесарей соответственно в i -м участке и ОТК, $i = \overline{1, n-1}$; $n_i(t), n_n(t)$ – среднее относительное число автомобилей в i -м участке,

$i = \overline{1, n-1}$, и в ОТК соответственно. Тогда общие средние затраты на содержание автопредприятия на интервале времени $[0, T]$ можно выразить по формуле $W(T) = W(T, m_1, m_2, \dots, m_{n-1}) = \frac{1}{T} \int_0^T \left[K \sum_{i=1}^n (d_i n_i(t) + E_i l_i) \right] dt$.

Рассматривается следующая задача: требуется найти такое число автослесарей m_i , $i = \overline{1, n-1}$, которые должны работать на интервалах времени $[0, T/2]$, $[T/2, T]$, чтобы среднее число автомобилей с поломками i -го типа, находящихся в состоянии C_1 , и среднее число автомобилей, находящихся в состоянии C_2 , т.е. $K n_i(t)$ и $K n_n(t)$, не превышало соответственно m_i и 1, а потери $W(T)$ были минимальны. При этом доказано, что $n_i(t), i = \overline{1, n-1}$ удовлетворяет системе линейных неоднородных дифференциальных уравнений.

ПОСТРОЕНИЕ И СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ФЬЮЧЕРСНЫХ РЫНКОВ

А. О. Жук (студ. 5 к.), Е. Е. Жук (проф. кафедры ММАД), БГУ

Торговля акциями их производными и валютой сегодня стала весьма распространенным видом деятельности: дневной оборот мирового фондового рынка исчисляется триллионами долларов, более половины всех сделок составляют спекулятивные операции, имеющие целью извлечение прибыли от игры на разнице курсов. Игра эта привлекает множество участников, как финансовых организаций, так и индивидуальных инвесторов. Причины этого вполне понятны: цитата из одной статьи в журнале FUTURES (Англия, июнь 1996 г.): «грамотный трейдер может получить более 1 000 000 долларов в год в виде зарплаты и комиссионных». Поэтому, актуальной является задача построения и исследования алгоритмов позволяющих получать прибыль на фондовых и фьючерсных рынках.

Основными инструментами технического анализа являются индикаторы тенденций, сигнальщики (осцилляторы), психологические индикаторы и торговые системы. В данном докладе рассмотрены два индикатора. Первый строился исходя из статистических соображений с использованием дискретных цепей Маркова, второй – является осциллятором

В докладе рассмотрены свойства и эффективность этих индикаторов на различных рынках с учетом комиссионных и без. В частности параметры индикаторов позволяют подстроить их под практический любой рынок.

Результаты данной работы могут быть использованы как часть некоторой автоматической торговой системы.

- 1 Джон Дж. Мэрфи Технический анализ фьючерсных рынков: Теория и практика. – М.: Диаграмма, 2002 – 592 с.
- 2 Твардовский В.В., Паршиков С.В. Секреты биржевой торговли: Торговля акциями на фондовых биржах. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004 – 530 с.
- 3 Элдер А. Как играть и выигрывать на бирже М.: Крон-ПРЕСС, 1996 – 336 с.
- 4 Стивен Б. Акелис Технический анализ от А до Я М.: Диаграмма 1999– 235 с.
- 5 Эрик Л. Найман Малая Энциклопедия Трейдера М.: Альфа Капитал 2001 – 234 с.

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПО ЦИФРОВЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Д. В. Жук (асп.), БГУ

В работе рассматриваются шаги алгоритма, применяемого для восстановления трёхмерной модели по паре цифровых изображений, полученных с различающихся позиций, как этапы целостного процесса. Использование данного метода не накладывает ограничений на размеры объекта и позволяет применять его как в задачах построения трёхмерных моделей небольших объектов, сфотографированных обычной цифровой камерой, так и в задачах восстановления рельефа местности по спутниковым изображениям.

В качестве исходных данных используются два цифровых изображения и небольшое количество опорных точек (т.е. точек, для которых известны их пространственные координаты). В результате обработки исходных данных реконструируется трёхмерная модель сцены в действительном масштабе.

Процесс восстановления трёхмерной модели включает следующие этапы: нахождение множества пар сопряжённых точек и одновременное вычисление фундаментальной матрицы по этим точкам, выравнивание изображений, построение плотной карты диспаратности, определение матриц камер и триангуляция. Множество пар сопряжённых точек можно найти автоматически, сравнивая окрестности особых точек на изображениях (например, угловых точек) и используя эпиполярные ограничения, задаваемые фундаментальной матрицей, для исключения неверно определённых пар. Ключевым этапом рассматриваемого процесса реконструкции является этап построения плотной карты диспаратности (т.е. определение смещений соответствующих точек изображений), что позволяет достичь большей детализации модели по сравнению с методами, использующими характерные признаки объектов (границы, угловые точки). Большинство алгоритмов построения плотной карты диспаратности работают с выровненными изображениями. Выравнивание состоит в преобразовании изображений так, что использование на них эпиполярных ограничений значительно упрощается, позволяя организовать поиск соответствий наиболее эффективным образом. Знание опорных точек даёт возможность определить параметры камер, использовавшихся для получения изображений, что необходимо для устранения неоднозначности реконструкции. На этапе триангуляции восстанавливаются пространственные координаты точек по их изображениям, определяемым при помощи карты диспаратности, и по восстановленным по опорным точкам камерам.

В результате применения данного процесса к синтетическим изображениям была получена трёхмерная модель, незначительно отличающаяся от исходной. Также приемлемые результаты были получены для спутниковых снимков местности. Описанный процесс реализован в модуле построения карты высот по спутниковым изображениям, входящем в комплекс программного обеспечения, разрабатываемого в рамках программы Союзного государства «Космос СГ».

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ БИЗНЕС-ИНТЕЛЛЕКТА ФАКУЛЬТЕТА ВУЗА НА ПЛАТФОРМЕ MICROSOFT SQL SERVER 2000

*М. А. КАДАН (студ. 4 к., ГрГУ им. Я. Купалы), С. ВАН НЕВЕЛ (студ. 3 к., ун-т Гент, Бельгия),
А. М. КАДАН (к. техн. н.), ГРГУ им. Я. КУПАЛЫ*

В докладе представлена информация о структуре и особенностях реализации проекта по разработке системы Бизнес Интеллекта для поддержки процессов управления факультетом вуза. Целью разработки такой системы является создание системы поддержки принятия решений при управлении факультетом на основе разнородных знаний о различных аспектах работы факультета, методов их получения, анализа и представления конечному пользователю. Систем подобного рода университеты Беларуси не имеют.

Система позволяет обеспечить качественно новый уровень работы с разнородной информацией факультета за счет использования современных методов организации данных и представления их конечному пользователю. Реализация системы основывается на технологиях работы с многомерными таблицами данных, используемыми в Microsoft SQL Server 2000.

Реализация системы Бизнес Интеллекта факультета вуза предполагает решение таких задач как организация процессов сбора информации об аспектах работы факультета вуза; структурирование данных и разработка средств их первичного накопления; организация очистки и загрузки первичных данных в общую базу системы; формирование хранилища данных, организация его пополнения информацией; формирование многомерных таблиц и исследование их средствами OLAP; создание системы доступа конечных пользователей к информации системы с использованием методов на основе Internet/intranet-технологий; обучение потенциальных пользова-

телей системы Бизнес Интеллекта факультета – работников деканата, заведующих кафедрами, преподавателей и сотрудников.

В докладе, на примере модуля работы с учебной нагрузкой факультета, представлены использованные методы интеграции данных и средства представления их конечному пользователю, которые позволяют не только получить новые знания о предметной области, но и позволят пользователю самостоятельно производить поиск и анализ необходимой ему информации.

Разработанные схемы сбора, хранения, анализа и представления данных позволяет использовать их в проектах по созданию автоматизированных информационных систем Бизнес-Интеллекта и систем поддержки принятия решений для различных сфер деятельности.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АНАЛИЗА УПРАВЛЯЕМОСТИ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННЫХ СИСТЕМ

Ю. В. КАРПЕНКО (студ. 5 к.), О. Б. ЦЕХАН (к. физ.-мат. н), ГрГУ им.Я.Купалы

Задачи, описывающие реальные физические процессы, протекающие различным образом в зависимости от конкретного воздействия на них управляющей стороны, рассматриваются в теории управления. Формализацией желания выяснить, можно ли управлять конкретной системой для достижения заданных целей, если да, то какие усилия для этого потребуются, является проблема управляемости. Цель работы заключается в разработке программных средств анализа управляемости сингулярно возмущенных систем.

В работе рассматривается проблема управляемости сингулярно возмущенной стационарной системы (СВС)

$$\dot{x}_1 = A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + B_1u \quad \mu \cdot \dot{x}_2 = A_{21}x_1 + A_{22}x_2 + B_2u \quad (1)$$

где $x_1 \in R^{n_1}, x_2 \in R^{n_2}, u \in R^r, A_{11} \in R^{n_1 \times n_1}, A_{12} \in R^{n_1 \times n_2}, A_{21} \in R^{n_2 \times n_1}, A_{22} \in R^{n_2 \times n_2}, B_1 \in R^{n_1 \times r}, B_2 \in R^{n_2 \times r}, 0 < \mu < 1$

В работе использовано определение управляемости и критерий управляемости Калмана. [1] стационарной системы вида

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad (2)$$

которые применяются для исследования управляемости СВС (1). Вопрос о том, насколько управляема система (1), решается с помощью введения меры управляемости. (Мерой управляемости $\mu(A, B)$ системы (2) назовем наименьшее сингулярное число матрицы $K = (B, AB, \dots, A^{n-1}B)$). Такой выбор меры обусловлен тем, что минимальное сингулярное число – это наименьшее возмущение сингулярных чисел (что непосредственно связано с возмущением матрицы), которое превращает невырожденную матрицу в вырожденную. В нашем случае для матрицы управляемости K это минимальное возмущение, которое может превратить ранг в неполный. Значит, можно говорить о том, что чем больше значение $\mu(A, B)$, тем более система управляема.

Представим СВС (1) в виде (2), а соответствующую матрицу управляемости K путем тождественных преобразований приводим к виду $K' = K_0 + \mu K_1 + \dots + \mu^{n-1} K_{n-1}$, где $K_0, K_1, \dots, K_{n-1}$ матрицы, полученные из матриц A и B , и не содержащие параметра μ . И тогда для управляемости системы (1) необходимо и достаточно, чтобы

$$\text{rank } K_0 + \mu K_1 + \dots + \mu^{n-1} K_{n-1} = n.$$

Разработанное программное средство позволяет говорить о том, каков запас прочности у управляемой системы, необходимый для того, чтобы эта система оставалась управляемой.

1 Афанасьев, Калмановский, Носов, Математическая теория конструирования систем управления / М.: Высш. шк., 1998г. – 574с.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ТЕСТА ВАЛЬДА К НАРУШЕНИЮ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ О НЕЗАВИСИМОСТИ НАБЛЮДЕНИЙ

Д. В. КИШИЛОВ (асп. 3 з.), БГУ

Последовательная статистическая проверка гипотез успешно применяется в экономике, медицине, контроле качества и других приложениях. Основным преимуществом последовательных тестов является то, что для принятия решения с заданной точностью они требуют в среднем меньше наблюдений, чем классические методы с фиксированной длиной последовательности.

Для успешного практического применения тестов необходимо исследовать их робастность, т.е. устойчивость к отклонениям от гипотетической модели. Такие отклонения на практике являются скорее правилом, чем исключением, и могут приводить к значительному ухудшению вероятностных характеристик теста. При исследовании робастности последовательных тестов до сих пор рассматривались только вопросы устойчивости к искажениям в распределении наблюдений (см., например, [1], [2]). В то же время достаточно часто встречается другой тип искажений – нарушение предположения о независимости наблюдений (см. [3]).

В данной работе исследована устойчивость классического последовательного теста Вальда для проверки простых гипотез о параметрах биномиального распределения. Рассмотрен случай, когда вместо последовательности независимых случайных величин наблюдается цепь Маркова в стационарном режиме (стационарное распределение при этом совпадает с гипотетическим). С помощью имитационного моделирования вычислены оценки вероятностных характеристик теста при различных матрицах переходных вероятностей наблюдаемой последовательности. Полученные результаты демонстрируют слабую устойчивость теста Вальда к нарушению исходного предположения о независимости наблюдений. Наличие даже небольшой корреляции между наблюдениями приводит к значительному росту вероятностей ошибок первого и второго рода. На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности проведения дальнейших аналитических исследований и необходимости построения последовательного теста, устойчивого к подобным искажениям.

- 1 Quang P. X. Robust sequential testing / Annals of Statistics, Vol. 13(2), 1985, pp. 638–649.
- 2 Kharin A., Kishylau D. Robust Sequential Testing of Hypotheses on Discrete Probability Distributions / Austrian Journal of Statistics, Vol. 34(2), 2005, pp.153–162.
- 3 Хампель Ф., Рончетти Э., Рауссеу П., Штаэль В. Робастность в статистике / М.: Мир, 1989, с. 417.

ПРОБЛЕМА СЕГМЕНТАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА ЛИЦЕПОДОБНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Е. В. КОБЛОВ (асп. 1 з.), БГУ

В настоящее время широко используются биометрические системы идентификации человека и в частности системы идентификации по лицу. Эффективность их практического применения зависит от характеристик алгоритмов решения задач поиска и распознавания лиц. Существующие алгоритмы, как правило, имеют жесткую структуру, что отрицательно сказывается на качестве их работы и вычислительной сложности. Одним из возможных подходов к решению данной проблемы является декомпозиция исходной задачи на подзадачи. В частности, для задачи поиска лиц такими подзадачами могут быть:

- Разбиение изображения на сегменты
- Аппроксимация выделенных сегментов геометрическими фигурами.
- Распознавание фрагмента на предмет наличия лица

В работе рассматривается один из возможных вариантов реализации данного подхода и, в частности, проблема построения разбиения изображения, на котором будут присутствовать все фрагменты, соответствующие лицу. Приводятся алгоритм разбиения на основе кластеризации и достаточные условия его применимости, отсутствующие в эвристических алгоритмах. Показывается непустота предложенного подхода, и приводятся примеры его работы. Результаты несут по большей части теоретический характер и предполагают использование дополнительных процедур, обеспечивающих выполнение достаточных условий разделимости. В работе также приводится исследование таких процедур и обоснование целесообразности их применения.

НЕРАВНОМЕРНАЯ ОЦЕНКА В ЦПТ В СЛУЧАЕ ρ -ЗАВИСИМОСТИ

Я. Б. КОШКИН (асп. 2 з.)

Рассматривается центральная предельная теорема (ЦПТ) теории вероятностей. Целью работы является получение неравномерной оценки скорости сходимости в ЦПТ в условиях ρ -перемешивания. Неравномерные оценки в ЦПТ при ограничениях на зависимость типа перемешивания являются новыми, автором предложен способ их получения. Используя методику [1], [2], получено дифференциальное уравнение для характеристической функции нормированной суммы (х.ф.н.с.) усеченных случайных величин (с.в.), но, в отличие от существующих работ, в виде, пригодном для дифференцирования, что позволило получить выражения для производных х.ф.н.с., а затем и саму оценку в ЦПТ через обобщение неравенства Эссеена на неравномерный случай.

Рассмотрим последовательность с.в. $X_1, X_2, \dots$. Обозначим $\sigma_n = D \sum_{i=1}^n X_i$, $S_n = \sigma_n^{-1} \sum_{i=1}^n X_i$, $F_n(x) = P\{S_n \leq x\}$, $\Phi(x) = (2\pi)^{-1/2} \int_{-\infty}^x \exp(-z^2/2) dz$. Пусть $\rho(\tau)$ – коэффициент ρ -перемешивания, постороенный по последовательности $X_1, X_2, \dots$, $\rho(\tau) \leq C_0 \tau^{-\alpha}$, $\alpha > 1$, $C_0 < \infty$. Предположим также, что $E|X_i|^s \leq C$, $C < \infty$, $s > 2$, $EX_i = 0$, $i = \overline{1, n}$; $\sigma_n \geq B_0 \sqrt{n}$, $B_0 > 0$. Положим

$$\Delta_n = \begin{cases} n^{\frac{\alpha-1}{2(\alpha+1)}} \frac{1}{\ln^{\frac{1}{\alpha+1}} n}, & \text{если } s \geq 3 \text{ или } 1 < \alpha \leq \frac{\delta(1+\delta)}{(1-\delta)(2+\delta)}, 2 < s < 3, \delta = s-2 \\ n^{\frac{\delta\alpha(2+\delta)-(1+\delta)}{2(\alpha(2+\delta)+(1+\delta))}} \frac{1}{\ln^{\frac{1}{\alpha+(1+\delta)/(2+\delta)}} n}, & \text{если } \alpha > \frac{\delta(1+\delta)}{(1-\delta)(2+\delta)} \vee 1, 2 < s < 3, \delta = s-2 \end{cases}.$$

Пусть $p \geq 3$ – некоторое целое число. Тогда найдется такое B , зависящее лишь от $s, p, C, B_0, \alpha, C_0$, что

$$|F_n(x) - \Phi(x)| \leq \frac{B}{1+|x|^p} \Delta_n + \frac{B}{1+|x|^s} \frac{\sqrt{\ln n}}{n^{s/2-1}}, \text{ откуда, в частности, } |F_n(x) - \Phi(x)| \leq \frac{B_1}{1+|x|^s} \Delta_n, B_1 < \infty.$$

- 1 Тихомиров А.Н., О скорости сходимости в центральной предельной теореме для слабо зависимых величин. / Теория вероятностей и ее применения, 1980, т.25, №4, с. 800–818.
- 2 Зуев Н.М., Предельные теоремы для слабо зависимых случайных величин. Мн.: БГУ, 2000. 118 с.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОМПРОМИССА

А. А. КРУКОВА (асп. 3 з.), БГЭУ

Проблематика. Для принятия решений на макроуровне естественно желание найти такой вариант макроэкономической политики, при котором достигается наилучший результат сразу по нескольким критериям. Такая постановка вопроса приводит к многокритериальным моделям принятия решений (задачам многокритериальной оптимизации). Наиболее часто используемый подход к принятию решений на основе таких моделей (принцип оптимальности по Парето) приводит к тому, что множество оптимальных решений может быть слишком большим и может содержать решения, заведомо не оптимальные с точки зрения лица, принимающего решения.

Цель работы. Цель данной работы – на примере практической задачи рассмотреть подход к принятию решений, в основе которого лежат модели многокритериальной оптимизации, учитывающие дополнительную информацию о предпочтениях между критериями в виде коэффициентов компромисса.

Объект исследований. Объектом проводимых исследований является отраслевая структура экономики Республики Беларусь в 2000–2003 гг..

Использованные методики. Методологической основой исследований являются методы принятия решений, в основе которых лежат модели многокритериальной оптимизации.

Научная новизна. В работе на примере расчетов по двухкритериальной модели максимизации ВВП и минимизации потребления ТЭР с использованием статистической информации Республики Беларусь продемонстрировано, что подход к решению многокритериальных экономико-математических моделей с учетом коэффициентов компромисса позволяет ограничить число оптимальных решений только компромиссными, т.е. сузить множество рассматриваемых оптимальных альтернатив, что значительно облегчает анализ оптимальных состояний экономики.

Полученные научные результаты и выводы. Подход к принятию решений с учетом коэффициентов компромисса использован для нахождения решений многокритериальной задачи планирования отраслевой структуры выпуска при ограничениях на факторы производства и структурные сдвиги (математическая формулировка основана на модели межотраслевого баланса). Модель реализована с помощью Matlab 6.5 на данных Республики Беларусь за 2000–2003 гг.. Критериями оптимальности являются максимизация ВВП и минимизация потребления ТЭР. Практические расчеты показали, что использование коэффициентов компромисса ограничивает множество оптимальных альтернатив, а также демонстрируют, что чем больше значения коэффициентов, тем больше Парето – оптимальных векторных оценок исключается из рассмотрения (при неизменном соотношении критериев).

Практическое применение полученных результатов. На примере двухкритериальной модели максимизации ВВП и минимизации потребления ТЭР показано, что использование коэффициентов компромисса существенно сужает множество оптимальных альтернатив, что позволяет использовать данный подход для построения интервальных годовых прогнозов макроэкономических показателей.

ТЕОРЕМА БАЙНЕКЕ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА МИНИМАЛЬНУЮ СТЕПЕНЬ ВЕРШИН

Е. В. КРЫЛОВ (студ. 5 к.), БГУ

Объектом исследования в данной работе являются реберные графы от простых графов и их характеристика. В классической и широко известной статье Байнеке дана характеристика посредством девяти запрещенных порожденных подграфов (1970). Позже появилась статья Солтеса и Хонг Джэн Лаи (2001) [1], где было показано, что при некоторых простых ограничениях это число, 9, сильно уменьшается. Доказательство в этой статье очень сложное и занимает большой объем.

Цель работы – получение нового доказательства результатов Солтеса и Хонг Джэн Лаи, которое укладывалось бы в общую канву теории реберных графов и было более ясным идейно.

При доказательстве использовалась техника краусовых разбиений реберных графов и алгоритмический подход.

Благодаря этому в результате было найдено более простое доказательство, занимающее значительно меньший объем, нежели исходное.

Полученное доказательство гармонично укладывается в общую канву теории реберных графов, что позволяет включить результаты Солтеса и Хонг Джэн Лаи в учебную программу.

1 Hong – Jian Lai, Soltes L. / Journal of Combinatorial Theory, Series B 82, 38–55, (2001)

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВМАР/РН/N/R С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ ЗАЯВКАМИ

А. Л. КУЗНЕЦОВ (студ. 5 к.), В. И. КЛИМЕНОК (д. физ-мат. н., гл. научн. сотр.), БГУ

Теория массового обслуживания находит широкие приложения при решении задач проектирования, анализа производительности, модернизации и оптимизации телекоммуникационных сетей. Одним из приоритетных направлений исследований является изучение систем массового обслуживания (СМО) с коррелированными потоками. Известной математической моделью коррелированных потоков является групповой марковский потока (ВМАР – Bath Markovian Arrival Process), который хорошо моделирует коррелированный взрывной трафик, присущий современным телекоммуникационным сетям и системам.

Другое приоритетное направление развития теории СМО связано с необходимостью изучения таких негативных явлений, ухудшающих качество обслуживания в сетях телекоммуникаций, как компьютерные вирусы, различные сбои в передаче информации, поломки на линиях и в узлах. Соответствующие ситуации хорошо моделируются в терминах сетей и систем с отрицательными заявками.

В настоящей работе исследуется многолинейная СМО с конечным буфером, ВМАР-поток и распределением времени обслуживания фазового типа (РН –distribution). Распределение такого типа является достаточно общим, т.к. класс РН-распределений всюду плотен в классе всех распределений, заданных на неотрицательной полуоси. Кроме потока обычных заявок в систему поступает МАР-поток отрицательных заявок, которые «убивают» заявки, находящиеся в системе. Такая система ранее в литературе не исследовалась даже в более простых случаях стационарных пуассоновских потоков обычных и отрицательных заявок.

Построена многомерная цепь Маркова, описывающая процесс функционирования системы, и исследовано ее стационарное распределение. Для вычисления этого распределения реализован на ЭВМ численно устойчивый алгоритм. На основе стационарного распределения получены важнейшие характеристики производительности системы, в частности, вероятности потерь и недообслуживания заявок. Проведен численный эксперимент, иллюстрирующий поведение вероятностей потерь в зависимости от параметров системы.

Полученные результаты позволяют рассчитывать характеристики производительности различных телекоммуникационных сетей и могут быть использованы при их проектировании и модернизации.

ИМИТАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНАЯ ПРОЦЕДУРА РАСЧЕТА ТОЧКИ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ГРГУ

С. И. КУРИЛО (студ. 4 к.), Н. В. СЕМЕНЧУК, ГрГУ им. Я.Купалы

Данная работа посвящена маркетинговому исследованию рынка образовательных услуг с использованием математических методов. В настоящее время финансирование факультетов ГрГУ осуществляется как за счет средств бюджета, так и за счет внебюджетных средств, которые создаются путем осуществления хозрасчетной деятельности, оказания платных услуг. Т. о. государство гарантирует минимальный уровень устойчивости и покрывает часть затрат вуза, при этом вуз обязан выполнить государственное задание по подготовке специалистов, остальную часть затрат покрывают внебюджетные средства. В связи с этим возникает задача расчета объема внебюджетных поступлений, при котором окупаются все расходы вуза, не покрытые бюджетным финансированием. Для этого применяют метод стоимостного анализа безубыточности, иногда его называют CVP-анализ («затраты – объем – прибыль»). Главным элементом этого метода является нахождение точки критического объема производства (точки безубыточности). Применительно к образованию, точка безубыточности – численность студентов, при которой окупаются затраты факультета с учетом объема бюджетных поступлений. В развитие описанного подхода в данном исследовании рассматривается имитационно-аналитическая процедура вероятностного стоимостного анализа безубыточности. Разработанная имитационно-вероятностная процедура стоимостного анализа безубыточности использовалась для исследования математического факультета ГрГУ.

Общая схема исследования включает следующие этапы:

1. Задается цена обучения. Далее с помощью регрессионных методов математической статистики находятся параметры постоянных и переменных затрат на основе статистической информации за несколько лет о количестве студентов на каждой специальности и величине расходов по их обучению.

2. Используя методы имитационного моделирования на основе данных о прогнозном или фактическом значении контингента студентов на рассматриваемый период, при заданном уровне значимости определяется минимальная прибыль, которую может обеспечить данный контингент студентов.

3. Если полученная прибыль не удовлетворяет администрацию вуза, то можно провести исследование с различными ценами обучения одного студента или, выбрав желаемую прибыль, получить величину контингента студентов, способную ее обеспечить.

Предложенная процедура может быть использована службой маркетинга вуза при выборе цены обучения, Проигрывая на модели различные варианты цены, можно выбрать ту, которая обеспечивает желаемую минимальную прибыль. Зная бюджетный набор, нетрудно определить необходимый коммерческий набор.

ВЕЙВЛЕТНО-РАЗНОСТНАЯ СХЕМА ДЛЯ УРАВНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ

Т. И. КУРСТАК (асп.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я. Купалы

Проблематика. В последнее время вейвлеты получили довольно широкое применение в различных научных отраслях: в физике, медицине, а также и в математике, например, для численного решения дифференциальных уравнений. В данной работе исследуется возможность применения вейвлетов к численному решению дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа с периодическими граничными условиями – 1-ой граничной задачи для уравнения колебаний струны с периодическими граничными условиями.

Цель работы. Построение вейвлетно-разностной схемы для 1-ой граничной задачи для уравнения колебаний струны и выявление преимуществ и недостатков полученной схемы по сравнению с обычной разностной схемой.

Объект исследований. 1-ая граничная задача для уравнения колебаний струны с периодическими граничными условиями.

Использованные методики. Метод разностных схем.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Нестандартная форма представления оператора вторых производных в вейвлетном базисе через матрицу дифференцирования второго порядка периодического вейвлета Добеши и применение полученного представления для аппроксимации второй производной в разностном методе

Полученные научные результаты и выводы. Исследование позволяет заключить, что отличие вейвлетно-разностной схемы от обычной разностной схемы состоит в том, что умножение матрицы на вектор можно сейчас выполнить в вейвлетном базисе и предварительно «сжать» матрицу и вектор, отбросив малые по модулю несущественные элементы. В результате приходим к умножению разреженной матрицы на разреженный вектор. Исследование многих операторов заметно упрощается, если используется подходящий вейвлет-базис, потому что соответствующие матрицы становятся почти диагональными по отношению к разложению по этому базису. Более того, за счет свойств вейвлетов алгоритм оказывается адаптивным, приспосабливаясь к свойствам решения. Поэтому, можно достичь большей степени разреженности матрицы и вектора и в ряде случаев получить выигрыш по сравнению с обычными разностными методами.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Результаты могут быть использованы в ряде учебных дисциплин, например в курсах «Численные методы», «Численные методы математической физики».

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧАГОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В НАСЫЩЕННОМ ПОРИСТОМ МАССИВЕ

А. А. КУШУНИН (студ. 5 к.), БГУ

Проблема газодинамических явлений на калийных месторождениях в настоящее время остается актуальной и имеется целый ряд вопросов, связанных с их прогнозированием и предотвращением. Исследование напряженного состояния и определение прочности газонасыщенного массива в окрестности выработок позволяет выявить зоны возможных разрушений, что имеет большое значение для прогнозирования газодинамических явлений.

В качестве модели первого приближения рассматривается пористый массив, насыщенный газом, ослабленный двумя круговыми полостями при заданном в них давлении. На основе механики пористых насыщенных сред составлена система дифференциальных уравнений, описывающая процессы деформации газонасыщенной пористой среды и фильтрации газа в линейной постановке:

$$\begin{aligned}\sigma_{ij,j} &= 0; \\ \sigma_{ij} &= \lambda \varepsilon_{rr} \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij} - \beta P \delta_{ij}; \quad \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}); \\ P_{,ii} &= B \dot{P}; \quad B = a_1 / c_2 k,\end{aligned}$$

где σ_{ij} , ε_{ij} , u_i – соответственно макронапряжения, макроперемещения системы скелет-газ, P – давление газа в порах, k – коэффициент фильтрации газа, $\lambda_1, \mu, \beta, a_1$ – эффективные постоянные системы скелет-газ.

Граничные и начальные условия записываются в следующем виде:

$$P|_{t=0} = 0, P|_{L_j} = P_j - P_0, P|_{\infty} = 0, \sigma_s|_{L_j} = 0, \sigma_n|_{L_j} = -P_j.$$

Эта система решается методом конечных элементов в пакете FlexPDE v.5.0.7.

С помощью критерия прочности исследована прочность массива в окрестности полостей и дана оценка возможности его разрушения.

Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования мгновенных выбросов в окрестности горных выработок.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СЕТИ МО С ОГРАНИЧЕННЫМ ВРЕМЕНЕМ ОЖИДАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАЯВОК В ОЧЕРЕДЯХ

Д. Д. КУЩ (магистрант), М. А. МАТАЛЫЦКИЙ (д. физ-мат. н.) ГрГУ им Я. Купалы

Достаточно широко распространенным классом математических моделей являются имитационные модели. Такие модели представляют собой компьютерную программу, которая шаг за шагом воспроизводит события, происходящие в реальной системе. Применительно к сетям МО их имитационные модели воспроизводят процессы обслуживания заявок в линиях систем сети, перехода заявок из одной СМО в другую, ожидания заявок в очередях СМО и т.д. С помощью имитационного моделирования появляется возможность компьютерными экспериментами подтвердить имеющиеся аналитические выкладки относительно характеристик исследуемых сетей МО. Достоинство имитационного моделирования заключается также в том, что оно применимо к сетям почти любой сложности, где проведение аналитического исследования сопряжено с большими трудностями или вообще невозможно. Ставится задача разработать имитационную модель функционирования сетей МО с ограниченным временем ожидания приоритетных заявок в очередях. В работе применяются современные методы теорий вероятностей и математической статистики, теории случайных процессов, оптимизации и имитационного моделирования. Для написания программного модуля планируется использование GPSS World и C++ Builder. В нашем случае начальными данными для моделирования сетей МО являются: число систем обслуживания, число типов заявок, матрица вероятностей переходов заявок – P , начальное распределение заявок по очередям систем, дисциплины обслуживания в системах, число линий обслуживания в системах сети, законы распределения обслуживания заявок в системах. Кроме того, для сетей с ограниченным временем ожидания заявок в очередях необходимо задавать законы распределения времени ожидания заявок в очередях систем и матрицу перехода заявок при окончании ожидания – Q , для сетей с приоритетными заявками – число приоритетных заявок каждого типа [1]. Отличительной особенностью имитационных экспериментов от натурных испытаний является простота повторения и воспроизведения условий эксперимента. Однако при исследовании стационарных характеристик сети, необходимо помнить про влияние начального состояния системы. Исследователь должен позаботиться об уменьшении его влияния или его полного исключения из результатов моделирования. В результате работы имитационной модели будут получены различные характеристики функционирования сети, в том числе и средние.

¹ Маталыцкий М. А., Романюк Т. В. Приближенные методы анализа сетей с центральной системой обслуживания и их применение. / Гродно: ГрГУ, 2003. – 200 с.

МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И. Г. ЛАБОВИЧ (студ. 5 к.), А. В. МИКУЛОВИЧ (ассистент), БГУ

В настоящее время одной из актуальных задач в экспериментальных исследованиях является корректное применение статистических методов обработки полученных результатов, в частности, дискриминантного, кластерного и факторного анализа.

В работе рассмотрено применение кластерного анализа для решения задач технической диагностики. Приводятся результаты исследования вибрационных сигналов авиационных двигателей с целью классификации их на исправные и неисправные. В качестве переменных на первом этапе проводимых исследований использованы среднее квадратическое значение и величина пикфактора. Статистическая обработка данных виброизмерений проводилась с помощью программы Statistica с использованием модуля Cluster Analysis.

В процессе исследований была установлена возможность применения кластерного анализа для классификации состояния сложных технических объектов по числовым параметрам вибрационных процессов, сопровождающих их работу. При этом наилучшие результаты классификации получены при использовании взвешенного центроидного метода, а в качестве меры сходства – степенного расстояния.

Приводятся результаты обработки реальных вибрационных сигналов авиационных двигателей.

НОСИТЕЛИ МЕР, ИНВАРИАНТНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ОТОБРАЖЕНИЯ $Z \rightarrow Z^2$

М. В. ЛАПИН (студ. 5 к.), БГУ

Для моделирования многих процессов, таких как, например, бросание монеты, можно использовать отображение $z \rightarrow z^2$ на единичной окружности S^1 или его аналоги – дробную часть $2x$ на единичном отрезке $(x \rightarrow \{2x\})$ и сдвиг в пространстве последовательностей из 0 и 1.

Как при изучении такого процесса, так и при моделировании динамических систем с более сложным поведением, возникают меры, инвариантные относительно соответствующего отображения и описывающие равновесные состояния системы. В частности, инвариантные меры находят свое применение при моделировании роста популяции, в термодинамической и статистической физике, а также финансовой математике.

При изучении инвариантных мер важную роль играет изучение таких характеристик как носитель меры – множество, на котором данная мера сосредоточена, и взаимносингулярные меры, описывающие равновесные состояния качественно разных, но одинаковых по структуре процессов.

В работе описывается разбиение отрезка $[0, 1]$ на континуум взаимно непересекающихся всюду плотных множеств M_p , каждое из которых является носителем соответствующей ему меры, инвариантной относительно отображения $x \rightarrow \{2x\}$. Индекс p у множества M_p можно интерпретировать как вероятность выпадения орла при бросании монеты. Основным результатом является представление множеств M_p через полуинтервалы вида $[(i-1)/2^k, i/2^k)$, $i = 1, 2, \dots, 2^k$.

Исследуемая проблема связана с вычислением спектрального радиуса оператора, порожденного отображением $z \rightarrow z^2$, который выражается через интегралы по инвариантным мерам и энтропии инвариантных мер. Вычисление спектрального радиуса не только представляет математический интерес, но и может иметь приложения – в статистической физике логарифм спектрального радиуса интерпретируется как свободная энергия системы.

ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТРЁХСЛОЙНОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОРТОТРОПНОЙ ПЛАСТИНЫ

А. Л. ЛИГОЦКИЙ (студ. 5 к.), Э. И. СТАРОВОЙТОВ (д. физ.-мат. н), Бел ГУТ

Предложенная в работе методика построения решения вариационным методом Лагранжа краевой задачи об изгибе трехслойной прямоугольной ортотропной пластины относится к классу наиболее сложных в математическом плане проблем. В то же время широкое применение в промышленности слоистых металлополимерных элементов конструкций, с неодинаковыми свойствами материала в разных направлениях обуславливает необходимость ее разработки.

Систему координат x, y, z связана со срединной плоскостью заполнителя. Для описания кинематики пакета использована гипотеза «ломаной» нормали: в тонких несущих слоях справедливы гипотезы Кирхгофа, в несжимаемом по толщине сравнительно толстом заполнителе нормаль остается прямолинейной, не изменяет своей длины, но поворачивается на некоторый дополнительный угол ψ , $\psi_x(x, y)$, $\psi_y(x, y)$ – проекции этого угла на плоскости YOZ и XOZ соответственно. Деформации считаем малыми. Уравнения равновесия трёхслойной пластины в усилиях получим, используя принцип возможных перемещений Лагранжа. Уравнения равновесия в перемещениях получены на основе использования закона Гука.

Приведён численный анализ изгиба рассматриваемой пластины в зависимости от её асимметрии по толщине, при различной толщине заполнителя и различных материалов несущих слоёв.

По данной теме опубликованы тезисы докладов и статья, получены акты внедрения и использования.

Сфера применения результатов – расчеты в области механики деформируемого твердого тела, а также проектирование трехслойных элементов строительных конструкций для строительства и реконструкции жилых, общественных и уникальных зданий и сооружений.

ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

А. А. ЛОГИНОВСКИЙ (студ. 4 к.), В. М. ЛУТКОВСКИЙ (ст. препод.), БГУ

Во многих случаях процессы в природных и технических системах могут быть описаны временными рядами, представляющими значения системных параметров в последовательные моменты времени. Задача прогнозирования временных рядов была и остается актуальной. Возможности дальнейшего развития методов прогнозирования определяются эффективностью используемых средств и методов сбора и обработки информации. При использовании многослойных нейронных сетей во временных рядах можно обнаружить скрытые закономерности, которые невозможно учесть при использовании традиционных линейных методов.

Целью данной работы является обзор архитектур нейронных сетей, выбор архитектуры нейронной сети для прогнозирования временных рядов, оптимизация параметров выбранной сети и прогнозирование временного ряда.

Объектом исследования являются нейронные сети, используемые для моделирования и прогнозирования временных рядов. В качестве исходных данных используются финансовые временные ряды.

Предсказание временного ряда в данной задаче осуществлялось путем аппроксимации функции многих переменных по заданному набору примеров с помощью процедуры погружения ряда в многомерное пространство и дальнейшей экстраполяции данных с использованием процедуры минимизации функции потерь. Теоретическим обоснованием данного подхода является теорема Такенса [1].

Результаты проведенных исследований позволяют сделать выбор архитектуры нейронной сети для решения поставленной задачи и выбрать ее оптимальные параметры, что в данном случае наиболее важно. Проведены вычислительные эксперименты с временными последовательностями, в которых мал интервал наблюдений, т.е. может быть получена относительно длительная временная последовательность. По этой причине рассмотренная модель может быть использована для получения краткосрочных прогнозов в приложениях, где объем данных ограничен. Эти модели также могут использоваться в ситуациях, когда необходимо анализировать небольшое число временных последовательностей. При анализе временных рядов большой длины необходимо применять мощные вычислительные средства или параллельные вычисления, так как при этом возрастает продолжительность этапа обучения нейронной сети.

1 Ежов А. А., Шумский С. А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе/ М.: МИФИ, 1998.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Н. П. ЛЫСЮК (студ. 5 к.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я. Купалы

Непрерывное вейвлет-преобразование $W_f(a, b)$ функции $f(x)$ представляет собой скалярное произведение $f(x)$ и базисных функций $\psi_{a,b}(x)$:

$$\psi_{a,b}(x) = a^{-1/2} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right), \quad a \in \mathbb{R}^+, b \in \mathbb{R},$$

так что

$$W_f(a, b) = a^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx.$$

Рассмотрим произвольный вейвлет $w(t)$ и функцию

$$f(x) = \cos(11x) + \cos(3x).$$

Цель состоит в построении вейвлет-спектра данного вейвлет преобразования, построение обратного вейвлет-преобразования и оценка полученных результатов.

Рассмотрим данную функцию на отрезке $[a; b]$. Пусть n – число шагов по оси OX , m – число масштабов по оси OY , Δx – шаг по оси OX , Δa – шаг масштаба. Для построения вейвлет-спектра данного преобразования получим формулу:

$$A_{i+n, j-1} = W_f(\Delta x * i, \Delta a * j),$$

где

$$i = -n, -n+1, \dots, n-1, n, \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Для построения обратного вейвлет-преобразования воспользуемся формулой

$$f_{i+n} = \sum_{l=0}^{m-1} \sum_{k=0}^{2n} A_{k,l} \cdot \psi\left[\frac{\Delta x \cdot i - \Delta(k-n)}{\Delta a \cdot (l+1)}\right] \cdot \Delta x \cdot \left[\frac{1}{\Delta a \cdot (l+1)}\right]^2.$$

Вычислены погрешности, полученные в результате преобразований. Проведено сравнение исходной и полученной путем преобразования функций.

СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТРОИДА

О. В. МАКСИМОВИЧ (студ. 4 к.), БГУ

В дискретной оптимизации часто приходится решать задачу, состоящую в выборе независимого подмножества максимального веса. В случае произвольных систем независимости не известно эффективных алгоритмов ее решения. Однако если система независимости является матроидом, то существуют полиномиальные алгоритмы ее решения. Одним из таких алгоритмов является жадный (градиентный) алгоритм. Известно, что он дает оптимальное решение тогда и только тогда, когда система независимости является матроидом. Соответственно возникает задача задания матроида, так как от его представления будет зависеть быстрдействие алгоритма.

Если мы предварительно упорядочим элементы носителя в порядке уменьшения весов, то реализация жадного алгоритма для случая произвольного матроида, заданного своими множественными характеристиками, составит $O(mn^2)$ при затратах памяти $O(mn)$.

Зададим матроид путем построения связей между независимыми множествами. Рассмотрим следующую функцию: $f: I \rightarrow P(X): A \in I \rightarrow \{x \in X \setminus A \mid A \cup \{x\} \in I\}$.

Представим множество ее образов характеристическими вектором над полем $\{0, 1\}^n$. Заменим в данных векторах 0-ли на нулевые ссылки, а 1-цы на k -х позициях на указатели на характеристический вектор множества $A \cup \{x_k\}$. Мы получим структуру данных, которая позволяет на каждом шаге жадного алгоритма, проверять независимость множества $\{a_1, a_2, \dots, a_l, x_k\}$ (где множество $\{a_1, a_2, \dots, a_l\}$ было построено на предыдущем шаге) за время пропорциональное $O(1)$. Трудоемкость жадного алгоритма составит $O(n)$ при затратах памяти $O(mn)$. Время необходимое для построения приведенной структуры данных из списка баз матроида пропорционально $O(mn)$.

Использование данной структуры данных целесообразно, в случае когда, необходимо решить несколько оптимизационных задач на одной и той же матроидной структуре с различными весовыми функциями. Тогда время решения k задач составит $O((m+k)n)$.

ОПТИМАЛЬНАЯ НАЛОГОВАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ МОДЕЛИ СВОБОДНОГО РЫНКА

С. В. МАРКЕВИЧ (магистр.), БГУ

Рассматривается математическая модель рынка двух взаимозаменяемых товаров в виде системы четырех нелинейных дифференциальных уравнений относительно цен товаров $p_j(t)$ и их объемов продаж $q_j(t)$, $j = 1, 2$ [1]. Производители и потребители, действуя независимо, стремятся заключить наиболее выгодную для них сделку и тем самым влияют на скорости изменения цен $\dot{p}_j$ и объемов продаж $\dot{q}_j$. Государство, как отдельный субъект экономических отношений, также преследует определенные цели, в частности, увеличить отчисления в бюджет в виде налогов, взимаемых с производителей. Интенсивность такого воздействия в исследуемой модели характеризуется параметрами налогообложения r_j . Задача об оптимальной налоговой политике [2] исследуется для случая, когда основные параметры системы имеют симметричные значения.

Экономический смысл задачи состоит в том, чтобы отыскать такую стратегию государства в области налогообложения, которая позволила бы сохранить устойчивое равновесие на рынке и одновременно стимулировала бы рост и развитие производства. Математически это выражается в нахождении предельных значений параметров налогообложения r_j .

Построение ограничений для рассматриваемой задачи нелинейного программирования основывается на требовании асимптотической устойчивости равновесия рынка. Аналогичным образом может быть решена задача и для критических случаев, когда один или несколько корней характеристического уравнения матрицы первого приближения исходной системы обращаются в нуль [3].

Сложность рассмотренной задачи заключается в ее многопараметричности. Случай двух конкурентов, наиболее иллюстративный при рассмотрении, показывает, что с увеличением числа конкурентов сложность решения задачи возрастает. В общем случае задача об оптимальной налоговой политике представляет собой известную, хотя и трудно решаемую задачу нелинейного программирования. Для конкретно заданных значений параметров она в принципе может быть решена методами численного анализа.

1 Калитин Б. С. Динамическая модель рынка типа «Эффективная конкуренция» с подсистемой объема продаж / Вестник БГУ. Сер. 1, физ., мат., инф. 2000, № 1. С. 28 – 34.

2 Калитин Б. С. Математические модели экономики / Минск: БГУ, 2004.

3 Малкин И. Г. Теория устойчивости движения / М.: Наука, 1966.

ОБ ЭРГОДИЧНОСТИ ЦЕПИ ПЕРЕХОДОВ РАЗНОСТЕЙ СЛУЧАЙНОЙ ПОДСТАНОВКИ

А. С. МАСЛОВ (асп.), БГУ

Пусть G — конечная абелева группа, $G^* = G \setminus \{0\}$ и $S(G)$ — множество всех подстановок, действующих на G . Пусть $s \in S(G)$, x_0, x'_0 — различные элементы G , $a_1, a_2, \dots$ — независимые случайные величины с равномерным на G распределением вероятностей и

$$x_t = s(x_{t-1} + a_t), \quad x'_t = s(x'_{t-1} + a_t), \quad \beta_0 = x'_0 - x_0, \quad \beta_t = x'_t - x_t, \quad t = 1, 2, \dots$$

Введенная последовательность (β_t) является траекторией однородной цепи Маркова.

Целью исследования являлась оценка вероятности эргодичности цепи (β_t) , а также оценка скорости сходимости её распределения вероятностей к предельному равномерному на G^* . Данные оценки были получены с помощью анализа коэффициента Добрушина r_s для матрицы переходных вероятностей P_s . Условие $r_s < 1$ является достаточным для эргодичности (β_t) .

Теорема. Если подстановка $s \in S(G)$ выбирается случайно и равновероятно, то существуют абсолютные константы $c_1 < 1$, $c_2 > 0$ такие, что

$$\mathbf{P}\{r_s \leq c_1\} = 1 - O(\exp(-c_2 |G|)).$$

Теорема продолжает результаты Л. О'Коннора [1,2,3], показавшего, что почти для всех подстановок цепь Маркова (β_t) является эргодической.

1 O'Connor L. Designing product ciphers using Markov Chains. /Proceedings of the Workshop on Selected Areas in Cryptography, SAC'94, pp. 2–13, 1994.

2 O'Connor L., Golic J. A Unified Markov Approach to Differential and Linear Cryptanalysis. /Advances in Cryptology, ASIACRYPT'94, pp. 387–397, 1995.

3 O'Connor L. Convergence in Differential Distributions. /Advances in Cryptology, EUROCRYPT'95, pp. 13–23, 1996.

ОЦЕНИВАНИЕ РАЗМЕРА И МОЩНОСТИ ТЕСТА ЭКЗОГЕННОСТИ

А. Ю. МИКСЮК (студ. 5 к.), В. И. МАЛЮГИН (к. физ-мат. н), БГУ

При построении структурных эконометрических моделей множество используемых экономических переменных разбивается на два подмножества: некоторые переменные считают эндогенными, или внутренними для модели, а остальные – экзогенными, т.е. заданными извне. Одной из целей эконометрического моделирования является анализ и выбор вариантов экономической политики. Проведение такого анализа не всегда является корректным, так как изменение динамики экзогенных переменных может привести к изменению связей между ними и эндогенными переменными, определяемых параметрами модели. Достаточным условием корректности такого анализа является свойство «суперэкзогенности» для объясняющих переменных [1].

В [2] был предложен подход к тестированию суперэкзогенности в моделях регрессионного типа. В связи с этим представляет интерес оценивание основных характеристик теста суперэкзогенности, используемого в рамках данного подхода. Целью работы является построение оценок размера и мощности теста суперэкзогенности Энгла–Хендри для тестовых примеров и выявление факторов, оказывающих влияние на эти характеристики.

В работе рассматривался частный случай регрессионной модели: линейная однофакторная регрессия, в которой поведение фактора описывается с помощью стационарного авторегрессионного процесса первого порядка. Для нахождения оценок размера и мощности теста использовался метод статистического моделирования.

В результате исследования было выявлено, что размер теста суперэкзогенности является слабо чувствительным к изменениям параметров модели. В частности, он в незначительной степени зависит от дисперсии и коэффициента автокорреляции частного распределения переменной-фактора и не зависит от остальных параметров. Мощность теста в значительной степени зависит от параметров модели, что является существенным недостатком подхода Энгла–Хендри. Однако можно выделить области значений параметров модели, для которых данный тест имеет большую мощность и, следовательно, может быть использован на практике:

- Дисперсия частного распределения переменной-фактора в несколько раз превышает дисперсию частного распределения эндогенной переменной.
- Коэффициент автокорреляции переменной-фактора по модулю больше 0,5.

1. Engle R. F., Hendry D. F., Richard J. F. Exogeneity / *Econometrica*. 1983. №2. С. 277–304.

2. Engle R. F., Hendry D. F. Testing Super Exogeneity and Invariance in Regression Models / *Journal of Econometrics*. 1993. Март. С. 119–139.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОСТРОЕНИЮ ОДНОЭТАПНЫХ ПРОЦЕДУР МНОЖЕСТВЕННОЙ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ

И. С. МИЛОВАНОВА (асп. 2 з.), А. Л. КОСТЕВИЧ (к. физ-мат.н), БГУ

Во многих прикладных областях возникают задачи одновременной проверки многих статистических гипотез. Например, в медицине при проведении клинических испытаний необходимо статистическое сравнение нескольких показателей различных выборок [1]. В генетике число показателей, по которым проводятся сравнения, может достигать нескольких тысяч [2]. Подобная задача имеется в эконометрике при одновременной проверке значимости коэффициентов линейной регрессии. Также проверка многих гипотез проводится в криптографии при тестировании качества выходных последовательностей криптографических алгоритмов или генераторов случайных чисел [3].

Для построения статистических выводов в таких ситуациях необходимо применение процедур множественной проверки гипотез. Данные процедуры предназначены для расчета уровней значимости набора критериев для заданного значения показателя эффективности всей процедуры. В данной работе будет рассматриваться показатель *FWER* — вероятность ошибки хотя бы одного критерия набора при истинной нулевой гипотезе. К настоящему времени разработано большое количество процедур множественной проверки гипотез, основывающихся на данном показателе, однако многие из них обладают тем недостатком, что при большом числе проверяемых гипотез и критериев уровни значимости индивидуальных критериев приходится выбирать очень малыми, чтобы уменьшить число ложных тревог [4]. Однако такой подход приводит к снижению мощности всей процедуры. В данной работе предлагается альтернативный подход к построению процедур множественной проверки гипотез, контролирующий показатель *FWER*, который основывается на использовании части критериев набора в качестве «свидетелей» для отсева ложных тревог. Такой подход позволяет выбирать уровни значимости критериев не такими малыми, как в известных процедурах. Результатами данной работы является построение оценки для показателя *FWER* предложенной процедуры, а также способ вычисления индивидуальных уровней значимости критериев для заданного значения уровня значимости всей процедуры. Также в работе приведены результаты численных экспериментов.

1 Cook R. J., Farewell V. T. Multiplicity Considerations in the Design and Analysis of Clinical Trials/ *Journal of the Royal Statistical Society Series A*.—1996.— Vol.159, №1.— P.93–110.

2 Efron B., Tibshirani R. Empirical Bayes Methods and False Discovery Rates for Microarrays/ *Genetic Epidemiology*.— 2002.— Vol.23.

3 NIST SP 800-22. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications/ 2000.

4 Simes R.J. An improved Bonferroni procedure for multiple tests of significance/ *Biometrika*.— 1986.— Vol. 73.—P.751–754.

СИСТЕМА ВММАР[2]/РН[2]/1 С ПОВТОРНЫМИ ВЫЗОВАМИ

В. В. МУШКО (асп. 3 з.), БГУ

Введение. Важным разделом теории массового обслуживания является теория систем с повторными вызовами. Важность данного раздела обусловлена его широкими практическими приложениями. Область приложений лежит в оценивании производительности и проектировании телефонных сетей, радиовещательных сетей, мобильных сотовых сетей. Наличие повторных попыток получить обслуживание является неотъемлемой чертой этих систем, игнорирование данного эффекта может привести к значительным погрешностям при принятии инженерных решений.

Модель. Рассматривается одноканальная система с буфером размерности R , $R > 0$. Поток, входящий в систему, описывается ВММАР-поток (Batch Marked Markovian Arrival Process, [1]) с двумя приоритетными классами. Вызовы первого типа принимаются в систему, если в буфере имеются свободные места для ожидания (space priority). Если размер группы превышает количество свободных мест, то соответствующая часть группы принимается в буфер, в то время как остальные вызовы теряются. Вызовы второго типа, имеющие более высокий приоритет при поступлении на обслуживание (time priority), могут занимать только часть буфера, в то время как, вызовы первого типа могут попасть на обслуживание, если в системе нет вызовов второго типа. Для вызовов второго типа в системе предусмотрена орбита. Время обслуживания зависит от типа вызова и имеет распределение фазового типа (Phase Type, [2]) размерности M_1 с неприводимым представлением (β_1, S_1) , $l = \overline{1, 2}$.

Методология исследования, результаты. Поведение данной системы описывается многомерной цепью Маркова с непрерывным временем, которая принадлежит к классу асимптотически квазитоплицевых цепей Маркова (asymptotically quasi-Toeplitz Markov chains) с непрерывным временем. Используя известные результаты для таких цепей [3], вычислено стационарное распределение вероятностей рассматриваемой системы.

Практическая ценность. Среди современных телекоммуникационных средств наиболее стремительно развиваются сети сотовой подвижной связи (ССПС). Устойчивый рост количества пользователей и их запросы по разнообразию предлагаемых услуг (например, передача большого объема данных или видео в реальном режиме времени) налагает все большие требования на использование ограниченных ресурсов в будущих сетях. Полученные результаты могут быть применены для более тщательного проектирования будущих ССПС.

1 He Q.M. Queues with marked customers / Advances in Applied Probability, 1996, V.28, P.567–587.

2 Neuts M. Structured stochastic matrices of M/G/1 type and their applications / Marcel Dekker, 1989.

3 Klimenok V.I., Dudin A.N. Continuous-time asymptotically quasi-toeplitz Markov chains / Queues, Flows, systems, networks: Proceedings of the International Conference «Mathematical Methods of Optimization Networks», 22–24 February, 2005, Minsk, V. 18, P. 76–84.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

И. Э. КАНАШ

Решение нелинейных уравнений с одной переменной численными методами представляет одну из важнейших задач прикладного анализа, необходимость, в которой возникает в многочисленных разнообразных разделах физики, механики, техники и других областях. В зависимости от специфики решаемой задачи необходимы разные результаты. В некоторых случаях требуется нахождение корней с наибольшей точностью, в других – время, затраченное на решение уравнения должно быть минимальным. Поэтому необходимо заранее знать, какой из методов даст наилучшие результаты.

Наиболее распространёнными на практике численными методами решения нелинейных уравнений являются: метод бисекции, метод хорд, метод касательных, комбинированный метод хорд и касательных, метод итерации, метод простой итерации. Очевидно, в настоящее время существуют, используются и программно реализовано большое количество эффективных численных методов решения нелинейных уравнений. Разнообразие используемых методов объясняется тем, что не существует метода одинаково эффективного для всех уравнений, ни один из методов не имеет безусловного преимущества для решения различных классов задач. Более того, для любого метода найдутся уравнения, которые не решаются данным методом или решаются с малой эффективностью.

Данная научная работа заключается в разработке программного обеспечения, позволяющего определить оптимальный метод решения нелинейных уравнений для каждого конкретного случая, может использоваться в качестве полноценного методического инструмента для изучения вышеуказанной темы по предмету «Прикладная математика», а так же при самостоятельном изучении темы. Данная многозадачность осуществляется за счёт модульности разработанной программы. Она включает следующие модули: вычисляющий (находит численными методами корни уравнений вида $f(x)=0$ и на основе полученных данных строит диаграммы и графики помогающие выбрать наиболее оптимальный метод для каждого конкретного случая), обучающий (содержит теоретическую информацию по вышеуказанным методам, видеоматериалы, примеры решения и контрольный вопрос который будет полезен при самообучении), тестирующий (содержит тесты трёх уровней сложности), модуль для преподавателей (позволяет редактировать тестовые вопросы, что обеспечивает высокую гибкость тестового модуля), помощь (содержит подробное описание всех модулей с иллюстрациями, что помогает использовать программу даже не опытному пользователю).

Таким образом, программа является полноценным продуктом, имеющим широкое применение (как в отраслях где необходимо определение наиболее эффективного метода решения нелинейных уравнений вида $f(x)=0$, так и в учебном процессе).

ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ СИСТЕМЫ МАР/РН/С С АДРЕСНЫМИ ПОВТОРАМИ

В. В. МУШКО (асп. 3 з.), Д. С. ОРЛОВСКИЙ (асп. 3 з.), БГУ

Модель. Рассматривается многоканальная система, имеющая c идентичных приборов. Время обслуживания на каждом приборе имеет распределение фазового типа (Phase Type, РН, [1]) размерности M с неприводимым представлением (β, S) . Поток, входящий в систему является Марковским (МАР, Markovian Arrival Proces, [2]). В момент прибытия вызов выбирает для обслуживания r -ый прибор с вероятностью $1/c$, $r = \overline{1, c}$. Если выбранный прибор свободен, то вызов занимает его и после обслуживания покидает систему. Если выбранный прибор занят, то вызов направляется на орбиту и пытается получить обслуживание позже. Каждый вызов, находящийся на орбите, делает повторные попытки через интервалы времени, имеющие экспоненциально распределенную длину с параметром α , независимо от других вызовов. В момент повтора вызов выбирает для обслуживания r -ый прибор с вероятностью $1/c$, $r = \overline{1, c}$. Если выбранный прибор свободен, то вызов занимает его и после обслуживания покидает систему. Если выбранный прибор занят, то вызов возвращается на орбиту, даже если один или несколько других приборов свободны в этот момент. Вызовы с орбиты пытаются получить обслуживание до тех пор, пока им не удастся занять прибор, выбранный при соответствующей попытке.

Методология исследования, результаты. Для построения процесса изменений состояний системы отслеживается число приборов, находящихся на m -ой фазе обслуживания, $m = \overline{1, M}$. Данный метод позволяет значительно сократить размерности матриц, используемых для вычисления стационарного распределения вероятностей и основных характеристик функционирования системы в разработанном и реализованном численно модуле ППП «SIRIUS++». Построенный процесс является многомерной цепью Маркова с непрерывным временем и принадлежит к классу асимптотически квазитоеплицевых цепей Маркова (asymptotically quazi-Toeplitz Markov chains) с непрерывным временем. Используя известные результаты [3] для этого класса цепей Маркова, получено достаточное условие существования стационарного распределения рассматриваемой системы.

Практическая ценность. Полученные результаты применимы при анализе функционирования современных телекоммуникационных сетей и позволяют проводить технико-экономическое обоснование технологических решений без больших материальных затрат на проведение экспериментов с реальной аппаратурой.

- 1 Lucantoni D. New results on the single server queue with a batch Markovian arrival process / Commun. in Statist.-Stochastic Models, 1991.
- 2 Neuts M. Structured stochastic matrices of M/G/1 type and their applications / Marcel Dekker, 1989.
- 3 Klimenok V.I., Dudin A.N. Continuous-time asymptotically quazi-toeplitz Markov chains / Queues. Flows, systems, networks: Proceedings of the International Conference "Mathematical Methods of Optimization Networks", 22–24 February, 2005, Minsk, V. 18, P. 76–84.

МЕТОД МОМЕНТОВ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ СО СМЕШАННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

С. В. ОГРЫЗКО (асп.), БГУ

Практическое значение метода заключается в том, что он сводит решение смешанной краевой задачи для уравнения параболического типа к задаче Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, при этом можно достичь высокого порядка аппроксимации.

Рассмотрим смешанную краевую задачу:

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t \leq T, \quad u(x, 0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad \frac{\partial u(0, t)}{\partial x} = \mu_0(t), \quad u(1, t) = \mu_N(t), \quad 0 \leq t \leq T.$$

Проведем частичную дискретизацию по переменной x ($x_i = ih$, $h = \frac{1}{N}$, $i = \overline{0, N}$). Введем базисные функции [1]:

$$E_i^{(3)}(x) = \begin{cases} x - x_{i-1}, & x \in [x_{i-1}, x_i], \\ -(x - x_{i+1}), & x \in [x_i, x_{i+1}], \end{cases} \quad i = \overline{1, N}, \quad E_0^{(3)}(x) = \begin{cases} -2(x - x_1), & x \in [x_0, x_1], \\ 0, & x \notin [x_0, x_1]. \end{cases} \quad \text{основное свойство которых:}$$

$$\frac{1}{h^2} \int_0^1 E_i^{(3)}(x) \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} dx = \frac{u(x_{i-1}, t) - 2u(x_i, t) + u(x_{i+1}, t))}{h^2} = u_{xx}(x_i, t), \quad \frac{1}{h^2} \int_0^1 E_0^{(3)}(x) \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} dx = \frac{2u(x_1, t) - 2u(x_0, t)}{h^2} - \frac{2}{h} \frac{\partial u(x_0, t)}{\partial x}.$$

Для построения пятислойных схем используем вспомогательные функции: $E_0^{(5)}(x) = \alpha_0 E_0^{(3)}(x) + 2\alpha_1 E_1^{(3)}(x)$, $E_1^{(5)}(x) = \alpha_1 E_0^{(3)}(x) + \alpha_0 E_1^{(3)}(x) + \alpha_1 E_2^{(3)}(x)$, $E_i^{(5)}(x) = \alpha_1 E_{i-1}^{(3)}(x) + \alpha_0 E_i^{(3)}(x) + \alpha_1 E_{i+1}^{(3)}(x)$, $i = \overline{2, N-2}$, $E_{N-1}^{(5)}(x) = \alpha_1 E_{N-2}^{(3)}(x) + \alpha_0 E_{N-1}^{(3)}(x)$, где α_0, α_1 – параметры, выбором которых можно распорядиться из условий устойчивости и аппроксимации.

Умножим исходное уравнение на $E_i^{(5)}(x)$, $i = \overline{0, N}$, и возьмем интеграл по x в пределах от 0 до 1. В правой части интеграл вычисляется точно. Интеграл в левой части вычислим приближенно, используя интерполирование $\frac{\partial u(x, t)}{\partial t}$, например по трем узлам по формуле Ньютона-Стирлинга. Отбрасывая остаток порядка $O(h^6)$, получим

задачу Коши: $h^2 \left[(\alpha_0 + 2\alpha_1)E + \frac{1}{12}(\alpha_0 + 14\alpha_1)Q \right] U' = [(\alpha_0 + 2\alpha_1)Q + \alpha_1 Q^2] U + F$, $U(0) = \Phi$. Вектор F зависит от

$\varphi(x)$, $\mu_0(t)$, $\mu_N(t)$, Q – трехдиагональная матрица с элементами $\{Q_{i,i} = -2, i = \overline{0, N}, Q_{i,i-1} = Q_{i,i+1} = 1, i = \overline{1, N}, Q_{0,1} = 2\}$. Выбрав параметры α_0, α_1 так, чтобы $18\alpha_1 - \alpha_0 = 0$, повысим погрешность аппроксимации до величины $O(h^8)$.

- 1 Марчук Г. И. Методы вычислительной математики / М.: Наука, 1980.

СИСТЕМА МАР/РН/Н С ПОВТОРНЫМИ ВЫЗОВАМИ И ПЕРЕМЕННЫМ ЧИСЛОМ АКТИВНЫХ ПРИБОРОВ

Д. С. ОРЛОВСКИЙ (асп. 3 з.), БГУ

Введение. Системы массового обслуживания с повторными вызовами являются важным объектом для исследования, поскольку адекватно описывают поведение телекоммуникационных сетей и их фрагментов. В данной работе рассматривается многолинейная система массового обслуживания с коррелированным входным потоком, обслуживанием фазового типа, повторными вызовами и переменным числом активных приборов.

Модель. В систему поступает МАР-поток (Markovian Arrival Process) заявок. Имеется N , $N \geq 2$ идентичных обслуживающих приборов, динамически включающихся и выключающихся согласно следующей стратегии. Задан набор порогов $M_l, l = \overline{1, N-1}: 0 = M_0 \leq M_1 < M_2 < \dots < M_N = \infty$. Во всякий момент число s активных приборов определяется числом m заявок в системе (на обслуживании и на орбите) из неравенства $M_{s-1} \leq m < M_s$. Если для поступившей в систему заявки находится свободный активный прибор, заявка занимает его, если все активные приборы заняты, но число заявок в системе достигло очередного порога $M_s, s = \overline{1, N-1}$, то включается и начинает обслуживание $s+1$ -й прибор. Не попавшие на обслуживание заявки уходят на орбиту и повторяют попытки занять свободный прибор через экспоненциально распределённые с параметром α_i интервалы времени, i – число заявок на орбите. Предполагается, что $\lim_{i \rightarrow \infty} \alpha_i = \gamma < \infty$. Время обслуживания заявки имеет распределение фазового типа (Phase Type, РН). Если после завершения обслуживания заявки в системе остаётся ровно $M_s - 1, s = \overline{1, N-1}$ заявок, освободившийся прибор выключается.

Цель работы – определение достаточных условий существования стационарного распределения системы, построение эффективного алгоритма поиска стационарных вероятностей и характеристик производительности.

Научная новизна и использованные методики. Ранее (см. [1]) подобная система рассматривалась лишь для случая пуассоновского входного потока и экспоненциально распределённого времени обслуживания. При построении процесса изменения состояний системы в виде многомерной цепи Маркова с непрерывным временем используется экономный подход, сокращающий размерность участвующих в вычислениях матриц. Для определения условия эргодичности и построения алгоритма поиска стационарных вероятностей системы привлекаются результаты теории асимптотически квазитеплицевых цепей Маркова с непрерывным временем.

1 Artalejo J., Orlovsky D.S., Dudin A.N. Multiserver retrial model with variable number of active servers / Computers and Industrial Engineering. 2005. V. 28 P. 273-288.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ХОЛТЕРОВСКОМ МОНИТОРИНГЕ

О. С. ПАНЬКОВА (студ. 5 к.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я. Купалы

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) относится к прогностическим факторам риска внезапной смерти. ВСР применяется для оценки вегетативной регуляции ритма сердца. Она выполняется на основе компьютерного анализа длительной регистрации ЭКГ: оценивается стандартное отклонение величин интервалов RR (время между соседними сокращениями сердца), а также проводится спектральный анализ этого распределения. При исследовании ВСР следует различать кратковременные («короткие») и долговременные («длинные») записи. Анализ вариабельности сердечного ритма является важным методом оценки функции автономной вегетативной системы сердца, а также ценным прогностическим показателем.

Требуется провести спектральный анализ данных, основанный на измерении длительностей RR-интервалов ЭКГ и на формировании динамического ряда значений, которые визуальным образом отображаются в виде кардиоинтервалограммы (ритмограммы) во время Холтеровского мониторирования с помощью комплекса «Кардиотехника 4000». Применение спектрального анализа позволяет количественно оценить различные частотные составляющие колебаний ритма сердца и наглядно графически представить соотношения разных компонентов сердечного ритма, отражающих активность определенных звеньев регуляторного механизма.

Целью работы является создание программного продукта для анализа вариабельности сердечного ритма на базе персонального компьютера. Объектом исследований являются данные RR-интервалов.

Результатом работы является программа, которая проводит спектральный анализ вариабельности сердечного ритма. Данные берутся из специальных баз данных, основанных на файлах, предназначенных для каждого больного. Последовательность RR-интервалов представляет собой неравномерно-дискретную функцию времени, определенную на конечном интервале. Анализ спектра осуществляется путем линейной интерполяции по времени текущей величины RR-интервала. После этого используется методика преобразования Фурье для расчета спектральных параметров. Количество коэффициентов Фурье может быть различным, оно задается программно. Но регулярные колебания кардиоинтервалов, которые повторяются с небольшими вариациями амплитуд частот на протяжении всей записи, могут прерываться непериодическими (нерегулярными) волнами, происхождение которых, как правило, не установлено. Данные одиночные всплески игнорируются, потому что их следует рассматривать как помехи, возникающие при ЭКГ. Результаты наглядно представляются на графике, при этом можно задавать различные участки времени, для наиболее детального исследования полученных результатов. Таким образом, получаем спектр последовательности RR интервалов.

ОЦЕНКА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ СТАЦИОНАРНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТОВ

С. А. ПАРДОН (студ. 5 к.), БГУ

Пусть $X_t, t \in Z$ - стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и неизвестной спектральной плотностью $f(x), x \in \Pi, \Pi = \{-\pi, \pi\}$.

Представим спектральную плотность в ортонормированном вейвлет-базисе:

$$f(x) = \sum_{k \in I_l} \alpha_k \varphi_{l,k}(x) + \sum_{j \geq k} \sum_{k \in I_j} \alpha_{j,k} \psi_{j,k}(x),$$

$$\text{где } \varphi_{l,k}(x) = 2^{l/2} \varphi\left(2^l x - k\right), \quad \psi_{j,k}(x) = 2^{j/2} \psi\left(2^j x - k\right), \quad l \in Z, \quad j \in Z, \quad I_j = \{1, \dots, 2^j\}$$

получены путем сжатия и растяжения масштабирующей φ и вейвлет ψ функций.

В качестве оценки спектральной плотности рассмотрим статистику вида

$$\hat{f}(x) = \sum_{k \in I_l} \hat{\alpha}_k \varphi_{l,k}(x) + \sum_{j \geq k} \sum_{k \in I_j} \hat{\alpha}_{j,k} \psi_{j,k}(x), \text{ где}$$

$$\hat{\alpha}_k = \frac{2\pi}{T} \sum_{i=1}^T \varphi_{l,k}(w_i) I_T(w_i), \quad \hat{\alpha}_{j,k} = \frac{2\pi}{T} \sum_{i=1}^T \psi_{j,k}(w_i) I_T(w_i), \quad w_i = \frac{2\pi i}{T} - \pi, \quad i = \overline{1, T}$$

$$I_T(w) = \frac{1}{2\pi H_2^{(T)}} \left| \sum_{t=1}^T h_t X_t \exp(itw) \right|^2, \quad H_2^{(T)} = \sum_{t=1}^T h_t^2, \quad h_t = h(t/T)$$

Исследованы статистические свойства построенной оценки.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПО ДЛЯ ЗАДАЧ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

П. В. ПАРЧЕВСКИЙ (студ. 3 к.), О. Б. ЦЕХАН (к физ-мат. н), ГрГУ им. Я. Купалы

Технологию разработки расписания следует воспринимать не только как трудоемкий технический процесс, объект механизации и автоматизации с использованием ЭВМ, но и как акцию оптимального управления. Таким образом, это – проблема разработки оптимальных расписаний занятий в вузах с очевидным экономическим эффектом. Поскольку интересы участников учебного процесса многообразны, задача составления расписания - многокритериальная.

Многокритериальность этой задачи и сложность объекта, для которого строится математическая модель, обуславливает необходимость серьезного математического исследования объекта для увеличения функциональных возможностей алгоритмов составления расписаний.

Была поставлена задача: создание такой математической модели расписания в вузе, которая позволяла бы эффективно (в заданные сроки и с заданной степенью оптимальности) решать задачу автоматического составления расписания и обладала бы гибкостью (незначительных изменений в случае изменений входной информации) для адаптации системы в рамках конкретной практической задачи.

Алгоритмы математической формализации модели и методы решения планируется реализовать в виде программных модулей.

Ядро системы и интерфейсная часть планируются написать на Delphi 7.0. База данных реализуется на СУБД MySQL, запросы к ней осуществляются на языке PL/SQL.

Обратим внимание на возрастающую разницу между минимальным и средним значением времени решения задачи по мере увеличения размерности задачи. Эта разница соответствует тому, насколько «удачно» (наиболее близко к оптимальному) было найдено начальное допустимое базисное решение задачи. Поэтому время решения задачи можно значительно уменьшить, «удачно» найдя начальное базисное допустимое решение. Для поиска такого решения лучше всего использовать эвристические и декомпозиционные алгоритмы.

Отметим, что эвристические и декомпозиционные алгоритмы нельзя использовать в «чистом» виде, поскольку в случае эвристического решения его (решения) оптимальность (или достижение глобального максимума) может быть доказана только полным перебором всех возможных вариантов (ясно, что в этом случае время работы алгоритма будет очень большим), поэтому итерации эвристических алгоритмов прекращаются по достижении некоего максимального (нельзя сказать, локального или глобального) значения. Решение такого алгоритма может быть близким к оптимальному, но не оптимальным.

К ПРОБЛЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕБЕРНЫХ ГРАФОВ ЛИНЕЙНЫХ 3-УНИФОРМНЫХ ГИПЕРГРАФОВ

А. Х. ПЕРЕЗ ЧЕРНОВ (асп.), БГУ

Задача распознавания графов пересечений ребер линейных 3-униформных гиперграфов (задача распознавания « $G \in L_3^I$ ») является NP -полной. Для графов, степени вершин которых ≥ 10 , известен полиномиальный алгоритм [1]. По теореме Бержа $G \in L_3^I$ в том и только том случае, когда существует *краусово покрытие* – а именно, такое покрытие графа максимальными кликами, что любые клики из покрытия пересекаются не более чем по одной вершине, и каждая вершина графа входит не более чем в 3 клики. Указанный распознавательный алгоритм последовательно расширяет некоторое начальное покрытие F , используя утверждения о так называемых «больших», «хороших» и «особых» кликах, которые должны входить в любое из краусовых покрытий, содержащих F . После добавления каждой клики в список F алгоритм удаляет из тестируемого графа G все вершины, ставшие изолированными, а также все ребра, покрытые кликами из F .

Пусть в покрытие F уже включены все максимальные клики порядка ≥ 8 , а также клики, образованные окружениями вершин, покрытых в точности двумя кликами из F . Верно следующее утверждение об однозначности процесса расширения локального краусового покрытия. Если A – клика порядка 7, не имеющая общих вершин ни с одной из клик F , а F_1 и F'_1 – два краусовых покрытия шара $B_1(A) = \{v \in VG : \min_x d(v, x) \leq 1, x \in A\}$, причем $A \in F_1$ и $A \notin F'_1$, тогда F'_1 определяется однозначно, с точностью до клик, являющихся подмножествами клики A .

Цель настоящей работы – сократить количество переборных процедур, используемых в [1] при поиске краусовых покрытий, содержащих F . Избежать утомительного поиска «хороших» и «особых» клик и, основываясь на утверждении об однозначности, предложить необходимые алгоритмы и структуры данных

Основным объектом исследования являются различные свойства клик графов $G \in L_3^I$, важные при решении соответствующей распознавательной задачи. Предложенный алгоритм использует метод эффективного расширения заданной клики до максимальной, некоторые переборные и хеширующие алгоритмы, а также технику, применяемую при построении краусового покрытия графа.

Полученные результаты можно использовать при создании практических алгоритмов решения задачи распознавания « $G \in L_3^I$ », а также при решении графовых задач, связанных с понятием клики.

1 Скумс П. В., Суздаль С. В., Тышкевич Р. И. О пороге полиномиальной разрешимости для задачи распознавания графов пересечений ребер линейных 3-униформных гиперграфов / Доклады НАН Беларуси, 2004, т. 48, №4, стр. 29-34.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ЦЕПИ МАРКОВА С ЧАСТИЧНЫМИ СВЯЗЯМИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДИСКРЕТНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

А. И. ПЕТЛИЦКИЙ (студ. 5 к.), БГУ

При математическом моделировании часто возникает необходимость построения адекватных вероятностно-статистических моделей дискретных временных рядов x_t принимающих значения из конечного множества $A = \{0, 1, \dots, N-1\}$ [1, 2, 3]. Известной моделью таких дискретных временных рядов является цепь Маркова порядка s . Однако для такой модели число параметров растет экспоненциально при увеличении порядка s и для статистического оценивания параметров требуется иметь реализацию не всегда доступной на практике длительности $n > N^s(N-1)$. В связи с этим, актуальна проблема построения «малопараметрических» моделей цепей Маркова высокого порядка.

В данной работе исследуется новая общая «малопараметрическая» модель цепи Маркова s -го порядка с r -частичными связями ЦМ(s, r) [4]. Для этой модели построены тесты проверки гипотез о значении параметров и проведен анализ вероятностных свойств этих параметров; для статистического оценивания параметров предложены три алгоритма, которые исследованы по быстродействию и вероятности ошибки.

В качестве примера ЦМ(s, r) можно привести бинарную авторегрессию s -го порядка с r ненулевыми коэффициентами, частным случаем которой является линейная рекуррентная последовательность над кольцом Z_2 , порожденная многочленом степени s с r ненулевыми коэффициентами.

Вычислительная сложность идентификации цепи Маркова s -го порядка (с полными связями) имеет порядок $O(N^{s+1})$ и экспоненциально зависит от порядка s , а разработанный алгоритм идентификации ЦМ(s, r) имеет порядок $O(N^{r+1}s^{r-1})$ и полиномиально зависит от s, N .

Разработанный алгоритм идентификации цепи Маркова с частичными связями может быть использован также для проверки адекватности генераторов псевдослучайных последовательностей.

1 Уотермен М. С. Математические методы для анализа последовательностей ДНК. М., 1999.

2 Харин Ю. С., Берник В. И., Матвеев Г. В., Агеевич С. В. Математические и компьютерные основы криптологии. – Мн.: Новое знание, 2003. – 382 с.

3 Зубков А. М. Датчики псевдослучайных чисел и их применения. // Сб.: Труды II Международной научной конференции «Математика безопасности информационных технологий». – М.: МГУ, 2003, с. 200-206.

4 Харин Ю. С. Цепи Маркова с r -частичными связями и их статистическое оценивание. «Доклады НАН Беларуси», т. 48, № 1, 2004, с. 40-44.

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ GARCH(1,1)

А. Д. ПИВЕНЬ (студ. 4 к.) (БГУ)

В основе финансовых моделей часто лежит гипотеза о том, что доходы по активам порождаются независимыми реализациями нормальной и логнормальной случайной величины. Однако, несмотря на это, гипотеза о гауссовости не является вполне удовлетворительной.

Будем рассматривать другие гипотезы о распределении доходов, а именно – устойчивые законы Парето (α -устойчивые законы).

Привлекательность класса устойчивых распределений определяется и тем, что именно ему принадлежат всевозможные предельные распределения сумм независимых, одинаково распределенных случайных величин, в том числе не имеющих моментов второго порядка.

В работе предпринята попытка разработать и реализовать программно методы моделирования случайных процессов обобщенной авторегрессионной условной гетероскедастичности порядка (1,1) – GARCH(1,1) следующего вида:

$$z_t = \varepsilon_t \sqrt{h_t}$$

$$h_t = \omega + \gamma_1 z_{t-1} + \delta_1 h_{t-1},$$

$t=1, T$, где $\{\varepsilon_t\}$ – последовательность независимых, симметричных возмущений, распределенных как по нормальному закону, так и имеющих устойчивое распределение.

Рассмотрены методы оценивания параметров модели GARCH(1, 1). Стандартным методом оценивания для моделей GARCH является метод максимального правдоподобия. Обычно на практике условно по предыстории Ω_{t-1} отдельное наблюдение GARCH – процесса распределено нормально: $\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$. Однако в данной работе исследован случай, когда возмущения имеют устойчивое распределение. Для устойчивой случайной величины была найдена плотность распределения, как преобразование Фурье характеристической функции. Использование метода максимального правдоподобия является весьма трудоемким и требует значительных затрат машинного времени, однако, ММП дает наиболее точные результаты оценки параметров.

О РАСПОЗНАВАНИИ МЕЛОДИИ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТОВ

О. В. ПИЛИПЁНОК (студ. 5 к.), БГУ

Разработан алгоритм распознавания монофонических мелодий, основанный на последовательном анализе спектров фрагментов аудиоданных, построенных с помощью континуального вейвлет-преобразования. Конечным результатом является аудио- файла в формате MIDI (или нотная партитура).

Входные данные:

$$S = \{s_i : |s_i| \leq 1, i = \overline{1, N}\} \quad N = [Fs * T]$$

$$g = \{g_i : |g_i| \leq 1, i = \overline{1, M}\} \quad M = [Fs * T']$$

где S – цифровая запись мелодии,

g – цифровая запись звука музыкального инструмента,

T и T' – продолжительность звучания мелодии и звука инструмента соответственно,

Fs – частота дискретизации аудиоданных.

Необходимо получить параметры звуковых фрагментов вида $X_k = \{n_k, v_k, t_k, l_k\}, k = \overline{1, K}$, где n_k – номер ноты в формате MIDI, v_k – громкость ноты, t_k – номер отсчета момента начала звучания ноты, l_k – длительность ноты, K – количество нот.

Так как музыкальный звук характеризуется своим частотно-временным спектром, то для его получения будем использовать вейвлетный аппарат, который, как известно, является эффективнее оконного преобразования Фурье относительно частотно-временных локализаций характерных особенностей сигнала. В алгоритме используется 8-я производная функции Гаусса.

В качестве спектра данных выступают вейвлет-коэффициенты, полученные с помощью функции `cwt()` пакета MathLab 7.

где $\{c_{t,k}\}, t = \overline{1, N}$ – спектр исходной мелодии, $\{d_{t,k}^n\}, t = \overline{1, M}$ – спектр звука n -й ноты, k – масштабный коэффициент вейвлета,

Строится статистика

$$r_{t,l}^n = \frac{\sum_{m=1}^l \sum_k c_{m+t,k} \cdot d_{m,k}^n}{\sum_{m=1}^l \sum_k d_{m,k}^n \cdot d_{m,k}^n}$$

Локальные максимумы по переменным t, l, n $r_{t,l}^n$ определяют параметры t_k, l_k, n_k соответственно. Значения $r_{t,l}^n$ определяют параметры v_k .

МНОГОЛИНЕЙНАЯ СИСТЕМА С ОТКАЗАМИ И РАНДОМИЗАЦИЕЙ ЧИСЛА ФАЗ ОБСЛУЖИВАНИЯ

И. М. ПОДОЛИЦКИЙ (студ. 4 к.), А. Н. ДУДИН (д. физ-мат. н.), БГУ

С развитием информационных технологий и коммуникаций проявляется повышенный интерес к исследованию систем массового обслуживания с целью выявления различного рода закономерностей построения моделей и их анализа.

Целью данной работы являлись теоретический и практический анализ системы массового обслуживания с отказами и рандомизацией по количеству фаз обслуживания.

Объектом исследований являлась система массового обслуживания с V обслуживающими приборами.

В систему поступает стационарный пуассоновский поток запросов интенсивности $\lambda, \lambda > 0$. Если в момент поступления запроса все приборы заняты, то запрос уходит из системы необслуженным. В противном случае, запрос занимает любой из свободных приборов и обслуживается в течение экспоненциально распределенного времени с параметром $\mu_1, \mu_1 > 0$. По истечении этого времени запрос с вероятностью $p, 0 < p < 1$, уходит из системы, с дополнительной вероятностью $1-p$ продолжает обслуживаться в течение экспоненциально распределенного времени с параметром $\mu_2, \mu_2 > 0$.

Рассмотрен экономический функционал качества функционирования системы. Он включает доход, получаемый от обслуживания одной заявки, штраф за потерю заявки на одной из фаз обслуживания, интенсивность потока успешно обслуженных запросов.

Для нахождения стационарного распределения вероятностей состояния данной системы использовался алгоритм, описанный в [1].

При реализации алгоритма на компьютере найдены стационарные распределения вероятностей состояния данной системы и установлена зависимость между величиной экономического функционала качества и количеством обслуживающих приборов. В качестве входных данных алгоритма служат параметры λ, μ_1, μ_2 и p , а также величины штрафов за потерю заявок на различных фазах обслуживания и доходы от обслуживания запросов.

Результаты могут использоваться для решения проблемы тарификации в мобильных сетях связи.

- 1 Klimenok V., Dudin A. Application of Censored Markov Chains for Calculating the Stationary Distribution of the Multi – Dimensional Left – Skip – Free Markov Chains // Queues: flows, systems, networks. Proceedings of the International Conference “Modern Mathematical Methods of Analysis and Optimization of Telecommunication Networks”, 23-25 September, 2003, Gomel, P. 121-128.

МНОГОЛИНЕЙНАЯ ПРИОРИТЕТНАЯ СИСТЕМА ОБСЛУЖИВАНИЯ С РАЗНОТИПНЫМИ ЗАПРОСАМИ

В. Э. ПОЛЕВИКОВ (студ. 4 к.), В. И. КЛИМЕНОК (д. физ-мат. н.), БГУ

Задачи массового обслуживания возникают при разработке, модернизации, оптимизации работы различных систем, включая вокзалы, аэропорты, различные телекоммуникационные и экономические системы.

Случайный характер потока заявок может привести к тому, что заявки будут теряться, либо обслуживающие приборы будут простаивать. При этом могут быть предусмотрены штрафы за потерю заявок. Целью теории СМО является исследование подобных систем с целью увеличения эффективности их работы.

Объектом исследований в данной работе является система ММАР/М/В/0, где ММАР – Marked Markovian Arrival Process, см. [1]. В системе с двумя приоритетами и двумя типами (речь, данные) заявок важной проблемой является определение оптимального числа N обслуживающих приборов, зарезервированных для приоритетных заявок. Предполагается, что за потерю требования предусмотрен штраф (для каждого типа и приоритета свой). Подобные модели в литературе ранее не исследовались. Для нахождения стационарного распределения и дальнейшего вычисления характеристик системы был использован алгоритм, полученный в [2]. Реализовав этот алгоритм, и подсчитав стационарное распределение вероятностей состояний системы при любом значении порога N мы получили возможность вычислять значения экономического функционала (E), оценивающего качество работы системы, исследовать зависимость $E(N)$, и минимизировать начисляемые штрафы. В работе также приведены численные примеры и графики зависимости $E(N)$.

Полученные результаты могут быть использованы на практике при проектировании различными телекоммуникационных систем, в частности мобильных сотовых сетей связи.

- 1 He Q.-M. 1996 Queues with marked customers // Advances in Applied Probability. v28 p. 567-587.
- 2 Klimenok V., Dudin A. Application of Censored Markov Chains for Calculating the Stationary Distribution of the Multi – Dimensional Left – Skip – Free Markov Chains // Queues: flows, systems, networks. Proceedings of the International Conference “Modern Mathematical Methods of Analysis and Optimization of Telecommunication Networks”, 23-25 September, 2003, Gomel, P. 121-128.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ДВИЖУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЯХ РАЗДЕЛА СРЕД

Ю. В. ПУЛКО (асп. 1 з.), БГУ

В данной работе рассматривается моделирование граничных условий для нестационарных электромагнитных полей в движущихся средах. Такие задачи возникают в физике плазмы, электронике, космической электродинамике и т. д.

Для неподвижных сред вид граничных условий для нормальных и тангенциальных составляющих электромагнитного поля хорошо известен. В случае движущихся сред возникают релятивистские эффекты, которые необходимо учитывать при получении граничных условий. Целью данной работы является вывод граничных условий для нестационарных электромагнитных полей с учетом вида материальных уравнений для движущихся сред.

Рассмотрим евклидово пространство R^3 , заполненное однородной материальной средой. Поместим в пространство некоторое тело произвольной формы. Будем полагать, что оно также состоит из однородного материала. Допустим, что среда и тело неподвижны друг относительно друга, но движутся относительно наблюдателя вдоль некоторого постоянного вектора скорости, модуль которого не превосходит скорости света. В системе координат, связанной со средой, для электромагнитных полей выполняются уравнения Максвелла и классические граничные условия для нормальных составляющих на границе раздела сред. В системе координат, связанной с наблюдателем, наблюдаемые электромагнитные поля будут отличаться в силу теории относительности Эйнштейна от полей в системе отсчета, фиксированной относительно среды, и связаны между собой преобразованием Лоренца. Используя инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразования Лоренца, можно получить вид материальных уравнений в движущихся средах и связь между полями в инерциальных системах координат. Отсюда, используя известный вид граничных условий в системе координат, связанной со средой, получаем граничные условия для нестационарного электромагнитного поля на движущейся поверхности раздела двух проводящих сред. Известные в литературе граничные условия используют те или иные приближения, упрощающие граничные условия.

В представленной работе получены граничные условия сопряжения для нормальных и тангенциальных составляющих нестационарных электромагнитных полей на движущейся поверхности раздела сред.

О СИНГУЛЯРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗАДАЧЕ О ТОЧЕЧНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ДВУМЯ ЧАСТИЦАМИ

Т. А. РОМАНЧУК (асп. 2 з.), БГУ

Выражения с δ -образными коэффициентами вида $Lu = \Delta u + a \delta_z u$, где Δ – оператор Лапласа, δ_z – обобщенная функция Дирака, сосредоточенная в т. z , a – константа связи, используются для описания точечного взаимодействия между частицами. Один из подходов к исследованию такого выражения основан на том, что на гладких функциях оператор умножения на δ -функцию является оператором ранга 1, что позволяет исследовать аппроксимирующее семейство операторов и в явном виде найти соответствующее самосопряженное расширение минимального оператора, в зависимости от параметров способа приближения. Объектом исследований является выражение $Lu = -\Delta u + a_1 \delta_{z_1} u + a_2 \delta_{z_2} u$, а также семейство операторов, его аппроксимирующее, которое можно рассматривать как одно из самосопряженных расширений. Цель работы состоит в исследовании и построении самосопряженного расширения минимального оператора, соответствующего заданному способу аппроксимации. В работе получен явный вид самосопряженных расширений A_α , где $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2)$ оператора $-\Delta_{z_1 z_2}$; где вид оператора A_α зависит от числовых параметров, характеризующих способ аппроксимации исходного выражения семейством операторов. Полученные результаты применяются для изучения и описания точечного взаимодействия между двумя частицами.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОМЕНТОВ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ ОЦЕНОК КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕЙВЛЕТ РАЗЛОЖЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ

Н. В. СЕМЕНЧУК (асп.), Н. Н. ТРУШ (д. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я.Купалы

В последнее время одной из актуальных задач в анализе временных рядов является разработка новых методов построения состоятельных оценок спектральных плотностей с помощью вейвлетов [1]. Пусть $X(t)$ – стационарный случайный процесс, с $MX(t) = 0, t \in \mathbb{Z}$ и спектральной плотностью $f(\lambda)$, $\lambda \in \Pi = [-\pi; \pi]$. Рассмотрим задачу оценки спектральной плотности по T последовательным, через равные промежутки времени наблюдениям $X(0), X(1), \dots, X(T-1)$ за стационарным случайным процессом $X(t)$. Представим спектральную плотность $f(\lambda) \in L_2(\Pi)$, в виде ряда:

$$f(\lambda) = \sum_{k=1}^{2^j} \alpha_{j_0, k} \tilde{\varphi}_{j_0, k}(\lambda) + \sum_{j \geq j_0} \sum_{k=1}^{2^j} \beta_{j, k} \tilde{\psi}_{j, k}(\lambda), \quad (1)$$

$$\alpha_{j_0, k} = \int_1 \tilde{\varphi}_{j_0, k}(\lambda) f(\lambda) d\lambda, \quad \beta_{j, k} = \int_1 \tilde{\psi}_{j, k}(\lambda) f(\lambda) d\lambda;$$

$\tilde{\varphi}_{j_0,k}(\lambda)$, $\tilde{\psi}_{j,k}(\lambda)$ – периодические масштабирующая функция и вейвлет [2], $j_0, j \in \mathbf{N}_0$, $k = \overline{1, 2^j}$, $\lambda \in \Pi$.

Далее в качестве оценки вейвлет коэффициентов $\alpha_{j_0,k}$ и $\beta_{j,k}$ рассмотрим статистику:

$$\hat{\alpha}_{j_0,k} = \int_{-\pi}^{\pi} I_T(\alpha) \tilde{\varphi}_{j_0,k}(\alpha) d\alpha, \quad \hat{\beta}_{j,k} = \int_{-\pi}^{\pi} I_T(\alpha) \tilde{\psi}_{j,k}(\alpha) d\alpha, \quad (2)$$

$j_0 \in \mathbf{N}_0$, $k = \overline{1, 2^{j_0}}$, $j \in \mathbf{N}_0$, $k = \overline{1, 2^j}$, $I_T(\alpha)$ – расширенная периодограмма [3].

Данная работа посвящена исследованию моментов высших порядков оценок коэффициентов, задаваемых формулами (2). Результаты получены при условии следующих ограничений: семинвариантные спектральные плотности непрерывны в точке и ограничены на области определения.

- 1 Neumann M.H. // J. Time Ser. Anal. 17 (1996), № 6, P. 601-633.
- 2 Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2001. – 464с.
- 3 Бриллинджер Д. Временные ряды. Обработка данных и теория. – М.: Мир, 1980. – 560с.

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ И ПРИБЛИЖЕНИЕ p-АДИЧЕСКИМИ СПЛАЙНАМИ НЕПРЕРЫВНОЙ ФУНКЦИИ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ИЗ Z_p В Q_p

А. Н. СЕНДЕР (асп. 2 с.), А. Я. РАДЫНО (к. физ.-мат. н.), БГУ

Пусть p произвольное простое число.

p-Адиическим числом называется формальный степенной ряд $x = \sum_{k=N}^{\infty} a_k p^k$, где a_k – цифры

($a_k \in \{0, 1, \dots, p-1\}$) и $a_N \neq 0$, N некоторое целое число. Множество таких чисел обозначим через Q_p .

На Q_p норма задается по следующему правилу: $|x|_p = p^{-N}$ и $|0|_p = 0$. Пусть $Z_p = \{x \in Q_p : |x|_p \leq 1\}$.

Для непрерывной функции $f: Z_p \rightarrow Q_p$ определим p-адический сплайн формулой:

$$L_n(x) = \sum_{k=0}^{p^n-1} \lambda_k \frac{1 - \delta_{xk}}{|x - k|_p^a}, \quad \text{где } a \in \{3, 4, \dots\}, \quad \delta_{xk} \text{ – символ Кронекера, а } \lambda_k \text{ определяются из равенства:}$$

$$L_n(i) = f(i), \quad i = 0, 1, \dots, p^n - 1. \quad (1)$$

Теорема 1. Интерполяционная задача (1) имеет единственное решение.

Теорема 2. Пусть $f: Z_p \rightarrow Q_p$ непрерывная функция. Тогда для произвольного $\varepsilon > 0$ найдется номер N_ε

такой, что для всех $n > N_\varepsilon$ $\forall x \in Z_p$, $|L_n(x) - f(x)|_p < \varepsilon$.

- 1 Радина А.Я. Інтерполяцыя і набліжэнне p-адзічнымі лінейнымі сплайнамі функцыі класа $C(Z_p; \mathbf{R})$ / Весці НАН Беларусі. 2004. №2. с. 21–24.
- 2 Khrennikov A., Radyna A. p-Adic interpolation and approximation of a continuous function by linear combinations of shifts of p-adic valuations / Journal of Approximation Theory. 2003. № 120. p. 124–135.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ОПЕРАТОРОВ К РЕШЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

В. В. СКРУНДЬ (студ. 5 к.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ.-мат. н.), ГрГУ им. Я.Купалы

Проблематика. Метод нелинейных эволюционных операторов получил в настоящее время широкое применение в теории нелинейных систем и ее многочисленных приложениях. В данной работе исследуется метод решения некоторых дифференциальных уравнений второго порядка с помощью этого метода. С помощью импульсных характеристик, правая часть дифференциального уравнения представляется в виде операторного ряда. Показано, как применять квазиобращение к полученному операторному ряду, который не может быть суммирован точно.

Цель работы. Применение нелинейных эволюционных операторов для построения глобальных решений некоторых дифференциальных уравнений второго порядка.

Объект исследования. Исследование дифференциального уравнения второго порядка математического маятника вида:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega^2 \sin \varphi = 0, \quad \varphi = \varphi_0, \quad \dot{\varphi} = 0.$$

Использование методики. Применение теории нелинейных операторов, теории обобщенных функций, обобщенного преобразования Фурье-Лапласа.

Научная новизна, в чём особенность проведённых исследований. Данным методом можно получить глобальное приближенное решение дифференциального уравнения второго порядка, которое не решается обычными способами. Особенность проведённых исследований состоит в том, что при решении дифференциального уравнения применяются методы квазиобращения операторных рядов и далее, для вычисления приближенных решений применяются передаточные характеристики, являющиеся преобразованиями Фурье Лапласа импульсных характеристик.

Полученные результаты и выводы. В данной работе приведено решение уравнения математического маятника, методом, рассматриваемым в работе, и было проведено сравнение полученного решения с решением этого уравнения в случае, когда $\sin \varphi \approx \varphi$.

КОНЕЧНАЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ РЕБЕРНЫХ ГРАФОВ ЛИНЕЙНЫХ 3-УНИФОРМНЫХ ГИПЕРГРАФОВ С БОЛЬШИМИ СТЕПЕНЯМИ ВЕРШИН

П. В. СКУМС (асп.), БГУ

Реберный граф $L(H)$ гиперграфа H определяется следующими условиями: вершины $L(H)$ биективно соответствуют ребрам H и две вершины смежны в $L(H)$ тогда и только тогда, когда соответствующие ребра пересекаются.

Гиперграф называется k -униформным, если каждое его ребро содержит в точности k вершин. В линейном гиперграфе никакие два ребра не имеют более одной общей вершины. Классы реберных графов k -униформных гиперграфов и линейных k -униформных гиперграфов обозначаются через L_k и L_k^l соответственно.

Классы L_2 и L_2^l реберных графов мультиграфов и реберных графов простых графов изучены хорошо. В частности, известны характеристики этих классов конечными списками запрещенных порожденных подграфов [1,2] (конечные характеристики). Ситуация качественно меняется, если от $k = 2$ перейти к $k=3$. В 1977 году Л. Ловас показал, что для класса L_3 конечная характеристика невозможна [3]. Позднее было доказано, что задача распознавания « $G \in L_k^l$ » для любого фиксированного $k \geq 3$ является NP-полной [4].

Однако случай $k=3$ является особым. А именно, существует такое минимальное число $\delta_{FIS} > 0$, что L_3^l обладает конечной характеристикой в классе графов G с минимальной степенью вершин $\delta(G) \geq \delta_{FIS}$, в то время как для любого $k \geq 4$ и любого $\delta > 0$ конечной характеристики класса L_k^l для графов G с $\delta(G) \geq \delta$ не существует.

Первой оценкой для параметра δ_{FIS} было $\delta_{FIS} \leq 74$ [5]. Затем было $\delta_{FIS} \leq 69$ [6], $\delta_{FIS} \leq 19$ [7]. В настоящей работе получена оценка $\delta_{FIS} \leq 16$. Данный результат получен с помощью метода локальных фрагментов, разработанного автором вместе с коллегами.

- 1 Bermond J. C., Meyer J. C. Graphs representatifs des aretes d'un multigraphe // J. Math. Pures et Appl. 1973. Vol. 52. P. 299-308.
- 2 Beineke L. W. Derived graphs and digraphs // Beitrage zur Graphentheorie. Leipzig. 1968. P. 17-33.
- 3 Lovasz L. Problem 9 // Beitrage zur Graphentheorie und deren Anwendungen: Vorgetragen auf dem international kolloquium. Oberhof. 1977. P. 313.
- 4 Hlineny P., Kratochvil J. Computational complexity of the Krausz dimension of graphs // Lecture notes in Computer Science. 1997. No 1335. P. 214---228.
- 5 Naik R. N., Rao S. B., Shrikhande S. S., Singhi N. M. Intersection graphs of k-uniform linear hypergraphs // Ann. Discrete Math. 1980. Vol. 6. P. 275-279.
- 6 Naik R. N., Rao S. B., Shrikhande S. S., Singhi N. M. Intersection graphs of k-uniform linear hypergraphs // Europ. J. Combin. 1982. Vol. 3. P. 159-172.
- 7 Metelsky Yu., Tyshkevich R. On line graphs of linear 3-uniform hypergraphs // J. Graph Theory. 1997. Vol. 25. P. 243-251.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В 3-Х МЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ С ПОМОЩЬЮ API OPENGL

В. И. СЛЕПЕЦ (студ. 5 к.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я.Купалы

Целью дипломной работы является написание программы, способной моделировать криволинейные поверхности, заданные параметрически, обладающей возможностью рассмотреть их под любым углом посредством вращения последней с помощью манипулятора типа «мышь». В качестве программы-визуализатора используется графическая библиотека OpenGL.

Объектом исследования является графическая библиотека OpenGL и выявление её достоинств.

Библиотека OpenGL представляет из себя интерфейс программирования трехмерной графики. Единицей информации является вершина, из них состоят более сложные объекты. При выборе базы для построения приложений графики несомненными достоинствами OpenGL являются его простота и стандартность

Для описания формы поверхности анализировались разнообразные методы: аналитическая модель, векторная полигональная модель, воксельная модель, равномерная сетка. Аналитической моделью будем называть описание поверхности математическими формулами. Параметрическая форма описания поверхности для трехмерной декартовой системы координат (x, y, z) :

$$x=F_x(s,t), y=F_y(s,t), z=F_z(s,t),$$

где s и t – параметры, которые изменяются в определенном диапазоне, а функции $x=F_x(s,t)$, $y=F_y(s,t)$, $z=F_z(s,t)$ будут определять форму поверхности.

Преимуществами программы является, прежде всего, наглядность и интерактивность. Пользователь может экспериментировать с комбинациями различных функций и мгновенно наблюдать результат на экране, а в случае с поверхностью еще и повернуть ее в необходимом ракурсе.

НАХОЖДЕНИЕ КРАТЧАЙШЕГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ГОРОДАМИ ДЛЯ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

Ю. Ф. СУХОЦКИЙ (студ. 5 к.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ-мат. н), ГрГУ им. Янки Купалы

Поставлена задача реализовать программу, позволяющую находить кратчайшие автомобильные маршруты между двумя любыми городами Европы, связанными между собой автомобильными дорогами, переправами или паромными. В основе работы лежит метод нахождения кратчайшего пути между двумя точками на плоскости. Сложность поставленной задачи увеличивается за счет использования дополнительных ограничений на качество дороги, возможные скоростные ограничения, тип дороги и наличие препятствий на ней.

Цель работы: построить модель, позволяющую выполнять поиск кратчайшего расстояния с учетом все условий. А также обеспечивающая простой и доступный интерфейс для пользователя. В основе программы лежит алгоритм Дейкстры, который является наиболее гибким по отношению к нашей задаче и позволяет реализовать все требования.

Научная новизна данной задачи в том, что бы объединить уже существующие методы нахождения кратчайшего расстояния между двумя точками применить их к решению нашей исходной задачи с дополнительными условиями, которые реализовать в этих же алгоритмах и таким образом построить новый тип алгоритма с заданными параметрами.

Результаты полученные в итоге дают право говорить об эффективности полученных алгоритмов и их актуальном применении. На практике выяснилось, что существует много программ, которые способны к поиску кратчайшего расстояния, но не имеющих возможности использовать ограничения на тип, качество дороги, скоростной режим, неожиданные препятствия. Данная реализация программы даёт пользователю все эти возможности. В перспективе задача может легко трансформироваться для других целей и задач, сводимых к нахождению оптимальной характеристики при присутствии прямых или косвенных ограничений.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВ

Р. Г. СЫРОЕЖКО (студ. 3 к.), Ю. М. ВУВУНИКЯН (к. физ-мат. н), ГрГУ им. Я. Купалы

Пусть имеется некоторое количество текстов, каждый из которых принадлежит одному из K заранее известных классов. Требуется создать алгоритм, который, будучи обученным на текстах-примерах, получая на входе новый неизвестный текст, выдавал бы на выходе вектор $(p_1, \dots, p_K)$ где p_i – вероятность того, что данный текст принадлежит классу i .

Для того, чтобы получить возможность использовать математический аппарат, необходимо разработать модель, которая позволила бы описывать тексты в терминах некоторых количественных характеристик. Суть одной из таких моделей состоит в том, что текст сообщения представляется в виде вектора в многомерном пространстве.

Пусть имеется $(d_1, \dots, d_N)$ – словарь дескрипторов, где d_i – слово-дескриптор j , (в данном случае под дескриптором понимается ключевое слово, приведенное к канонической форме). Этот словарь задает базис n -мерного пространства, где n равно мощности словаря N .

Исходный текст сообщения подвергается процедуре морфологического анализа с целью приведения всех слов, встречающихся в тексте, к канонической форме. Текст рассматривается как неупорядоченное множество лексических единиц T . В данной задаче используется аппарат нейронных сетей, которые являются классификаторами по своей природе.

Таким образом, полностью процесс классификации текстов можно представить в виде схемы, показанной на рисунке, где p_i – вероятность того, что данный текст принадлежит классу i .



БАЗИСНЫЕ ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В КИРАЛЬНЫХ СРЕДАХ

ДЖ. ТАВАККОЛИ (асп. 1 г.), БГУ

Рассматриваются проблемы математического моделирования в электродинамике – одном из основных разделов математической физики. В настоящее время актуальным при создании радиотехнических устройств является использование различных композиционных материалов, что позволяет улучшить прочность конструкций и их электромагнитные свойства. К разряду композиционных материалов относятся киральные и бианизотропные материалы, моделированию электромагнитных полей в которых посвящена настоящая работа. В работе ставится задача о получении специальных решений уравнений Максвелла, моделирующих электромагнитные процессы в таких материалах. На основании решения соответствующего дисперсионного уравнения получены плоские базисные решения электромагнитного поля в обобщенных киральных средах. Базисные поля являются эффективным инструментом для аналитического решения задач дифракции электромагнитных волн на плоскостных структурах и экранах из киральных материалов.

МНОГОСЕТОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ НЕВЯЗОК

Б. В. ФАЛЕЙЧИК (асп. 3 г.)

Одним из наиболее значимых достижений в вычислительной математике за последние несколько десятилетий по праву считается многосеточный (multigrid) метод. К настоящему времени множество его разновидностей с успехом применяется при решении интегральных уравнений и дифференциальных задач, дискретизация которых приводит к системам алгебраических уравнений большой размерности. Многосеточный метод позволяет решать такие системы за $O(N)$ арифметических операций, где N – количество неизвестных [1]. Главной чертой этого метода является использование последовательности сгущающихся вложенных сеток, на которых аппроксимируется решение. Кроме этого, большинство многосеточных алгоритмов эффективно реализует идею замены исходной дифференциальной задачи на эквивалентную ей задачу нахождения погрешности по известной невязке, вычисленной на каком-то начальном приближении.

Принцип дифференциальных невязок разрабатывается как способ интегрирования начальных задач для систем ОДУ, позволяющий достигать заданной точности численного решения без уменьшения шага дискретизации. В отличие от традиционных пошаговых методов, точность повышается за счет последовательного добавления главной части погрешности (дифференциальной невязки) к уже имеющемуся приближению [2]. Естественно, что для достижения поставленной цели нужно при необходимости измельчать сетку на данном фиксированном шаге, и эффективность метода во многом определяется принципом, по которому это будет осуществляться. Простейший вариант использования фиксированной сетки на протяжении всего процесса уточнений уже был исследован на практике (см. [2, Табл. 1–3]). Результаты этих вычислительных экспериментов отчетливо указывают на то, что эффективность алгоритма может быть существенно повышена за счет применения многосеточного подхода. Поэтому следующий этап исследования – это реализация метода дифференциальных невязок с помощью так называемого каскадного алгоритма, являющегося одной из разновидностей многосеточного метода [1, С. 25]. Описанию этого численного метода, а также обсуждению результатов его машинной реализации и посвящен этот доклад.

- 1 Н.С. Бахвалов, Г.М. Кобельков и др. Численные методы решения задач математической физики / Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования : в 2 т. – М. : Наука, 2005. Т. 1. : Вычислительная математика. С. 18–25.
- 2 Бобков В.В., Фалейчик Б.В. Решение начальных задач на основе принципа дифференциальных невязок / Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 1, 2005. №3, С. 60–64.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ И МЕТОДА ПРОГОНКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОРОДНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

А. В. ФЕДОРСКАЯ (студ. 5 к.), А. Г. ДЕЙЦЕВА, ГрГУ им. Я. Купалы

Кратномасштабный анализ и вейвлеты привносят новые возможности во многих исследованиях. В данной работе решение однородного уравнения теплопроводности $\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ с периодическими граничными условиями и начальным условием $u(x, 0) = \varphi(x)$ осуществляется двумя методами: используя метод прогонки и вейвлет-разностную схему.

Вейвлет-разностная схема строится следующим образом. Вводится сетка $t_j = \tau \cdot j$, $j = 0, 1, \dots, N-1$, $x_i = hi$, $i = 0, 1, \dots, 2^J - 1$. Производная функции $u(x, t)$ по переменной t аппроксимируется как и методе прогонки

$$\frac{\partial u^j}{\partial t} \approx \frac{u^{j+1} - u^j}{\tau},$$

а производная функции по переменной x аппроксимируется с помощью матрицы дифференцирования D второго порядка [1] по формуле

$$\frac{\partial^2 u^j}{\partial x^2} \approx D^{(2)} u^{j+1},$$

где $u^j = [u(x_0, t_j), u(x_1, t_j), \dots, u(x_{2^j-1}, t_j)]$.

В результате получаем вейвлет-разностную неявную схему: $Au^{j+1} = u^j$.

Предложенные методы были реализованы с помощью пакета Wavelet Toolbox системы Matlab на примере решения уравнения теплопроводности с рядом конкретных начальных функций.

1 Beylkin G. On the representation of operators in bases of compactly supported wavelets // SIAM J. Numer. Anal. – 1992. – vol.6. – №6. – P.1716-1740.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЦИОНАРНЫХ РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НЬЮТОНОВОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ ЗАДАЧИ ДВЕНАДЦАТИ ТЕЛ

С. А. ФЕТИСОВА (асп.), Е. А. ГРЕБЕНИКОВ (д. физ.-мат. н.), БрГУ им. А.С. Пушкина

Исследование эволюции гамильтоновых систем дифференциальных уравнений, которые описывают многие структуры макро- и микромира (планетарные космические системы, звездные скопления, атомная физика, физика многих энергий и др.) является одной из фундаментальных проблем естествознания. Указанные физические структуры описываются гамильтоновыми системами дифференциальных уравнений, поэтому их математические исследования всегда актуальны.

Целью работы было исследование устойчивости стационарных решений дифференциальных уравнений ньютоновой ограниченной задачи двенадцати тел. Объектом исследований являются гамильтоновы системы дифференциальных уравнений, заданные в фазовых пространствах типа многомерного тора [1].

Для исследования проблемы устойчивости (в смысле Ляпунова) положений равновесия ньютоновой ограниченной задачи двенадцати тел были рассмотрены нелинейные дифференциальные уравнения ограниченной задачи двенадцати тел, анализируя и решая которые были определены стационарные или равновесные решения задачи. Были найдены биссекториальные и радиальные положения равновесия для различных масс тел рассматриваемой задачи.

Биссекториальные и радиальные положения равновесия исследовались на основе первого метода А.М.Ляпунова на устойчивость. В результате исследования устойчивости положений равновесия были получены следующие результаты.

Радиальные положения равновесия дифференциальных уравнений ограниченной задачи двенадцати тел являются неустойчивыми по Ляпунову для любых значений массы m .

Биссекториальные положения равновесия дифференциальных уравнений ограниченной задачи двенадцати тел устойчивы в первом приближении для любого значения параметра m из интервала $0 < m < m_{\max} = 0.00058999$.

При проведении исследований использовались как классические методы, так и система компьютерной алгебры *Mathematica*.

1 Гребеников Е. А., Козак-Скородкина Д., Якубяк М. Методы компьютерной алгебры в проблеме многих тел. / – М.: Изд-во Российского ун-та дружбы народов, 2002. – 209 с.

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ю. В. ФОМИЧ (студ. 3 к.) БГУ

Временной ряд представляет собой значения системных параметров в последовательные моменты времени. Прогнозирование временного ряда – вычисление величины его будущих значений либо характеристик, позволяющих определить эту величину, на основании анализа известных значений. При этом предполагается, что значение прогнозируемой величины зависит от каких-либо факторов. Один из подходов к задаче прогнозирования основан на предположении зависимости этой величины от предыдущих значений временного ряда. Теоретическим обоснованием такого подхода является теорема Такенса [1].

Решение задачи прогнозирования временного ряда (далее ВР) включает несколько этапов:

1. Этап предварительных преобразований. Значения ВР порождаются сложными динамическими системами, с множеством степеней свободы. Кроме того, в самом ВР может присутствовать случайная составляющая. Поэтому на данном этапе выполняются предварительные преобразования исходных данных, позволяющие уменьшить ошибку прогнозирования. Далее из множества полученных наборов выделяются два непересекающихся подмножества. Одно из них представляет собой обучающую выборку (ОВ), на которой будет выполняться обучение нейронной сети. Другое подмножество представляет собой контрольную выборку (КВ), которая не используется для обучения, а используется только для проверки качества прогноза. Таким образом, задача прогнозирования временного ряда сводится к задаче интерполяции функции многих переменных. Нейронная сеть используется для восстановления функции по множеству наборов, входящих в состав ОВ.

2. Этап структурного синтеза НС. На данном этапе производится выбор архитектуры нейрона и структуры связей между нейронами. Для этой задачи лучше всего подходят однослойные и многослойные персептроны, а также сети радиально-базисные сети.

3. Параметрический синтез НС. Выполняется обучение. Как правило, используются методы градиентного спуска, в частности алгоритм обратного распространения ошибки. Следует отметить, что это этап наиболее требователен к вычислительным ресурсам и занимает 50–90 % времени решения задачи.

4. Проверка ошибки прогноза на КВ. Если значение ошибки находится в допустимых пределах, то задача считается решенной, и обученная НС используется для получения прогноза. В противном случае в зависимости от предполагаемой причины ошибки производится возврат к этапам 1, 2 и 3.

Существует множество спорных вопросов при проектировании сетей прямого распространения – например, сколько слоев необходимы для данной задачи, сколько следует выбрать элементов в каждом слое, как сеть будет реагировать на данные, не включенные в ОВ (какова способность сети к обобщению), и какой размер ОВ необходим для достижения «хорошей» способности сети к обобщению. Значения ряда параметров НС должны быть определены экспериментально в зависимости от используемых данных. Существующие теоретические результаты дают лишь слабые ориентиры для выбора этих параметров, поэтому в работе проводилось сравнение результатов прогнозирования различных ВР с использованием однослойных и многослойных НС.

1 Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе/ М.: МИФИ, 1998.

ПРОБЛЕМА РАЗЛИЧЕНИЯ ЦЕНТРА И ФОКУСА В СЛУЧАЕ СЛОЖНОЙ ОСОБОЙ ТОЧКИ

Д. Н. ЧЕРГИНЕЦ (асп.), БГУ

Одной из важных задач качественной теории дифференциальных уравнений является вопрос о расположении траекторий вещественной автономной системы дифференциальных уравнений в окрестности изолированной точки покоя.

Метод М. Фромера расщепления сложной особой точки [1] позволяет выяснить топологический тип расположения траекторий системы в малой окрестности особой точки с точностью до различия центра и фокуса. Наиболее сложной при нахождении топологического типа расположения траекторий системы в окрестности сложной особой точки является задача различения центра и фокуса. Особую точку типа центр или фокус будем называть монодромной. А. П. Садовским получен метод [2] нахождения асимптотического разложения функции последования, при помощи которого находятся необходимые условия центра монодромной особой точки. Он довольно сложен, требует уточнений и алгоритмизации. Относительно данного метода все системы с монодромной особой точкой делятся на три класса, в каждом из классов решение проводится по-своему. Целью данной работы является уточнение и усовершенствование метода для систем из второго класса.

В работе [3] для системы из второго класса найдено всего одно необходимое условие центра. В данной работе рассматривается аналитическая система дифференциальных уравнений

$$\frac{dx}{dt} = -x^2 y - y^4 \sum_{k=1}^{\infty} a_k y^k - xy^3 \sum_{k=1}^{\infty} b_k y^k, \quad \frac{dy}{dt} = Cx^3 - \frac{xy^2}{2} + x^2 y \left(B + \sum_{k=1}^{\infty} c_k y^k \right). \quad (1)$$

Необходимыми и достаточными условиями монодромности особой точки $(0, 0)$ являются $a_1 > 0$, $4C - B^2 > 0$. Для системы (1) упрощен метод отыскания условий центра. В системе компьютерной алгебры Mathematica написан алгоритм, который вычисляет асимптотическое разложение функции последования с заданной точностью. Найдено следующее асимптотическое представление функции последования:

$$r(2\pi) = k_1 c + k_2 c^2 + k_3 c^3 + k_4 c^4 + k_5 c^5 + O(c^6).$$

Теорема. Для того чтобы особая точка $O(0, 0)$ системы (1) являлась центром, необходимо выполнение условий $B = 0$, $c_2 = 0$, $96b_2 C + (16 + 9\pi^2)b_1 c_1 = 0$, $c_4 = 0$.

Теорема показывает, что используемый метод является эффективным при отыскании необходимых условий центра.

1 Андреев А. Ф. Особые точки дифференциальных уравнений. / – Мн.: Выш. школа, 1979.

2 Садовский А. П. // Дифференциальные уравнения. / 1989. Т. 25, №5. С. 790-799.

3 Ахраменко В. К. // Вестник БГУ. / 2003. №1. С. 84-87.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАНИЯ УГРОЗ КИБЕРТЕРРОРИЗМА

Н. В. ЧЕСАЛИН (магистр.), А. Н. КУРБАЦКИЙ (проф., д. тех.н.), БГУ

Актуальность проблематики обусловлена, прежде всего, тем, что в современном мире информация стала стратегическим национальным ресурсом. Сегодня экономический, оборонный и политический потенциал страны в значительной мере определяется уровнем развития ее информационной инфраструктуры, но при этом пропорционально возрастает и уязвимость национальных информационных ресурсов по отношению к негативным воздействиям. В частности, это актуально при разработке и развитии информационно-технологических систем организационного управления, электронного правительства.

Кибертерроризм — одно из направлений терроризма, которое в качестве объектов деструктивного воздействия для достижения своих целей использует информационно-вычислительные комплексы и сетевые сегменты, поддерживающие системы, критически важные с точки зрения национальной безопасности.

Глобальная цель традиционной системы информационной безопасности – создание комплекса мер:

- превентивных (на всех уровнях);
- обеспечивающих динамический мониторинг безопасности объектов национальной безопасности.

Хотя традиционная информационная безопасность являются основой для обеспечения антитеррористической информационной безопасности, следует отметить, что деятельность по предупреждению и пресечению терроризма на сетевой среде имеет свою специфику. Характеризующие ее факторы важны для формирования рациональной программы действий на различных этапах построения систем защиты — от формирования политик безопасности до эксплуатации и поэтапной модернизации системы.

Возможности динамического мониторинга зависят от математического и алгоритмического обеспечения, технологических и технических средств.

На сегодняшний день общество не обладает комплексом средств для решения главной задачи информационной безопасности в необходимом объеме.

Кибертерроризм можно изучать, исследуя подходы и средства противодействия ему.

Необходимо создать:

- теоретическую (хорошо структурированную) базу этой предметной области: объекты, субъекты, среда окружения, средства взаимодействия и т.п.;
- рекомендации по созданию национальных и межнациональных структур, соответствующих угрозе;
- адекватные инструментальные средства защиты.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С ТРЕЩИНАМИ

Н. Г. ЧУМАК (студ. 5 к.), БГУ

В данной работе рассматривается проблема разрушения твердых тел с дефектами типа трещин. Цель работы заключается в выявлении наиболее вероятных мест появления дефектов и исследовании напряженного состояния плиты в зависимости от различного местоположения трещины. Также необходимо спрогнозировать дальнейшее поведение трещины и исследовать возможное разрушение.

Объектом исследования является толстая прямоугольная плита, нагруженная поперечной распределенной нагрузкой. В ходе исследований были взяты за основу критерии теории упругости и линейной механики разрушения. Численный расчет был произведен с использованием пакета Mathematika.

Научная новизна исследований заключается в интеграции и сведении обобщенных методов для решения конкретной прикладной задачи.

В представленной работе был произведен расчет напряжений для толстой плиты с трещиной, были найдены возможные местоположения дефекта. В работе исследовались распределение напряжений вблизи трещины и процесс ее срастания и развития. Были найдены критические параметры, при которых начиналось или продолжалось разрушение, и исследованы различные виды разрушения: мгновенный обвал и разрушение, посредством роста трещины. Также было получено численное решение уравнений теории упругости с граничными условиями.

Данная работа представляет практический интерес, например, в строительстве при проектировании и расчете конструкций, при оценке их надежности. Также, опираясь на выводы работы, можно контролировать процесс разрушения. Результаты исследований можно обобщить на более сложные случаи.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н. Н. ШИНКЕВИЧ (асп. 3 г.), БГУ

Проблематика. При моделировании экономического роста важное место отводится производственным функциям (ПФ). Особенно актуальным является исследование возможности построения ПФ для переходных экономик, характеризующихся нестабильностью макроэкономических процессов, короткими временными рядами данных, частым несоответствием взаимосвязей между макропоказателями положения экономической теории, что требует проведения качественного экономического анализа. В данной ситуации представляет интерес исследование возможности построения ПФ не только для экономики страны, но и для отдельных отраслей, например, сельского хозяйства.

Цель работы. Проведение экономического и эконометрического анализа временных рядов показателей «валовая продукция сельского хозяйства», «основные фонды» и «численность занятых в сельском хозяйстве» Республики Беларусь и построение на их основе ПФ.

Объект исследований. Объектом проводимых исследований является продукция сельского хозяйства Республики Беларусь на временном интервале 1970-2004 гг.

Использованные методики. Методологической основой исследований являются методы экономического и эконометрического анализа временных рядов, коинтеграционный анализ, аппарат ПФ.

Научная новизна состоит в разработке обоснованных с точки зрения экономики и эконометрики ПФ для валовой продукции сельского хозяйства Республики Беларусь.

Полученные научные результаты и выводы. В результате проведенного исследования для периода 1970-2004 гг. были построены ПФ Кобба-Дугласа с возрастающей и постоянной отдачей от масштабов производства. Данные модели дают высокое значение ошибки прогноза МАРЕ. Поэтому, согласно проведенному анализу временных рядов, были выделены два временных интервала: 1970-1990гг., 1990-2004 гг. На интервале 1970-1990 гг. были получены ПФ Кобба-Дугласа с возрастающей отдачей от масштабов производства и динамическая ПФ Кобба-Дугласа с постоянной отдачей от масштабов производства, для которых значение ошибки прогноза МАРЕ несколько ниже, чем по ПФ на интервале 1970-2004 гг. На промежутке 1990-2004 гг. при построении ПФ был включен дополнительный фактор: урожайность зерновых. В результате была получена ПФ, которая позволяет достаточно точно прогнозировать динамику валовых выпусков продукции сельского хозяйства. Значение ошибки МАРЕ по данной модели составляет 2,74%.

Практическое применение полученных результатов. Полученные ПФ могут быть использованы при разработке программ и прогнозов социально-экономического развития Республики Беларусь.

ФАКТОРИЗАЦИЯ ИЗМЕРИМЫХ МАТРИЦ-ФУНКЦИЙ

Д. И. ШКАДРЕЦОВ (студ. 3 к.), БГУ

Проблематика: не найдена факторизация дробно-рациональных матриц-функций для матриц порядка выше 2×2 .

Цель работы: факторизовать различные классы матриц-функций, в частности такие классы, как рациональные и дробно-рациональные.

Объект исследований: измеримые матриц-функции.

Использованные методики: будет использовано программное обеспечение «Mathematica 5.2».

Полученные научные результаты и выводы: запрограммирован алгоритм факторизации дробно-рациональных матриц-функций порядка 2×2 .

АСИМПТОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ r_+ -РОБАСТНОЙ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ СТАТИСТИКИ В ЗАДАЧЕ БАЙЕСОВСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕКТОРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ПРИ ИСКАЖЕНИЯХ ГУСТАФСОНА

П. А. ШЛЫК (асп. 2 з.), БГУ

На практике часто необходимо построить прогноз вектора зависимых показателей в условиях малого объема экспериментальных данных. Такие задачи возникают в медицине, экономике, финансах. Байесовский подход позволяет эффективно строить прогнозы в таких условиях. Поскольку указанный подход использует априорную информацию об исследуемом объекте, для корректного построения и использования байесовских прогнозов необходимо анализировать их устойчивость (робастность) к искажениям гипотетической модели.

Целью данной работы являлось исследование асимптотических свойств r_+ -робастной прогнозирующей статистики [1], полученной ранее для случая искажений Густафсона априорной плотности распределения вероятностей вектора параметров в условиях общей модели многомерного байесовского прогнозирования.

В результате проведенной работы исследованы асимптотические свойства r_+ -робастной прогнозирующей статистики при стремлении уровня искажений ε к нулю, показана сходимость этой статистики к гипотетической байесовской прогнозирующей статистике. Также исследованы некоторые другие предельные случаи значений параметров, регулирующих обширность класса искажений Густафсона. Полученные результаты позволяют более эффективно использовать r_+ -робастную прогнозирующую статистику при решении практических задач в зависимости от значений параметров искажений гипотетической модели прогнозирования.

1 Харин А.Ю., Шлык П.А. О робастности многомерного байесовского прогнозирования при искажениях априорной плотности распределения параметров / Сб. материалов международной научной конф. «Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения». Мн.: БГУ, 2005. – ст. 308-312.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПОСТРОЕНИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

А. Н. ЯРМОЛА (асп.), Ю. С. ХАРИН (чл.-корр. НАН Беларуси), БГУ

Генераторы псевдослучайных последовательностей являются неотъемлемой частью поточных криптосистем. Такие криптосистемы используются в системах защиты информации, применяемых в мобильной радиотелефонной связи и электронной торговле. Поэтому актуальной является задача построения псевдослучайных последовательностей (ПСП), удовлетворяющих требованию статистической близости распределений вероятностей фрагментов последовательности к равномерному распределению. Последнее требование означает невозможность на практике по выходной последовательности оценить начальное состояние генератора.

Одним из основных подходов построения вышеуказанных ПСП является комбинирование линейно-рекуррентных последовательностей. В данной работе предлагается и исследуется метод построения ПСП $x_t \in A = \{0, \dots, N-1\}$, основанный на использовании INAR(m) модели дискретных временных рядов [1]:

$$x_t = \left(\sum_{j=1}^m \theta_j \sum_{i=0}^{x_{t-j}} \xi_{(t-1)N+i}^{(j)} \right) \bmod N, \quad t > m,$$

где $\theta_j \in A$, $\xi_t^{(j)} \in \{0, 1\}$ – комбинируемые бинарные последовательности, $j=1, \dots, m$. Отличительной особенностью данного метода является использование нелинейной комбинирующей функции с обратной связью.

В докладе найдены оценки для отклонений распределений вероятностей участков последовательности от равномерного распределения, установлена марковость и эргодичность наблюдаемого процесса. Исследованы периодические свойства ПСП. В частности, вычислен минимальный период в случае взаимнопростых с N периодов комбинируемых последовательностей, найдены границы минимального периода в общем случае. Проведено исследование криптостойкости при некоторых видах криптоатак. Установлена низкая эффективность корреляционной атаки Мейера-Штаффельбаха [2] на предложенный метод.

Результаты данной работы могут быть использованы при разработки систем информационной безопасности, как для поточного шифрования, так и для генерации ключей при блочном шифровании.

1 Alzaid, A.A., Al-Osh, M. An integer-valued p th-order autoregressive structure (INAR(p)) process. / J. of App. Prob., 1990, 27, 314-324.

ОБ ОДНОМ УРАВНЕНИИ ВТОРОГО ПОРЯДКА ВТОРОЙ СТЕПЕНИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОИЗВОДНОЙ

*Т. Н. СТАТКЕВИЧ (магистр.), О. Н. СТАТКЕВИЧ (магистр.),
В. М. ПЕЦЕВИЧ (к. физ-мат. н), ГрГУ им. Я.Купалы*

Одной из важнейших задач аналитической теории дифференциальных уравнений является задача выделения уравнений и систем без подвижных критических точек. Актуальность решения указанной задачи, а также изучение аналитических свойств решений уравнений и систем Р-типа обусловлены, помимо непосредственного развития аналитической теории обыкновенных дифференциальных уравнений и связанных с нею математических проблем, еще и обнаруженной в последнее время тесной связью таких уравнений с нелинейными уравнениями в частных производных, которые являются математическими моделями ряда процессов естествознания.

Рассмотрим уравнение

$$\left(y'' - \left(\frac{1}{2} \frac{1}{y} + \frac{1}{y-1} \right) y'^2 + \left(\frac{\alpha_{-1}}{y} + \alpha_0 + \alpha_1 y + \frac{\mu_{-1}}{y-1} \right) y' + \frac{\beta_{-1}}{y} + \beta_0 + \beta_1 y + \beta_2 y^2 + \beta_3 y^3 + \frac{\eta_{-1}}{y-1} \right)^2 = (1)$$

$$= y' - \frac{\gamma_{-2}}{y^2} - \frac{\gamma_{-1}}{y} - \gamma_0 - \gamma_1 y - \gamma_2 y^2 - \gamma_3 y^3 - \gamma_4 y^4 - \gamma_5 y^5 - \gamma_6 y^6 - \frac{\lambda_{-2}}{(y-1)^2} - \frac{\lambda_{-1}}{(y-1)},$$

коэффициенты которого являются аналитическими по t функциями, причем его правая часть не является полным квадратом.

Методами резонансов и сравнения с классическими уравнениями Пенлеве найдем: для наличия у уравнения (1) свойства Пенлеве необходимо требовать, чтобы

$$\alpha_{-1} = \alpha_1 = \gamma_{-2} = \gamma_{-1} = \gamma_3 = \gamma_4 = \gamma_5 = \gamma_6 = \lambda_{-1} = \lambda_{-2} = 0,$$

то

есть

уравнение

(1)

имеет

вид:

$$\left(y'' - \left(\frac{1}{2} \frac{1}{y} + \frac{1}{y-1} \right) y'^2 + \left(\alpha_0 + \frac{\mu_{-1}}{y-1} \right) y' + \frac{\beta_{-1}}{y} + \beta_0 + \beta_1 y + \beta_2 y^2 + \beta_3 y^3 + \frac{\eta_{-1}}{y-1} \right)^2 = y' - \gamma_0 - \gamma_1 y - \gamma_2 y^2.$$

ФИЗИКА

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ SN-ZN

О. В. ГУСАКОВА (студ. 4 к.), В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ (д. физ.-мат. н.), БГУ

Применение метода сверхбыстрого затвердевания из расплава для получения фольг легкоплавких материалов является предметом возрастающего интереса. Известны преимущества быстрого затвердевания, состоящие в измельчении кристаллов, повышении взаимной растворимости компонент и однородности распределения компонентов в сплавах, приводящие к улучшению механических свойств. Для сплавов олова получение однородного распределения легирующего элемента и повышение его растворимости актуально также с точки зрения эффективного понижения температуры аллотропного превращения β -Sn в α -Sn.

Фольги получались при затвердевании капли расплава на вращающемся с линейной скоростью $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ медном цилиндре. Исходными материалами служили сплавы, содержащие от 0,9 до 10 ат.% Zn. Для фольг толщиной 60-80 мкм скорость охлаждения расплава составляла порядка $10^6 \text{ К} \cdot \text{с}^{-1}$. Исследования морфологии поверхности, состава фольг и распределения компонентов проводились с помощью растрового электронного микроскопа с энергодисперсионной приставкой рентгеноспектрального микроанализа. Микротвердость измерялась на ПМТ-3.

Установлено, что при концентрации до 0,9 ат.% включений цинка не наблюдается, а его распределение по фольге однородно. При больших концентрациях фольги представляют собой двухфазную структуру. Размер включений Zn в матрице Sn находится в пределах 0,2- 2 мкм. При толщине фольги более 50 мкм у свободно затвердевающей стороны фольги формируется ячеистая структура. Установлено повышенное содержание Zn у границ ячеек, а толщина обогащенного слоя растет с концентрацией Zn (рис. 1).

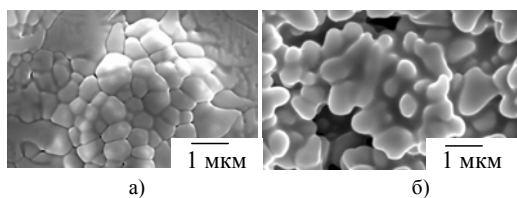


Рис.1 Ячеистая структура свободно- затвердевающей стороны фольг. а)- 2,5 ат.% Zn, б)-10,0 ат.% Zn

Исследования зависимости микротвердости фольг от содержания Zn показали, что для исходных фольг микротвердость возрастает с ростом концентрации цинка, достигая увеличения в 2,5 раза для фольг, содержащих 10 ат.% Zn. Рост микротвердости может быть связан как с абразованием мелкодисперсных включений, так и с повышением растворимости цинка.

СТРУКТУРА БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al – IN

К. В. КУКАРЕКО (студ. 5 к.), В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ (д. физ.-мат. н.), БГУ

При сверхбыстром затвердевании сплавов формируется структура, которую трудно получить при малых и средних скоростях охлаждения расплава и традиционных методах термической обработки. При этом структура быстрозатвердевших материалов зависит и от состояния расплава. В системе алюминий-свинец содержится область расслоения жидкости и имеет место монотектическое превращение. Системы такого типа имеют прикладное значение, так как могут быть использованы для создания подшипниковых сплавов, сплавов для микрофильтров, сплавов с повышенной обрабатываемостью. Быстрозатвердевшие фольги сплавов системы Al – In, содержащие от 0.8 до 8.0 ат.% индия, получены инъекцией капли расплава ($\sim 0.2 \text{ г}$) на внутреннюю полированную поверхность вращающегося медного цилиндра. Линейная скорость поверхности цилиндра 15 м/с .

При проведении исследований использовались фольги толщиной от 20 до 60 мкм. Скорость охлаждения расплава достигала $1 \cdot 10^6 \text{ К/с}$. Температура расплава находилась в пределах от 720 до 750°C . Рентгеноструктурный анализ проводился на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3.0 в монохроматизированном $\text{CoK}\alpha$ излучении. Морфология фольг и распределение компонентов исследовались на растровом микроскопе марки LEO 1455VP. Микротвердость Hц измерялась на приборе ПМТ-3.

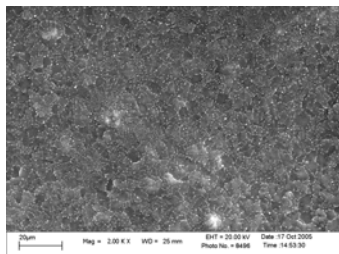


Рисунок. Поверхность фольги на шероховатой стороне образца сплава с содержанием In 1.2 ат.%

На поверхности быстрозатвердевших фольг формируется ячеистая структура. Для фольг с содержанием 1.2 ат.% In, размеры ячеек на гладкой стороне колеблются от 1 до 20 мкм. На шероховатой стороне фольг того же сплава размеры ячеек изменяются от 1 до 5 мкм. На поверхности фольг наблюдаются белые включения – выделения индия. Существование таких выделений подтверждаются также результатами рентгеноструктурного анализа. Они располагаются преимущественно по границам зерен. Линейные размеры этих включений на гладкой стороне фольг сплава Al – 1.2 ат.% In изменяются от 0.1 до 0.5 мкм. На шероховатой стороне того же сплава – от 0.1 до 0.3 мкм.

В быстрозатвердевших фольгах исследуемых сплавов формируется микрокристаллическая структура. Проведенные исследования показали, что наибольшим значением полюсной плотности характеризуется дифракционная линия 111, что свидетельствует о формировании текстуры (111).

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ХРОМ-АЗОТ, СФОРМИРОВАННЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

М. М. ДАНИЛЕНКО (аспирант), В. В. УГЛОВ. (к. физ.-мат. наук), БГУ

Серый чугун широко применяется в различных областях машиностроения и инструментальной промышленности. Но одним из его недостатков является низкая стойкость к окислению. Нанесение защитных покрытий позволяет не только повысить стойкость к окислению, но и улучшить его механические свойства.

В данной работе изучено влияние термической обработки на фазовый состав покрытий, нанесенных на подложку из серого чугуна (СЧ-20) методом конденсации вещества с ионной бомбардировкой (метод КИБ). Режим осаждения покрытий был следующий: опорное напряжение -120 В, ток дуги горения хромового катода 100 А, время нанесения покрытий 10 мин, давление азота в камере 10^{-1} Па. Образцы подвергались изотермическому отжигу на воздухе при температуре 700 °С. Фазовый состав образцов изучался методами рентгеноструктурного анализа (РСА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ).

Установлено, что фазовый состав нанесенных методом КИБ покрытий представлял собой суперпозицию нитридных фаз (CrN и Cr_2N). С помощью растрово-электронных микроскопических исследований поверхности также было обнаружено наличие капельной фазы хрома. Отжиг образцов не привел к распаду нитридных фаз, однако на рентгенограммах наблюдались дифракционные линии небольшой интенсивности, соответствующие оксиду хрома Cr_2O_3 . Присутствие данного оксида связано с процессами окисления капельной фазы. Покрытия нитрида хрома препятствовали процессу окисления серого чугуна. В то время как в образцах без покрытия при данной температуре происходил интенсивный процесс окисления с образованием оксида железа Fe_2O_3 .

Установлено, что нанесение покрытий на основе системы Cr-N на образцы из серого чугуна методом вакуумно-дугового осаждения значительно улучшает их термическую устойчивость.

ЛЕГИРОВАНИЕ СТАЛИ У8А ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ НА СИСТЕМУ ПОКРЫТИЕ-ПОДЛОЖКА

А. В. СЕВРЮК (студ. 4 к.), Е. К. СТАЛЬМОШЕНКО (аспирант), В. В. УГЛОВ (к. физ.-мат. н.)

Использование компрессионных плазменных потоков (КПП) для обработки материалов является уникальным методом модификации их свойств. При обработке образцов КПП наблюдается изменение структурно-фазового состояния системы и формирование модифицированного слоя, легированного элементами предварительно нанесенного покрытия.

В данной работе в качестве объекта исследования была выбрана инструментальная сталь У8А (0.8 вес.% С), которая широко применяется для изготовления инструмента для работы по дереву и инструмента ударного действия, пуансонов, зубил, штампов и т.д. На часть образцов было нанесено покрытие циркония толщиной ~1.5 мкм методом вакуумно-дугового осаждения. Сталь без покрытия и система покрытие-подложка подвергались воздействию компрессионных потоков водородной плазмы, которые характеризуются малой расходимостью, большой длительностью существования импульса (~100 мкс), температурой плазмы ~3 эВ, плотностью энергии ~10-15 Дж/см². Фазовый и элементный состав и микроструктуру обработанных образцов изучали методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) и рентгеноструктурного анализа (РСА). Измерения микротвердости по Виккерсу проводили на микротвердомере ПМТ-3 в диапазоне нагрузок 0,2-2,0 Н. Трибологические испытания выполнялись при возвратно-поступательном движении индентора по поверхности образца с нагрузкой 1 Н.

Эвтектоидная сталь У8А в исходном состоянии имеет перлитную структуру. В результате обработки стали происходит образование аустенита с преимущественной ориентацией (200). После воздействия КПП на систему цирконий-сталь формируется модифицированный приповерхностный слой, элементный состав которого включает как компоненты подложки, так и покрытия. Данный результат по слою обусловлен тем, что под действием КПП происходит расплавление покрытия и части подложки с последующим жидкофазным перемешиванием и затвердеванием полученной системы. РСА исследования показали наличие в модифицированном слое твердых растворов на основе α - и γ -железа и карбида циркония. Обработка и легирование стали в результате воздействия концентрированных потоков энергии приводит к улучшению механических свойств поверхностных слоев.

Применяемый метод модификации поверхности может быть использован для упрочнения рабочей поверхности обрабатывающего инструмента.

МАДЫФІКАЦЫЯ СТРУКТУРЫ І ФАЗАВАГА СКЛАДУ СІСТЭМЫ НІКЕЛЬ-ЦЫРКОНІЙ У ВЫНІКУ АПРАЦОЎКІ КАМПРЭСІЙНЫМІ ПАТОКАМІ ВАДАРОДНАЙ ПЛАЗМЫ.

Ю. А. ПЕТУХОЎ (студ. 4 к.), А. К. СТАЛЬМАШОНАК (аспірант), У. В. УГЛОЎ (к. фіз.-мат. н.), БДУ

Ўздзеянне кампрэсійных плазменных патокаў з'яўляецца сёння адным з перспектывных накірункаў развіцця тэхналогіі апрацоўкі паверхняў металаў. У выніку гэтага працэсу дасягаецца паляпшэнне механічных, каразійных уласцівасцяў матэрыялаў. Акрамя таго, метадыка плазменнай апрацоўкі мае перавагі ў параўнанні з метадамі тэрмічнай або лазернай апрацоўкі.

У рабоце былі даследваны змяненні фазовага складу і марфалогіі паверхні нікеля і сістэмы нікель-цырконій, якія адбыліся ў выніку ўздзеяння кампрэсійнымі патокамі вадароднай плазмы.

У якасці аб'екта даследвання выкарыстоўвалася пласцінка нікеля з пакрыццём цырконію, нанесеным вакуумна-дугавым метадам. Апрацоўка адзінкавым імпульсам вадароднай плазмы праводзілася з дапамогай магнітаплазменнага кампрэсара кампактнай геаметрыі. Адлегласць паміж абразцом і соплам кампрэсара складала 12 см, паскаральнае напружанне – 3,4 кВ, працягласць разраду – ~100 мкс, шчыльнасць энергіі, якую паглынае абразец за імпульс – 13 Дж/см², ціск у газаразраднай камеры – 400 Па, ціск плазмы – 1,5 МПа.

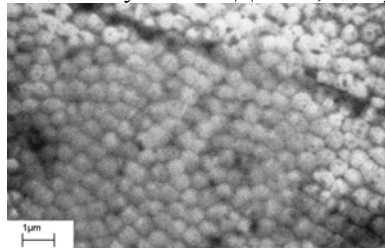


Рис.1 Ячэйстая структура на паверхні нікеля, апрацаванага вадароднай плазмай

Паверхневая структура і фазавы склад вывучаліся метадамі растравай электроннай мікраскапіі і рэнтгенаструктурнага аналізу.

У выніку апрацоўкі паверхні чыстага нікеля фазавых пераўтварэнняў не адбываецца, але мае месца пераарентацыя атамных пласкасцей. Пераважнай арыентацыяй робіцца плоскасць (200). Таксама адбываецца фарміраванне ячэйстай структуры (гл. рис. 1), абумоўленае нестабільнасцю мяжы крышталізацыі пры ахалоджванні.

У сістэме нікель-цырконій пры ўздзеянні патока плазмы мае месца працэс плаўлення пакрыцця цырконія і прыпаверхневай часткі нікелевай пласцінкі, вадкафазнае перамешванне і крышталізацыя. У выніку гэтых працэсаў на паверхні ствараецца мадыфікаваны слой, які змяшчае як нікель, так і цырконій. Пры гэтым амаль што ўвесь цырконій удзельнічае ва ўтварэнні інтэрметаліда Ni₅Zr. Ячэйстая структура пры канцэнтрацыйным ахалоджванні ў дадзеным выпадку перарастае ў дэндрытную.

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ ЦИРКОНИЙ-СТАЛЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Н. С. ТАРАСЮК (студ. 5 к.), Е. К. СТАЛЬМОШЕНОК (аспірант), В. В. УГЛОВ (к. физ.-мат. н.), БГУ

Интерес к исследованию влияния воздействия потоков плазмы на материалы обусловлен несколькими причинами. Во-первых, после утраты актуальности использования плазменных установок с их первоначальной целью, возник вопрос о возможностях их дальнейшего применения. Во-вторых, эксперименты показали, что обработка поверхности металла ведет к изменению структурно-фазового и элементного состава модифицированного приповерхностного слоя и, как следствие, изменению механических свойств.

Целью данной работы было изучение влияния компрессионных плазменных потоков (КПП) на систему покрытие-подложка. Объектами исследования являлись тонкие пленки циркония, нанесенные на углеродистую сталь 3 (0.2 вес.% С). В качестве рабочего вещества плазмы использовались азот и водород. КПП, формируемый магнитоплазменным компрессором, характеризовался малой расходимостью, относительно большой длительностью существования импульса (~100 мкс), температурой плазмы ~3 эВ, плотностью энергии 10-15 Дж/см². Методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) и рентгеноструктурного анализа (РСА) исследовались структурно-фазовые изменения. Измерения микротвердости проводились, используя индентор Виккерса, на установке ПМТ-3 в диапазоне нагрузок 0,2-2,0 Н. Трибологические испытания выполнялись в условиях возвратно-поступательного движения индентора по поверхности образца с нагрузкой 1 Н.

Проведенные исследования выявили, что в результате действия КПП происходит расплавление поверхностного слоя и жидкофазное перемешивание материалов покрытия и подложки с легированием элементом рабочего вещества в случае азотной плазмы. Результаты РСА свидетельствуют о том, что происходит формирование твердых растворов на основе железа, а также образование нитридов на образцах, обработанных азотной плазмой. Измерения механических свойств показали, что происходит увеличение микротвердости более чем в 2 раза у образцов, обработанных водородной плазмой и более чем в 3 раза при обработке азотной плазмой по сравнению с необлученной сталью. Трибологические испытания показывают, что происходит уменьшение коэффициента трения в ~1,5 раза у образцов, обработанных водородной плазмой и в ~3 раза у образцов, обработанных азотной плазмой по сравнению со сталью, не подвергавшейся воздействию плазменного потока.

Таким образом, результаты исследования доказывают возможность эффективного использования плазменной обработки для улучшения механических свойств поверхностей материалов с перспективой использования данного метода, например в машиностроении и обрабатывающей промышленности.

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ЦИРКОНИЙ-СТАЛЬ Р6М5, ПОДВЕРГНУТОЙ ВОЗДЕЙСТВИЮ КОМПРЕССИОННЫХ ПОТОКОВ АЗОТНОЙ ПЛАЗМЫ

А. Г. КОНОНОВ (студ. 5.к.) Н. Н. ЧЕРЕНДА (к. физ.-мат. наук) БГУ

Исследованы структурно-фазовый состав и механические свойства, такие как микротвердость и коэффициент трения быстрорежущей стали Р6М5, в зависимости от режимов обработки потоками компрессионной азотной плазмы. Нанесение циркониевого покрытия проводилось вакуумно-дуговым методом. Толщина его варьировалась путем изменения времени напыления, которое составляло 5 и 10 мин. Обработка плазмой осуществлялась с помощью магнито-плазменного компрессора (МПК) компактной геометрии. Остаточное давление в камере МПК составляло 3 тор. Поглощенная мишенью энергия зависела от напряжения на основной конденсаторной батарее, которое соответствовало 3,6 и 4 кВ, и от количества импульсов (1 - 5) длительностью 100 мкс.

Рентгеноструктурный анализ показал, что обработка системы азотной плазмой приводит к частичному растворению второй упрочняющей фазы M_6C и формированию нитридной фазы ZrN . Проведен анализ элементного состава в данной системе и установлены основные закономерности его изменения в зависимости от параметров плазменного потока.

Методом Викерса было получена зависимость микротвердости от глубины проникновения индентора при различных нагрузках. Обнаружено, что в результате обработки микротвердость не претерпевает какого-либо заметного изменения, по сравнению с исходной сталью Р6М5. Данный эффект связан с тем, уменьшение объемной доли упрочняющей карбидной фазы M_6C компенсируется конкурирующим процессом, вызывающим упрочнение вследствие образования мелкодисперсной нитридной фазы.

Трибологические исследования в сочетании с растровой электронной микроскопией позволили провести анализ треков износа и определить относительную износостойкость исследуемых образцов. Установлено, что для плазменно-перемешанных образцов происходит значительное уменьшение (2 – 4 раза) коэффициента трения и увеличение износостойкости.

Полученные данные свидетельствуют о перспективности комбинированного подхода, связанного с предварительным нанесением циркониевого покрытия вакуумно-дуговым методом и последующей обработки компрессионным потоком азотной плазмы для модификации поверхности стали Р6М5 с целью улучшения ее механических свойств.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКИСЛЕНИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВОВ Fe-45 % Al

А. В. ЗАЛЕССКИЙ (магистрант), Ю. А. ФЕДОТОВА (к. физ.-мат.н), ИЦФЧВЭ БГУ

Среди систем, формирующих интерметаллиды, система Fe-Al является одной из самых интенсивно изучаемых. Это обусловлено тем, что порошковые сплавы алюминидов железа, стоимость производства которых относительно невелика, обладают хорошей износостойкостью и значительной стойкостью к коррозии [1]. В настоящей работе впервые исследовано методом ЯГР-спектроскопии влияние высокотемпературного ($T = 750-1100$ °C) окисления в искусственной атмосфере (20 % O_2 , 80 % N_2) на фазовый состав порошковых сплавов FeAl, полученных методом реакционного синтеза.

Были исследованы образцы Fe-Al 45 вес. % (серия 1) и Fe-Al 45 вес. % с добавкой 1,3 вес. % Cr (серия 2). Установлено, что в образцы обеих серий представляют собой сплав фаз Fe_2Al_5 и B2 FeAl, причем вклад фазы Fe_2Al_5 в исходном состоянии является доминирующим. Наличие примеси Cr в образцах серии 2 приводило к увеличению вклада фазы B2 FeAl (29 %), по сравнению с серией 1 (12 %). В результате окислительных тестов в обеих сериях с увеличением температуры окисления наблюдался рост содержания фазы B2 FeAl, причем эта динамика более ярко выражена для образцов серии 2. При всех температурах окисления не наблюдалось формирование оксидов железа, что свидетельствует о высокой коррозионной стойкости исследуемых сплавов.

Анализ параметров сверхтонких взаимодействий ионов железа в решетках фаз Fe_2Al_5 и B2 FeAl в сплавах указывает на влияние примеси Cr на локальное упорядочение атомов как в исходных образцах, так и в образцах после окислительных тестов. Наличие примеси Cr приводило к увеличению электронной плотности на ядрах Fe в решетках обеих фаз, присутствующих в сплаве. Изменения изомерного сдвига, характерного для фазы B2 FeAl, в образцах обеих серий после окислительных тестов при различных температурах не превышали величины погрешности. Изменения сверхтонких параметров фазы Fe_2Al_5 в обоих типах сплавов свидетельствуют о миграции атомов Al из кристаллической решетки. Данная тенденция находится в соответствии с увеличением содержания фазы B2 FeAl за счет фазы Fe_2Al_5 , обнаруженным для обеих серий образцов.

Исследуемые порошки были получены на базе Института Порошковой Металлургии НАН Беларуси. Получаемые порошковые сплавы, как было показано в ходе окислительных тестов, имеют высокую стойкость к коррозии и могут использоваться в качестве высокотемпературных защитных покрытий на различных рабочих поверхностях из сталей и других конструкционных материалов.

1 Reuther H. Structure, properties and applications of thin Fe-Al layers / Hyperfine interactions 111.-1998.- pp.135-140

МИКРОТВЕРДОСТЬ СТРУКТУР ПОКРЫТИЕ–СПЛАВ АК9, ПОЛУЧЕННЫХ ИОННО-АССИСТИРОВАННЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

П. В. УЛЯШКО (студ 2.к), В. В. ТУЛЬБЕВ (к. физ.-мат.н), БГТУ

Исследования, связанные с разработкой, развитием и применением новых технологий модифицирования физико-химических свойств поверхности материалов, представляются перспективными для решения ряда научно-технических задач. Известно, например, что ионно-лучевая обработка поверхности материалов может изменять их механические свойства (микротвердость, износостойкость поверхности, твердость, коэффициент трения). Целью данной работы являлось установление влияния параметров ионно-ассистированного осаждения (интегрального потока ассилирующих ионов; энергии ассилирующих ионов и др.) на микротвердость сплава алюминия АК9. Объектом исследования являлись структуры покрытие-подложка, полученные методом ионно-ассистированного осаждения тонких пленок на основе Mo, W на сплав алюминия АК9. Решение поставленной задачи осуществлялось с применением метода ионно-ассистированного в условиях саморадиации осаждения покрытий; метода измерения значений микротвердости и метода расчета плотности энергии, выделяемой в каскаде атомных столкновений при торможении ассилирующих ионов. Обнаружено, что осаждение покрытий на сплав АК9 может приводить как повышению прочности, так и к понижению прочности поверхности сплава. Микротвердость поверхности сплава АК9 после нанесения покрытий с энергией ассилирующих ионов 7 кэВ снижается в 1.1-1.2 раза, а при энергии свыше 10 кэВ – повышается в 1.2-1.4 раза. Разупрочнение поверхности сплава АК9 является следствием снижения микронапряжений, радиационно-индуцированного распада твердого раствора, сопровождаемые растворением метастабильных выделений. С ростом энергии ассилирующих ионов (15 кэВ, 20 кэВ) микротвердость поверхности модифицированного АК9 возрастает. Упрочнение происходит вследствие частичного растворения выделений в сплаве, образования новых зон Гинье-Престона и метастабильных выделений, приводящих к повышению дисперсности приповерхностных слоев образцов. Обнаружено также, что при возрастании интегрального потока ассилирующих ионов микротвердость. Результаты исследования могут быть использованы для модификации алюминиевых промышленных изделий, в частности, прессформ, применяемых для формирования резинотехнических изделий, с целью увеличения их ходимости и снижения скорости образования отложений. Современное состояние проблемы засорения металлических форм для прессования эластомеров стимулирует проведение исследований по изучению влияния ионно-лучевого воздействия на физико-химические свойства поверхности алюминия и его сплавов.

СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ РЕЗИНЫ

О. Г. ВЕПЕС (аспирантка), И. С. ТАШЛЫКОВ (д. физ.-мат.н), БГПУ

Модификация свойств поверхности резин является актуальной задачей для резинотехнической промышленности. Практический интерес представляет модифицирование резины методом ионно-ассистированного нанесения покрытий в условиях самооблучения, т.к. покрытия, осажденным с применением этого метода присущ комплекс свойств, важных для эксплуатации резинотехнических изделий в различных отраслях промышленности (в частности, работоспособность в жидких средах). Важным при модифицировании поверхности является изучение ее структуры, которая оказывает существенное влияние на смачиваемость поверхности резины.

С помощью атомно-силовой микроскопии при сканировании в контактном режиме с последующей обработкой на компьютере были получены изображения поверхности исходной и модифицированной резины. Для сравнения исследуемых поверхностей определили среднюю шероховатость и отношение площади поверхности к проектированной площади, значения которых приведены в таблице.

Исследуемые поверхности	Средняя шероховатость, нм	Отношение площади поверхности к проектированной площади, нм
Исходная поверхность	13,4	1,02
Поверхность с циркониевым покрытием	80,8	1,39
Поверхность с молибденовым покрытием	78,4	1,47
Поверхность с покрытием на основе графита	8,7	1,1

Сравнивая значения отклонений шероховатости для исходной поверхности и модифицированной, можно отметить, что структура поверхности модифицированной резины стала существенно неоднородной. Так, шероховатость покрытий на основе молибдена, циркония и графита увеличилась на ≈ 39 , 47 и 10% соответственно по сравнению с шероховатостью поверхности исходной резины.

Таким образом, установлено различие топографии поверхности резины с осажденными покрытиями. Следовательно, управляя характером структуры модифицированной поверхности резины, можно управлять ее смачиваемостью дистиллированной водой.

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В КУБИЧЕСКОМ НИТРИДЕ БОРА

М. Р. КНИППЕЛЬ (студ. 5. к.), В. М. ДОБРЯНСКИЙ (д. тех. н), БГПУ

В интересах современной твердотельной электроники идет поиск новых широко зонных материалов. Связано это с необходимостью повышения надежности и стабильности приборов нового поколения, обеспечения возможности их работы в более жестких условиях. Перспективными в этом отношении будут материалы, с наибольшей величиной сил межатомного взаимодействия, к ним относятся алмаз и кубический нитрид бора (КНБ). В настоящей работе исследованы особенности образования КНБ из ПНБ с турбостратной структурой. Синтез КНБ проводили в аппаратах высокого давления типа “наковален с лункой.” В качестве исходного ПНБ брали пластины ПНБ, плотность которых составляла 1,9...2,0 кг/м³, количество примесей не более 0,02 %. Показано, что превращение в КНБ в области устойчивости кубической модификации нитрида бора идет без предварительной рекристаллизации ПНБ в трехмерно упорядоченную структуру. Обнаружен пьезоэлектрический эффект в поликристаллах КНБ, синтезированных из ПНБ, вдоль оси, перпендикулярной плоскости осаждения ПНБ. Знак поляризации при одноосном сжатии связан с исходной структурой: положительный заряд возникает на поверхности поликристалла, являющейся у исходной заготовки поверхностью, обращенной к подложке при осаждении ПНБ. Установлено, что в образцах КНБ с примесями исходной фазы ПНБ наблюдается анизотропия модулей упругости и теплопроводности. При этом теплопроводность, физико-механические и режущие свойства поликристаллов КНБ, синтезированных из ПНБ, существенно выше, чем синтезированных из технического нитрида бора, полученного методом азотирования. Показано, что после очистки и специальной предварительной обработки порошка технического нитрида бора свойства синтезированных поликристаллов КНБ сравнимы со свойствами для поликристаллов, синтезированных из пиронитрида бора. Исследование микро твердости однофазных поликристаллов КНБ синтезированных из ПНБ при одинаковых Р., Т - режимах синтеза в ячейке с экраном и без экрана образца, показали, что в первом случае давление перехода составляет 100-110 Га, во втором примерно 80 Га. Это можно объяснить влиянием примесей на формирование структуры КНБ. Скорость превращения ПНБ-КНБ на начальной стадии синтеза практически одинакова для обоих типов реакционных ячеек. С увеличением времен изотермического нагрева различие в скорости процесса становится заметным, что можно объяснить влиянием активных примесей, диффундирующих из контейнера при отсутствии танталового экрана. Изучение температурной зависимости удельного сопротивления, диэлектрической проницаемости, ширины запрещенной зоны поликристаллов КНБ, синтезированных из ПНБ, показали перспективность практического использования их в радио - электронной промышленности.

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ ДИСЛОКАЦИЙ СМЕШАННЫХ ИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ПЕРЕМЕННОГО СОСТАВА

В. В. КУЛИКОВ (студ. 5 к.), А. М. КОЛОДИНСКИЙ (к. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я.Купалы

Проблематика. Среди различных физических и химических факторов, влияющих на образование, рост и свойства кристаллов, ионизирующее излучение занимает особое место. Действие излучения на процесс образования и однородность кристаллов представляет научный интерес, так как именно при формировании кристалла ионизирующее излучение может вызвать существенные изменения в его структуре.

Цель работы. Исследовать влияние рентгеновского излучения на плотность дислокаций смешанных кристаллов переменного состава.

Объект исследования. Кристаллы K(Cl,Br) полученные из тройных водно-солевых систем KCl-KBr-H₂O с различным процентным содержанием KBr в растворе KCl-H₂O

Использованные методики. Для исследования плотности дислокаций и характера их распространения, использовался метод избирательного травления, который является наиболее простым и достаточно надежным для определения качества кристаллов, полученных как в поле рентгеновского излучения так и без него. В качестве травящей жидкости использовались 70%-я уксусная кислота для процентного содержания KBr в растворе KCl-H₂O от 0% до 50% и метанол для содержания KBr от 50% до 100%. Протравливался, ранее не подверженный воздействию внешних факторов скол кристалла (плоскость (100)).

Научная новизна. Действие излучения в процессе образования смешанного кристалла и поверхности вызывает наиболее существенные изменения в его структуре. Данный вопрос является наименее изученным в физике твердых тел. Поэтому исследование структуры смешанных кристаллов, а именно плотности дислокаций является актуальным и представляет научный интерес, так как может позволить получать материалы предполагаемых свойств и качеств.

Полученные научные результаты и выводы. В результате эксперимента получена зависимость величины плотности дислокации от состава смешанных кристаллов, полученных как под рентгеновским излучением, так и без него. В кристаллах выращенных в поле рентгеновского излучения плотность дислокаций в среднем в 6 раз ниже, чем контрольных.

Практическое применение. Полученные данные позволят выращивать кристаллы с оптимальными для промышленности физико-химическими свойствами.

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИОННО-ЛУЧЕВОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ФТАЛОЦИАНИНА МЕДИ

В. С. ПИВЕНЬ (студ. 4 к.), А. В. МИСЕВИЧ (к. физ.-мат. н), БГТУ

Фталоцианины – это класс органических полупроводников, обладающих высокой термической и химической стойкостью, интересными фотоэлектрическими свойствами. Способность пленок фталоцианинов к обратимой сорбции газов и органических молекул ограничивает их применимость для создания высокостабильных электронных устройств. Одним из методов оптимизации и повышения стабильности электрофизических свойств фталоцианинов является ионная имплантация.

Цель работы – установление связи между морфологией поверхности пленок фталоцианина меди (CuPc) и результатами модифицирования электрофизических свойств этих пленок методом имплантации ионов железа.

Пленки CuPc толщиной 100 нм были осаждены на подложки из полированного поликора методом термического напыления в вакууме. Чтобы получить пленки с различной морфологией поверхности, одна половина образцов осаждалась на подложки находящиеся при комнатной температуре, а другая на подложки, нагретые до температуры 150 °С. Методом атомно-силовой микроскопии была определена морфология поверхности пленок, их шероховатость и фрактальная размерность поверхности. Ионно-лучевое модифицирование пленок осуществлялось ионами железа с энергией 15 кэВ. Доза облучения $7,8 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ выбиралась таким образом, чтобы эффективная концентрация ионов железа была примерно на два порядка меньше концентрации молекул CuPc. Для изучения электрофизических свойств пленок использовался метод измерения температурных зависимостей проводимости при циклической термодесорбции.

Результаты исследования показывают, что морфология пленок CuPc, определяет результаты ионно-лучевого модифицирования электрофизических свойств этих пленок. Установлено, что проводимость пленок с малой шероховатостью, малой фрактальной размерностью поверхности и не имеющих зерненной структуры, при имплантации указанной дозы ионов железа, определяется теми же центрами локализации, что и проводимость исходных пленок, тогда как проводимость пленок, обладающих зерненной структурой, высокой шероховатостью и большой фрактальной размерностью поверхности, после имплантации такой же дозы ионов происходит по центрам локализации имплантированной примеси и не зависит от концентрации адсорбированного кислорода. Полученные результаты объясняются особенностями пространственного распределения имплантированной примеси в объеме тонкой пленки и могут быть использованы при разработке ионно-лучевых методов оптимизации электрофизических свойств тонких фталоцианиновых слоев, используемых в таких устройствах органической электроники, как солнечные элементы, светоизлучающие диоды и газовые сенсоры.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ ТЕРМООБРАБОТКОЙ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ

А. П. ЗБОРОВСКИЙ (студ 4. к), М. Г. ЛУКАШЕВИЧ (к. физ.-мат.н.), БГУ

Электронные свойства гранульных конденсированных сред интенсивно исследуются на протяжении последних двух десятилетий как экспериментальными, так и теоретическими методами [1]. Такие материалы обладают большим разнообразием транспортных и магнитотранспортных свойств, характером и степенью проявления которых можно управлять подбором состава, формы и структуры, металлических наночастиц, находящихся в изолирующей матрице.

В данной работе изучены температурные зависимости сопротивления тонких никельсодержащих пленок (~200 нм), нанесенных на диэлектрической подложке. Синтез таких пленок включал в себя следующие этапы: получение тонких полимерных пленок, введение их состав ионов палладия, термообработка композитных полимерных пленок на воздухе, приводящей к частичной деструкции полимера и образования фазы Pd(PdO), и действия никелевого физического проявителя.

Температурная зависимость сопротивления измерена стандартным четырехзондовым методом на линейном участке вольтамперной характеристики в режиме генератора тока и температурном интервале $T = 300 - 77 \text{ К}$. Установлено, что в зависимости от технологических режимов получения можно синтезировать тонкие пленки в диэлектрическом и металлическом режимах проводимости.

Таким образом, использование термообработки полимерного предшественника с наночастицами Pd (PdO) и действие никелевого физического проявителя позволяет получать тонкие проводящие пленки, содержащие наночастицы магнитного металла и находящиеся на диэлектрической и металлической сторонах перехода диэлектрик-металл.

Данные пленки имеют перспективное применение в твердотельной наноэлектронике.

1 Башмаков И.А., Доросинец В.А., Лукашевич М.Г., Мазаник А.А., Тихонова Т.Ф., Скрипка Д.А. ФТТ/ 2002. – Т. 44, № 9. – С.1614 – 1621.

МАГНИТО-И ИМПЕДАНСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПЛЕНОК ПОЛИИМИДА, ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ИОНАМИ КОБАЛЬТА

С. М. ЛУКАШЕВИЧ (студ. 5. к.), В. Б. ОДЖАЕВ (д. физ.-мат. н.), БГУ

Модификация электрофизических свойств полимеров с помощью ионной имплантации приводит к изменению проводимости от величин, характерных для хороших изоляторов, до значений, близких тем, которые демонстрируют полупроводниковые материалы и даже металлы [1]. В данной работе исследованы магнитотранспортные и импедансные характеристики пленок полиимида, имплантированного ионами кобальта по обе стороны перехода диэлектрик-металл.

Пленки полиимида толщиной 40 мкм были имплантированы ионами Co^+ энергией 40 кэВ и дозами $2,5 \cdot 10^{16}$ – $1,25 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ при плотностях ионного тока $j = 4, 8$ и 12 мкА/см^2 . Магниторезистивный эффект изучен при комнатной температуре в магнитном поле до $B = 1,5 \text{ Тл}$. Импедансные характеристики измерены в частотном диапазоне $f = 5 \text{ Нз} - 500 \text{ кНз}$ при амплитуде переменного сигнала не более 25 мВ.

Для образцов, имплантированных всеми дозами при токе $j = 4 \text{ мкА/см}^2$ магниторезистивный эффект положителен, что может являться подтверждением прыжкового механизма транспорта электронов в модифицированном проводящем слое. Для образцов на металлической стороне перехода характерен отрицательный магниторезистивный эффект, достигающий максимальной величины при $B = 0,8 \text{ Тл}$. Последнее свидетельствует о том, что в исследованном интервале магнитных полей измеряемый эффект представляет собой аддитивную сумму отрицательной и положительной компонент.

Эффективная емкость образцов, находящихся на диэлектрической стороне перехода, увеличивается по мере роста дозы имплантации. Это обусловлено тем, что с увеличением дозы имплантации растет доля карбонизированной фазы в объеме полимерной пленки и, следовательно, увеличивается площадь условной границы диэлектрик-проводник, а также уменьшается эффективное расстояние между проводящими кластерами, что и обуславливает рост эффективной емкости и емкостной характер мнимой части импеданса. Формирование бесконечного перколяционного кластера приводит к увеличению проводимости и сопровождается изменением знака мнимой части импеданса.

Таким образом, магнито-и импедансная спектроскопия модифицированных имплантацией кобальта пленок полиимида показывает наличие перехода диэлектрик-металл при дозе и токе имплантации $1,25 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и токе $j = 8 \text{ мкА/см}^2$.

1 В.Б. Оджаяев, И.П. Козлов, В.Н. Попок, Д.В. Свиридов. Ионная имплантация полимеров. Белгосуниверситет, Мн. 1998.

ПРОНИКНОВЕНИЕ ВОДОРОДА В КРЕМНИЙ ЧЕРЕЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЙ СЛОЙ ФОСФОРА

А. С. ЛЕВИЦКАЯ (студ. 5 к.), Н. М. КАЗЮЧИЦ (зав. лаб.), БГУ

Известно пассивирующее действие водорода, уменьшающее количество оборванных связей на поверхности и границах раздела, нейтрализующее электрическую и рекомбинационную активность мелких и глубоких центров в полупроводниках и многие другие эффекты [1]. В связи с этим водородная пассивация может оказаться действенным технологическим инструментом в производстве полупроводниковых приборов. Кроме того, высокие значения коэффициента диффузии водорода предполагают возможность низкотемпературного легирования этой примесью кремния.

Ранее нами был проведен эксперимент по наблюдению влияния высоколегированного имплантированного слоя сурьмы толщиной $d=5 \text{ мкм}$ на проникновение водорода в кремний [2]. Оказалось, что толстый легированный сурьмой слой препятствует диффузии водорода в объем кремниевой пластины.

Целью данного эксперимента стало наблюдение влияния тонкого высоколегированного слоя фосфора ($d=0,5 \text{ мкм}$) на проникновение водорода в объем кремния.

Для эксперимента использовалась пластина КДБ-20 (100), содержащая высоколегированный слой фосфора с лицевой поверхности. Образцы, вырезанные из пластины, были гидрогенизированы с лицевой и с тыльной поверхности при двух различных режимах.

Гидрогенизация проводилась при температуре 240–300 °С в течение 0,5 - 4 ч. 10 мин. Ток плазмы составлял 0,1–1,0 мА, напряжение разряда - 500 В. Для визуализации глубины проникновения водорода в кремний использовался эффект ускоренного под действием водорода формирования кислородных термодоноров. Поэтому после гидрогенизации проводился отжиг образцов на воздухе в режиме формирования термодоноров (450 °С, 20 минут). Распределение термодоноров по глубине контролировалось с помощью измерения сопротивления растеканию вдоль поверхности косого шлифа.

Ускоренное формирование термодоноров на глубину 125 мкм наблюдалось в случае гидрогенизации образца с тыльной нелегированной поверхности и отсутствовало при гидрогенизации образца со стороны легированной фосфором поверхности. Таким образом, высоколегированный фосфором приповерхностный слой, толщиной 0,5 мкм также препятствует проникновению водорода в объем кремния.

1 Pearson S.J., Corbett J.W., Stavola M. Hydrogen in Crystalline Semiconductors / 1992

2 Левицкая А. С., Казючиц Н. М., Макаренко Л.Ф., Некрашевич В.В. Проникновение водорода в кремний через высоколегированные имплантированные слои // 6-ая Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом» (ВИТТ-2005), Минск, Беларусь 28–30 сентября, 2005, 241–242.

О ВЛИЯНИИ ПРИМЕСЕЙ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (Fe, Co, Ni) НА АМОРФИЗАЦИЮ КРЕМНИЯ

А. О. КОРОБКО (магистрант), БГУ

На современном этапе развития материаловедческих исследований в кремниевой микроэлектронике особенно актуальной становится проблема поиска путей расширения ее функциональных возможностей. Так, имплантация кристаллического кремния ионами Co, Ni и Fe применяется для создания магнитных нанокластеров и силицидов металлов [1], которые используются в качестве материалов для контактов и межсоединений элементов интегральных микросхем [2].

Основной целью исследования являлось определение закономерностей образования аморфной фазы кремния, имплантированного ионами переходных металлов (Fe, Co, Ni) методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

В качестве объектов исследования были использованы пластины монокристаллического кремния, имплантированные при комнатной температуре ионами железа, кобальта и никеля с энергией 380 кэВ и флюенсами $\Phi = 3 \cdot 10^{13}, 10^{14}, 3 \cdot 10^{14}, 7 \cdot 10^{14}, 10^{15}, 3 \cdot 10^{15}, 10^{16}, 3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$.

Был обнаружен магнитный гистерезис линии ЭПР от оборванных Si—Si связей при развертке поляризующего магнитного поля в прямом и обратном направлениях. Установлено, что g-фактор от оборванных связей аморфного кремния, имплантированного ионами группы железа, отличается от g-фактора аморфного кремния ($g = 2,0055$), что объясняется влиянием ферромагнитной примеси, а, следовательно, изменением магнитной проницаемости μ , приводящей к отличному значению g-фактора имплантированных образцов.

Научная новизна полученных результатов заключается в установлении влияния магнитного упорядочения на аморфную фазу кремния.

Исследуемые материалы являются перспективными материалами для создания новых элементов записи и хранения информации.

- 1 Tan Z., Namavar F., Budnick J.I., Sanchez F.H., Fasihuddin A., Heald S.M., Bouldin C.E., Woicik J.C. Silicide formation and structural evolution in Fe-, Co-, and Ni-implanted silicon / Phys. Rev. B.—1992.—V. 46, N. 7.—P.4077—4085.
- 2 Choi C., Chang S., Ok Y., Seong T., Gan H., Pan G., Tu K. Formation of nickel disilicide using nickel implantation and rapid thermal annealing / J. Electr. Mat. — 2003.—V. 32, N. 10 — P.1072.

РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ СТРУКТУРЫ КРЕМНИЯ ПРИ ИОННО-АССИСТИРОВАННОМ НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА.

О. М. МИХАЛКОВИЧ (магистрант), И. С. ТАШЛЫКОВ (д. физ.-мат.н), БГПУ

Осаждение тонких пленок на кремневые пластины представляет как научный так и практический интерес для микроэлектронной промышленности. Следовательно необходимо изучать композиционный состав структур покрытие – подложка, дефектообразование в подложке и другие физические процессы, происходящие в приповерхностной области структур, формируемых ионно-ассистированным нанесением покрытий в условиях самооблучения (ИАНПУС).

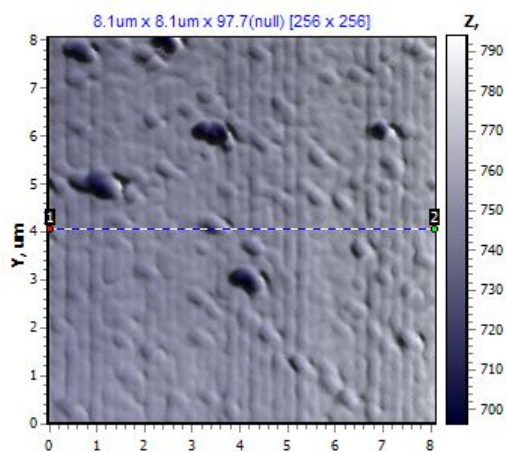
Целью данного исследования является изучение дефектообразования в подложке и построение профилей радиационных дефектов в кремниевой подложке по глубине. Объектом исследования являлась структура покрытие – подложка, сформированная методом ИАНПУС, а предметом исследования – дефектообразование в подложке, т. е. распределение дефектов по глубине. Для исследования использовался метод резерфордского обратного рассеяния в сочетании с каналированием ионов гелия, а также методика введения маркера Хе для определения реальной границы раздела фаз покрытие-подложка.

В ходе работы установлено, что профиль радиационных дефектов в кремнии имеет максимум на глубине R_{pd} ионов титана, что объясняется стоком межузельных атомов на поверхность и введением их в состав покрытия, осажденного на подложку. Также показано, что ионно-ассистированное осаждение покрытий на кремний с введенным предварительно ксеноновым маркером влияет на профиль дефектов: способствует снижению максимума концентрации смещенных атомов кремния и “расползанию” профиля дефектов к поверхности и в глубь подложки. Наблюдается радиационно-стимулированная диффузия компонентов покрытия в глубь кремния и атомов кремния в покрытие.

ТОПОГРАФИЯ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ

С. М. БАРАЙШУК (аспирант), И. С. ТАШЛЫКОВ (д. физ.-мат.н), БГПУ

Осаждение тонких пленок на кремниевые пластины представляет научный и практический интерес для микроэлектронной промышленности, так как позволяет формировать твердые или эластичные покрытия, защитные лиофильные или лиофобные в разных средах поверхности изделий. Поэтому в настоящем исследовании изучалась топография системы покрытие/кремний, сформированной ионно-ассистированным осаждением покрытия на кремний, а также изучалось влияние нанесения покрытий на шероховатость поверхности.



Поверхность кремния с углеродным покрытием

Для изучения поверхности полученных структур применялся бесконтактный режим сканирования атомно-силового микроскопа с последующей обработкой на компьютере. Получены изображения поверхности исходного и модифицированного нанесением различных покрытий кремния. Из полученных данных определили среднюю шероховатость, среднюю ровность и отношение площади поверхности к номинальной площади, значения которых приведены в таблице.

	Si				
параметр	исх.	C1	C2	Ti	
ср. шероховатость	0,16	0,31	0,54	1,10	
	9	4	7	1	
ср ровность	0,39	0,68	1,51	1,20	
	3	2	5	7	
пол/пр	1,01	1,00	1,00	1,00	
	266	15518	49468	43549	

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что на топографию поверхности влияет не только материал нанесенного покрытия, но и режим при котором проводилось осаждение. Однако можно заметить, что на нанесение всех исследованных нами покрытий приводит к увеличению шероховатости поверхности по сравнению с исходным кремнием.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ НА УНИПОЛЯРНОСТЬ TGS

К. Л. БРИНКЕВИЧ (студ. 5.к), В. И. ЯНУТЬ (к. физ.-мат.н), БГПУ

Необходимость повышения пороговой чувствительности пьезоэлектрических приборов, для далекой ИК области стимулирует разработки, связанные с возможностью формирования свойств монокристаллического триглицинсульфата (TGS), наиболее перспективного для приемных элементов таких приборов. Этот кристалл обладает высокими значениями пьезоэлектрического коэффициента, однако не отличается стабильностью доменной структуры, необходимой для надежной работы пьезоприемника.

Для стабилизации доменной структуры и создания униполярности в TGS нами предложена его комбинированная модификация в процессе выращивания.

Целью работы является изучение влияния степени замещения в TGS сульфатной и глициновой групп изоморфными им образованиями $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{PO}_3\text{F}]^{2-}$ и L-валином, а также условий выращивания на величину внутренних полей смещения и динамику структуры в синусоидальном и импульсном электрическом поле.

Кристаллы выращены методом циркуляции раствора при постоянных параметрах кристаллизации в разных температурных условиях.

Основные макроскопические свойства изучены по методике Сойера-Тауэра, характеристики импульсного переключения – по методике Мерца.

Обнаружены закономерности влияния групп-модификаторов и температуры роста на величину внутренних полей смещения, низкочастотную диэлектрическую проницаемость и поляризационные характеристики кристаллов, что указывает на возможность формирования в процессе их выращивания практически значимых характеристик. Так, при частичном замещении сульфатной группы группой $[\text{PO}_4]^{3-}$ возникает статическая униполярность, величина которой пропорциональна степени замещения. Замещение сульфатной группы на $[\text{PO}_3\text{F}]^{2-}$ сказывается не одинаково при выращивании кристаллов в сегнетоэлектрической и параэлектрической фазах.

Обнаружено конкурирующее влияние групп-модификаторов $[\text{PO}_3\text{F}]^{2-}$ и L-валина на величину внутренних полей смещения, процессы зарождения доменной структуры и ее динамики в условиях импульсного воздействия поля.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ TGS

Т. С. КАТЮШИНА (студ.5к), Л. Н. МАРГОЛИН (к.ф.-м.н). БГПУ

Современная техника характеризуется в первую очередь ускоряющимся процессом развития электроники. Успехи же в развитии электроники в значительной мере обусловлены созданием новых материалов, среди которых важную роль играют сегнетоэлектрические кристаллы. Благодаря наличию в сегнетоэлектриках пьезоэлектрических, электрооптических и других свойств, эти материалы находят широкое применение в лазерной и ИК-технике, гидроакустике, оптике, системе тепловидения, устройствах оперативной и долговременной памяти. В качестве рабочих элементов таких приборов и устройств используются различные сегнетоэлектрики, в том числе и кристаллы триглицинсульфата (TGS). Однако, кристаллы TGS имеют ряд существенных недостатков, которые несколько ограничивают их применение: наряду с высокими пьезоэлектрическими характеристиками имеет место и нестабильность параметров, температурная зависимость. В данной работе приводятся результаты исследования диэлектрических и поляризационных свойств кристаллов TGS, в которых лигандом являются как элементы замещения, по структуре близкие к глициновым группам TGS (аланин, валин), так и элементы внедрения (сернокислые соли Li, Ni, K, Na, Cu, Ni, Tl, K-Na, Cu-Ni) и выращенных в сегнетоэлектрической фазе (ниже температуры фазового перехода T_c) и в параэлектрической (выше температуры фазового перехода).

Исследования показали, что направленное изменение условий роста и модификаторов приводят к появлению новых свойств у кристаллов TGS, повышающих их практическую значимость. Введение в раствор небольшого количества модификаторов Li, Ni, K, Na, Cu, Ni, аланина, валина (до 10 мол.% в растворе) приводит к некоторому улучшению диэлектрических и поляризационных параметров. Легирование кристаллов TGS введением примеси аланина, валина оказывает особенно сильное влияние по сравнению с примесями Li, Ni, K, Na, Cu, Ni, Tl, K-Na, Cu-Ni. Выращивание модифицированных кристаллов TGS в сегнетофазе приводит к значительному росту внутренних полей смещения. Вхождение примесей в кристалл различно по механизмам роста. Примеси аланина, валина и двойных солей K-Na, Cu-Ni позволяют значительно стабилизировать доменную структуру модифицированных кристаллов TGS, а следовательно стабилизировать и поляризационные характеристики таких кристаллов.

ИЗМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ TGS ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ γ -ОБЛУЧЕНИЯ

И. Г. МИНИНА (студ.5к), Л. Н. МАРГОЛИН (к.ф.-м.н). БГПУ

Вопросам изучения свойств кристаллов триглицинсульфата (TGS) и ему изоморфных уделялось и уделяется большое внимание. Поскольку свойства сегнетоэлектрических кристаллов определяются их доменной и дефектной структурой, то одним из направлений по изменению свойств таких кристаллов является целенаправленное управление их структурой путем задания определенных условий роста кристаллов, выбором лиганда, радиационное воздействие.

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований пьезоэлектрических свойств кристаллов TGS, легированных L-валином и L-α-аланином и подвергнутых различным дозам γ -облучения. Модифицированные кристаллы TGS получены путем частичного замещения глициновой группы на соответствующую аминокислоту, содержание которой составляло до 10 мол.% в растворе. Кристаллы выращены при постоянной температуре роста 30°C. Облучение кристаллов проведено при 20°C на стандартном кобальтовом источнике Co^{60} с энергией $\sim 1,25$ МэВ. Необходимые дозы γ -облучения от 0.01 до 20 Мрад набирались при интенсивности облучения ~ 6 Мрад/час.

Исследование пьезоэлектрических свойств модифицированных кристаллов TGS проведено динамическим методом [1]. Как показали исследования температурных зависимостей пьезокоэффициентов d_{33}/ϵ и M_2 γ -облучение существенно изменяет вид всех кривых, т.е. влияет на крутизну зависимостей $d_{33}/\epsilon(T)$, и на величину значений d_{33}/ϵ и M_2 .

Установлено, что характер воздействия γ -облучения на пьезосвойства модифицированных кристаллов TGS можно разделить на два интервала: дозы облучения до 1 Мрад – приводят к улучшению пьезосвойств, а при дозах свыше 1 Мрад – к значительному уменьшению пьезоэлектрических параметров.

На основании полученных зависимостей $d_{33}/\epsilon(T)$ проведена оценка смещения температуры фазового перехода модифицированных кристаллов TGS при воздействии различных доз облучения.

1 Цедрик М. С. Физические свойства кристаллов семейства триглицинсульфата. Мн., 1986. 216с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЙ ЗЕРЕН НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛА

А. Н. ЕГОРОВ (студ. 5 к.), А. Е. ЗАГОРСКИЙ (ст. препода.), УО МГПУ

В настоящий момент в Республике Беларусь одним из приоритетных научных направлений являются исследования в области металлофизики. В этом разделе один из методов кристаллографических исследований заключается в определении среднего размера кристаллита (зерна) на поверхности поликристалла.

Объектом исследования является фотография среза кристалла.

Цель работы – разработать алгоритм и программу для компьютерной обработки изображений зерен поликристалла для определения их площади.

Полученные результаты. Разработана оригинальная программа на языке программирования Borland Delphi, с помощью которой можно значительно ускорить процесс обработки изображений поверхности кристаллов; в частности программа помогает определить площадь зерен.

Рассмотрены сложности, возникающие при ручной обработке изображений, а также указаны возможные пути решения этих трудностей.

Описаны основные процедуры, используемые в программе с пояснениями к ним. При этом не указаны свойства и параметры элементов и компонентов, использованных в программе. Иначе говоря, описанная в тексте работа на самом деле гораздо более трудоемкая, чем это может показаться.

В программе предусмотрено изменение масштаба только в сторону увеличения до 128 раз и уменьшения до исходного размера, чего вполне достаточно для работы с реальными изображениями.

Использование программы значительно ускоряет процесс обработки изображений, делая так же этот процесс менее трудоемким, нежели при ручной работе.

На данный момент существуют альтернативные способы определения площади зерен, например с помощью математического пакета MatLAB. Но этот пакет коммерческий.

Сфера применения. Программа может быть использована специалистами в области физики твердого тела, позволяя им обрабатывать результаты опытов значительно быстрее.

Степень внедрения. Программа разрабатывалась по заказу научно-исследовательской лаборатории физики прочности и пластичности Учреждения образования «Мозырский государственный педагогический университет» и в настоящее время используется для накопления статистических данных по размерам зерен поликристаллов висмута.

АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ

А. В. КОПЫЦКИЙ (магистрант), А. Ю. ИВАНОВ (к. физ.-мат.н), ГрГУ им Я. Купалы

Проблематика. В силу сложности и разнообразия явлений, инициируемых взаимодействием лазерного излучения (ЛИ) с веществом, актуальным является также создание моделей, описывающих данные явления, и позволяющих получить результаты, хорошо согласующиеся с данными эксперимента.

Цель работы. Целью работы является определение зависимости параметров акустической эмиссии не только от глубины, но и от формы кратера, образующегося в области фокусировки ЛИ, и уточнение зависимости длины акустической волны от глубины кратера с ранее полученными результатами [1].

Объект исследований. Известно, что при действии на поверхность металла ЛИ с достаточной плотностью потока мощности $q > 10^6$ Вт/см², в области фокусировки излучения образуется кратер, форма которого определяется параметрами ЛИ, характером эрозии материала и динамикой развития пароплазменного образования, образующегося у поверхности облучаемого образца. Известно также [1], что между глубиной образовавшегося кратера и длиной эмитируемой акустооптической волны существует однозначная связь.

Использованные методики. Пользуясь моделью нагруженной области, излучающей волны в упругую среду, считаем, что кратер представляет собой сегмент эллипсоида вращения, вытянутого вдоль лазерного луча. Граница кратера является нагруженной областью, излучающей акустические волны в линейно-упругую среду вещества. На данную область действует внешнее давление $p(t)$. За пределами нагруженной области среда является упругой, поэтому на границе очага процесса справедлив закон Гука. Используя уравнения равновесия, записанные в координатах вытянутого сфероида, в качестве граничного условия, и раскладывая вектор смещения на продольную и поперечную составляющие, получим систему алгебраических уравнений для амплитуд компонент. Решая уравнения, определяем спектр и временную зависимость смещения и компонент тензора напряжений от параметров кратера и $p(t)$.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Использованная модель позволяет более точно описать взаимодействие ЛИ с приповерхностным слоем вещества.

Полученные научные результаты и выводы. Предполагается получение однозначной связи между глубиной кратера и параметрами ЛИ.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Данные результаты можно использовать для создания методики неразрушающего контроля за ходом лазерной обработки материалов.

¹ Иванов А. Ю., Недолугов В. И. Временные характеристики акустических волн, возникающих при действии лазерного импульса на поверхность металла / Квантовая электроника, Том 16, № 4, с 801 – 805, 1989

ИМПЕДАНС НАНОКОМПОЗИТОВ ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАОЧАСТИЦ $\text{Co}_{0.45}\text{Fe}_{0.45}\text{Zr}_{0.10}$ В МАТРИЦЕ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

А. В. ЛАРЬКИН (студ 5. к), И. А. СВИТО (аспирант), А. К. ФЕДОТОВ (д. физ.-мат.н), БГУ

Гранулированные композиты металл-диэлектрик, которые представляют собой наноразмерные (2-10 нм) металлические частицы, распределенные в диэлектрической матрице, в последнее время вызывают повышенный интерес. Это обусловлено наличием у них перколяционного характера транспортных свойств, наблюдением эффектов слабой локализации, спинзависимого туннелирования носителей заряда и др.

Пленки микронных толщин в виде наночастиц сплава $\text{Co}_{0.45}\text{Fe}_{0.45}\text{Zr}_{0.10}$, распределенных в изолирующей аморфной матрице Al_2O_3 , были получены методом ионного напыления на диэлектрические подложки. В процессе напыления в вакуумную камеру вводился либо аргон под давлением порядка 10^{-2} Па (серия 1), либо смесь аргон-кислород с общим давлением $9.6 \cdot 10^{-2}$ Па при парциальном давлении кислорода $4.4 \cdot 10^{-2}$ Па (серия 2).

В работе проводились исследования импеданса нанокompозитов в диапазоне концентраций металлической фазы $30 \text{ ат.}\% < x < 63 \text{ ат.}\%$. Измерительная установка, включающая мост переменного тока НР-4284А и управляющую систему, позволяла проводить измерения амплитуды и фазы тока в исследуемых образцах в диапазоне частот 10^2 - 10^6 Гц, на основании которых рассчитывались действительная и мнимая части проводимости.

Участие диэлектрической фазы в переносе зарядов на постоянном токе для бинарных композиционных материалов обычно предполагается до порога перколяции. В этом случае эквивалентная схема нанокompозитов содержит два последовательно соединенных резистора: первый учитывает сопротивление R_1 прослойки диэлектрика и кластеров электропроводящей фазы на низких частотах, а второй соответствует сопротивлению R_2 частиц электропроводящей фазы на высоких частотах. Однако важной отличительной особенностью поведения исследованных образцов является появление индуктивности в соответствующих эквивалентных схемах в дополнение к емкостно-резистивным составляющим. Это означает, что в нанокompозитах, изолирующие прослойки между отдельными частицами (на диэлектрической стороне ПМИ) или ветвями ограниченных кластеров электропроводящей фазы (вблизи порога перколяции), также могут участвовать в формировании токопроводящих путей. Поскольку такие пути могут иметь существенно более сложную форму в виде самопересекающихся траекторий, что и может проявиться в виде индуктивности L в эквивалентных схемах всех типов исследованных нанокompозитов. Наличие емкостей C в данном случае, как обычно, учитывает участие тонких прослоек диэлектрической матрицы в формировании токопроводящих путей.

ЭЛЕКТРОПЕРЕНОС НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В НАНОКОМПОЗИТАХ $(\text{Co}_{0.45}\text{Fe}_{0.45}\text{Zr}_{0.10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$

Е. Г. МОСОЛОВА (студ 5. к), И. А. СВИТО (аспирант), А. К. ФЕДОТОВ (д. физ.-мат.н), БГУ

На сегодняшний день значительный интерес представляют пленочные нанокompозиты, в которых металлические ферромагнитные гранулы размерами несколько нанометров хаотично расположены в диэлектрической матрице. Такие нанокompозиты характеризуются рядом необычных электрических свойств, к числу которых можно отнести возможность изменения удельного электрического сопротивления в широких пределах и наличие различных квантовых механизмов электропроводности, и др.

В работе изучались пленки в виде наночастиц аморфного сплава $\text{Co}_{0.45}\text{Fe}_{0.45}\text{Zr}_{0.10}$ случайно распределенных в изолирующей аморфной матрице из оксида алюминия. В процессе катодного распыления сложной мишени в вакуумную камеру вводился либо только аргон (серия 1), либо смесь аргон-кислород (серия 2).

Исследовались температурные зависимости проводимости композитов серий 1 и 2, в области температур 77-300 К, в широком диапазоне концентраций металлической фазы.

Анализ температурных зависимостей проводимости показал, что в нанокompозитах обеих серий в области концентраций металлической фазы $31 \text{ ат.}\% < x < 63 \text{ ат.}\%$ доминирует прыжковый механизм переноса носителей заряда по локализованным состояниям, лежащим в узкой полосе энергий вблизи уровня Ферми. В этом случае температурные зависимости удельной проводимости описывались законами Мотта $\ln(\sigma) \propto (\text{ToM/T}) - 0,25$ либо Шкловского-Эфроса $\ln(\sigma) \propto (\text{ToSE/T}) - 0,5$ [1].

Для образцов серии 1 закон Мотта справедлив во всей температурной области исследования, однако при $T \approx 100$ К наблюдается изменение параметра ToM , характеризующего среднюю энергию активации прыжков. Такое поведение можно связать с присутствием двух различных систем путей протекания для носителей заряда в изучаемом температурном интервале. Для нанокompозитов серии 2 также обнаружено два доминирующих механизма проводимости в исследованной области температур. Однако, если в области низких температур (77 – 160 К) преобладает прыжковый механизм проводимости по закону Мотта, дальнейшее повышение температуры сопровождается сменой данного закона на закон Шкловского-Эфроса, описывающего прыжковый механизм при наличии кулоновской щели в плотности состояний.

Обнаружено, что плотность локализованных состояний $N(E_F)$ на уровне Ферми при увеличении концентрации металлической фазы в обоих типах композитов возрастает примерно на 2 порядка. Однако сами величины $N(E_F)$ у образцов серии 1 примерно на 2 порядка выше, чем у образцов серии 2.

1 Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах / М.: Мир, 1982.-368 с.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ COFEZR-AL₂O₃

И. А. СВИТО (аспирант), А. К. ФЕДOTOV (д. физ.-мат.н), БГУ

В настоящее время большой научный и практический интерес представляют изготовление и исследование свойств композиционных материалов с наноразмерным структурированием образующих их фаз. Так как в высокочастотной области применение стандартных аморфных магнитомягких сплавов на основе железа и кобальта в качестве головок магнитной записи затруднено вследствие возрастающих потерь на вихревые токи, то для их уменьшения необходимо увеличивать удельное электрическое сопротивление магнитных сплавов. Одним из путей решения данной задачи является получение композиционных материалов на основе наночастиц из аморфных металлических сплавов в диэлектриках. Применение таких диэлектриков как SiO₂ и Al₂O₃ в качестве наполнителей позволяет увеличить удельное электросопротивление и расширить частотный диапазон применения магнитомягких материалов.

В качестве объекта исследований были выбраны полученные методом ионно-лучевого напыления на подложки из ситалла пленки толщиной 3-5 мкм, в которой наночастицы сплава Co_{0.45}Fe_{0.45}Zr_{0.10}, были хаотично распределены в изолирующей аморфной матрице из оксида алюминия. В процессе напыления в вакуумную камеру вводился либо только аргон (серия 1), либо смесь аргон-кислород (серия 2).

В работе изучались ЯГР спектры, кривые намагничивания M(B) и оценивались начальные магнитные проницаемости для образцов обеих серий.

Эксперименты по ЯГР показали, что вид спектров существенно зависит от наличия кислорода в газовой смеси при распылении мишени. В частности, для пленок серии 1 характер спектров меняется от суперпарамагнитного (при малых содержаниях металлической фазы) до спектра с ферромагнитным расщеплением в виде секстета (при больших содержаниях металлической фазы). Для диэлектрических образцов этой серии кривые M(B) практически линейны, что подтверждает парамагнитное либо суперпарамагнитное состояние металлических наночастиц. При высоких концентрациях металлической фазы (за порогом перколяции) форма кривых намагничивания резко меняется, показывая признаки насыщения без гистерезиса, что характерно для мягких аморфных ферромагнитных сплавов. В то же время, на ЯГР спектрах нанокмпозитов серии 2 ферромагнитного расщепления не наблюдается во всей области составов, что заставляет предположить сохранение суперпарамагнитного состояния окисленных железосодержащих фаз даже при больших концентрациях металлической фазы. Так, до порога перколяции кривые M(B) не имеют гистерезиса, что означает парамагнитное либо суперпарамагнитное состояние окисленных металлических наночастиц. За порогом перколяции форма кривых резко изменяется от ненасыщающегося к насыщающемуся поведению, сохраняя безгистерезисный характер.

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ ИОННЫМ ЗОНДОМ

А. В. АДАКИМЧИК (аспирант), Е. И. КОЗЛОВА (к.ф.-м.н.), БГУ

Получение композиционных материалов со свойствами, востребованными современной практикой, является актуальной задачей электроники. В то же время, одна из основных нерешенных проблем заключается в широком разбросе синтезируемых в диэлектрике наночастиц по размерам и их неравномерном распределении по объему, что осложняет практическое использование композиционных материалов. Одним из способов решения данной проблемы является применение метода имплантации ионов металлов в полимерную (диэлектрическую) матрицу. Целью данной работы было изучение особенностей формирования микро- и наноструктур в полимерных пленках методом имплантации галлия, никеля и кобальта ионным зондом, а также влияния ионов металлов на электрические характеристики и морфологию полимерной матрицы. В качестве объектов исследования были выбраны пленки полиимида и полиэтилена толщиной до 40 мкм. Исследования имплантированных ионами металлов пленок проводились 4-х зондовым методом измерения электропроводности и методом электронной микроскопии. Ионы металлов имплантировались как по заранее заданным формам (линии разной ширины), так и стандартным методом. Установлено, что в случае стандартной ионной имплантации электропроводность модифицированных пленок увеличивается на несколько порядков величины с ростом дозы имплантации, практически независимо от вида иона. При проведении имплантации методом FIB проводимость получаемых структур зависит как от вида иона, так и от формы структуры. В частности, с ростом ширины ионной «дорожки» от 0,1 до 2 мкм электропроводность полиимида возрастала на несколько порядков. Критическим значением ширины при этом было 0,4-0,5 мкм. Методом электронной микроскопии были получены данные об изменении морфологии поверхности полимера при ионной имплантации. Установлено, что при стандартной ионной имплантации поверхность пленки изменяется неравномерно, становясь одновременно пористой. Металлические частицы при этом распределены относительно равномерно на некоторой глубине пленки. При имплантации методом FIB на поверхности полимера происходит формирование канавок, на дне которых «оседает» образуемая ионами металлов заданная структура. Эти канавки оказываются «залеченными» веществом полимера. Таким образом, сформированная структура оказывается изолированной без дополнительного внешнего воздействия. В результате проведенной работы предполагается, что метод ионного зонда применим для получения в полимерной матрице проводящих дву- и трехмерных протяженных структур различной формы, которая определяет их электрические параметры.

САМООРГАНИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ CDSE НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛА

Э. ХМЫЛКО (магистрант), Н. Д. СТРЕКАЛЬ (к. физ.-мат. н.) ГрГУ им. Я. Купалы

В данной работе исследованы кольцевые структуры из наночастиц CdSe, иммобилизованных на поверхности стекла, обработанного аминпропилтриметоксисилоном.

Наличие кольцевых агрегатов на исследуемых образцах (Рис. 1) обусловлено, по всей видимости, эффектом Марангони [1]. Суть эффекта сводится к наличию температурных изменений при осаждении между подложкой и свободной поверхностью. Как результат наличия температурного градиента возникают конвекционные восходящие и нисходящие потоки. Для концентрированных растворов характерны шестиугольные образования, наблюдаемые в экспериментах Бернара, а для разбавленных – кольцевые структуры.

При облучении лазером (с длиной волны 488 нм мощностью 8-10 мВт/мм²) происходит увеличение интенсивности флуоресценции образцов, зависимость от времени которых, для различных точек, продемонстрирована на Рис. 2 (графики получены путем нормирования на значение интенсивности флуоресценции в начальный момент времени). Видно, что в зависимости от структуры, формы и особенно размеров агрегатов, сигнал флуоресценции наночастиц по-разному изменяется со временем. Видим, что со временем сигнал от большого центрального агрегата уменьшается, что вызвано тушением излучения в плотноупакованном ансамбле (до 30%). Кольцевые структуры демонстрируют рост сигнала из-за вклада коллективных эффектов (от 40% до 70%) [2,3]. Также рост интенсивности происходит и на фоновых участках (20%), где имеются единичные наночастицы.

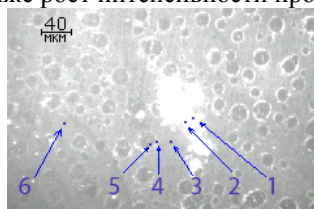


Рис. 1 Фотография образцов в начале облучения

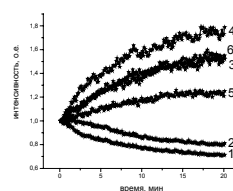


Рис. 2 Динамика изменения интенсивности фотолюминесценции для разных агрегатов, обозначенных на Рис. 1

- 1 Maillard M., Motte L., Ngo F.N., Pileni M.P., // J. Phys. Chem. - В 2000, 104, 11871-11877
- 2 Климовская А.И., Дрига Ю.А., Гуле Е.Г., Пикарук О.А. // Физика и техника полупроводников.-2004.-№ 37 (6).-с. 706
- 3 Хмылко Э.К. О вкладе коллективных эффектов в свечение ансамбля наночастиц./ В сборнике тезисов докладов XIII республиканской научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. «Физика конденсированного состояния» 26-28 апреля 2005г. Гродно: Изд. ГрГУ. - 2005.- с.410

ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ НАНОКЛАСТЕРОВ GESN ПРИ ОКИСЛЕНИИ SIGESN-СПЛАВОВ

А. Г. НОВИКОВ (аспирант), С. Л. ПРОКОПЬЕВ (аспирант), К. В. ЯЦКО (студ. 5к.), БГУ

Недавно начаты исследования неравновесных сплавов на основе полупроводников IV группы Si_{1-x}Sn_x, Ge_{1-x}Sn_x, и Si_{1-x-y}Ge_xSn_y. В частности установлено, что в определенных композиционных интервалах указанные сплавы имеют прямую запрещенную зону, обладают варизонностью при изменении состава, а также, в некоторых случаях, высокой подвижностью свободных носителей заряда [1,2]. В работе [3] установлено, что увеличение x в интервале от 0,035 до 0,115 приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны в диапазоне от 0,8 до 0,35 эВ, а также методом измерения коэффициента поглощения ИК излучения экспериментально подтверждено наличие прямой зоны для сплавов Ge_{1-x}Sn_x.

В настоящей работе предложен метод формирования сплавов Ge_{1-x}Sn_x, основанный на процессе сегрегации атомов Ge и Sn на границе раздела SiO₂/Si при оксидировании структур Si/SiGeSn/Si и Si/GeSn/Si. Исходные структуры осаждались методом молекулярно-лучевой эпитаксии на кремниевых подложках с ориентацией (001) при температуре 170°C после чего они подвергались термической обработке при 925°C и 950°C в течение 15-130 минут в атмосфере O₂. Методами просвечивающей электронной микроскопии и резерфордского обратного рассеяния исследованы процессы формирования нанокристаллов Ge_{1-x}Sn_x в структурах SiGeSn/Si и GeSn/Si при термическом оксидировании. Методами РОРКИ и ПЭМ установлено, что перераспределение примеси является лимитирующим механизмом в процессе сегрегационного формирования НК GeSn. Полученные НК имеют средний размер ~10 нм, поверхностную плотность ~4.5×10¹⁰ см⁻² и композиционный состав, близкий к Ge_{0.79}Sn_{0.21}.

- 1 Gang He and Harry A. Atwater // Phys. Rev. Lett. 79. 1937-1940 (1997).
- 2 Gang He and Harry A. Atwater // Appl. Phys. Lett. 77, 3418 (2000).
- 3 Ragan R. et. al. // Appl. Phys. Lett. 77. 3418. (2000).

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА, СОДЕРЖАЩЕГО НАНОКЛАСТЕРЫ КОБАЛЬТА

А. П. ЗБОРОВСКИЙ (студ 4. к), Е. А. ЩЕМЕЛЕВА (студ 4. к), М. Г. ЛУКАШЕВИЧ (к. физ.-мат. н.), БГУ

В последние годы большое внимание уделяется синтезу и исследованию электрофизических характеристик наноструктурированных композиционных материалов, в частности представляющих собой изолирующую или проводящую матрицу с включениями кластеров магнитного металла.

Целью данной работы является определение размеров и композиционного состава кластеров кобальта в углеродных волокнах, полученных высокотемпературной термообработкой полимерного предшественника методом рентгеновской дифрактометрии. Синтез кобальтосодержащих углеродных волокон, приготовление образцов, методика измерения электрофизических характеристик, а также определение размеров нанокластеров волокон представлены ранее в [1].

Размеры и структура нанокластеров кобальта в углеродных волокнах исследовалась с помощью рентгеновского дифрактометра Siemens D-500. Измерения проводились в режиме отражения в геометрии Брегга-Брентано.

Анализ рентгеновских дифрактограмм показал, что отожженные при 7000 С волокна не содержат кластеров графита, а средний диаметр кластера составляет около $d \sim 3$ нм. В то же время в волокнах, отожженных при 9000 С, наблюдаются пики, обусловленные как присутствием кластеров графита, так кобальта с диаметром 20 нм и более.

Сравнение размеров кластеров, полученных разными методами показало, что размер кластеров из данных рентгеновской дифрактометрии достаточно хорошо коррелируют с данными изучения магнитных характеристик волокон. В то же время, просвечивающая электронная микроскопия дает, как минимум, в три раза большую величину размера нанокластера, что может быть связано с его поликристалличностью или несферичностью. Установлено, что распределение кластеров по диаметру достаточно хорошо экстраполируется линейно-логарифмическим распределением с величиной дисперсии 0,18.

¹ Башмаков И.А., Доросинец В.А., Лукашевич М.Г., Мазаник А.А., Тихонова Т.Ф., Скрипка Д.А. ФТТ / 2002. – Т. 44, № 9. – С.1614 – 1621.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ CDSE В МАТРИЦЕ ZNSE, ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДАМИ МЛЭ И УМЭ

А. В. АНДРИЕВСКИЙ (студ. 4 к.), И. С. МАНАК (к. физ.-мат. н.), БГУ; Е. В. ЛУЦЕНКО (к. физ.-мат. н.), НАНБ

Полупроводниковые гетероструктуры с квантовыми точками привлекают к себе пристальное внимание научного сообщества в настоящее время, поскольку являются весьма перспективными для создания оптоэлектронных устройств и квантовых компьютеров. Квантовые точки CdSe представляют особый интерес, так как на их основе возможно создание низкопороговых лазерных устройств, работающих в зеленой области спектра.

Целью данной работы явилось изучение квантовых точек CdSe в матрице ZnSe, выращенных методами молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) и улучшенной многоцикловой эпитаксии (УМЭ) в Физико-техническом Институте им. А. Ф. Иоффе РАН (Санкт-Петербург).

Для исследования данных структур применялись методы фотоиндуцированного отражения, фотолюминесценции и пространственно разрешенной катодолуминесценции.

Обычно для исследования подобных структур применяют метод фотолюминесценции. Использование метода фотоиндуцированного отражения совместно с методом фотолюминесценции позволяет выявить более тонкие детали в энергетическом спектре полупроводников, а также позволяет проще разрешить близкие спектральные линии.

При изучении спектров фотолюминесценции исследованных гетероструктур установлено, что максимум спектра представляет собой сумму двух линий с близкими длинами волн, плохо разделяемых по спектрам фотолюминесценции, зато четко видных по спектру фотоотражения. Было выдвинуто предположение, что одна спектральная линия представляет собой излучение из квантовых точек CdSe, а вторая — из тонкого слоя CdSe между точками. Данное предположение было подтверждено измерениями спектров пространственно-разрешенной катодолуминесценции. По известным длинам волн максимумов отдельных компонент проведено разделение суммарного спектра фотолюминесценции и определено отношение интегральных интенсивностей излучения из квантовых точек и тонкого слоя CdSe. Для структур, выращенных методом МЛЭ, данное отношение оказалось меньше, чем для структур, выращенных методом УМЭ, что говорит о том, что качество квантовых точек лучше при использовании УМЭ и данный метод целесообразно использовать для изготовления гетероструктур с квантовыми точками.

Перспективное применение данных результатов — создание высокоэффективных полупроводниковых лазеров в зеленой области спектра.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, ВЫРАЩЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

И. К. КИРИНА (студ. 5к), Е. Ю. ЛЕЩЕНКО (студ. 5к), БГУ

В 1991г. впервые были обнаружены углеродные нанотрубки (УНТ), представляющие собой протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких микрон, состоящие из одного или нескольких свернутых в трубку гексагональных графитовых слоев и заканчивающиеся полусферической головкой. Область возможных применений УНТ в научных исследованиях и современных технологиях чрезвычайно широка, однако для практических целей необходимо создать приемлемые по сложности и экономически оправданные методики получения УНТ с необходимыми характеристиками.

Цель работы – апробация различных методов выращивания углеродных нанотрубок, а также исследование характеристик полученных УНТ.

Объектом исследования являются углеродные нанотрубки, выращенные при использовании различных методов.

В процессе работы проводились эксперименты по выращиванию УНТ с использованием метода газофазного каталитического разложения СО, абляции графита с помощью лазерного облучения и химического осаждения в парах (CVD). Структурные исследования образцов УНТ проводились с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Основным научным результатом работы стала разработка экспериментальных методов формирования УНТ, а также были получены данные по структурным и размерным характеристикам выращенных нанотрубок.

Выращенные УНТ предполагается использовать при создании полевых нанотранзисторов, где каналом будет служить полупроводниковая углеродная нанотрубка. Следовательно, исследование размерных характеристик, типа проводимости, связь типа УНТ с их диаметром, хиральностью являются исключительно важными.

РАСЧЕТ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЯМ В N-КАНАЛЕ СУБМИКРОННОГО МОП-ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА

Д. С. СПЕРАНСКИЙ (студ. 5к), В. М. БОРЗДОВ (д. физ. - мат. н), БГУ

Тема исследований посвящена проблеме численного кинетического моделирования процессов переноса носителей заряда в современных интегральных полупроводниковых приборах, а также расчету электрофизических свойств и электрических характеристик этих приборов.

Целью представленной работы явился численный расчет функции распределения носителей заряда по энергетическим состояниям в проводящем канале интегрального субмикронного МОП-полевого транзистора (МОП-ПТ) в зависимости от приложенных к его электродам напряжений и некоторых его конструктивно-технологических параметров.

Объект настоящих исследований представлял собой инверсионный слой, выполняющий роль проводящего канала моделируемого прибора.

В основе разработанного алгоритма расчета и реализующей его программы лежит численный метод Монте-Карло, являющийся в настоящее время одним из наиболее эффективных методов моделирования полупроводниковых приборов и элементов ИС.

Основным научным результатом проведенных исследований можно считать разработку процедуры построения функции распределения электронов по состояниям с использованием алгоритма редких событий в области стока МОП-ПТ, где особенно интенсивно протекает процесс ударной ионизации. Это позволило сократить время построения функции распределения горячих электронов в области хвоста этого распределения при одновременном выполнении условия необходимой точности расчета.

С целью подтверждения эффективности разработанной процедуры в данной работе представлены результаты расчета для модельного МОП-ПТ с определенными конструктивно-технологическими параметрами и напряжениями на стоке и затворе при температуре 300К в двух случаях: с использованием алгоритма редких событий и без него. При этом было показано, что в первом случае вследствие увеличения объема статистических данных, обеспечиваемых этим алгоритмом для энергий электронов больших 1,1эВ, достоверность получаемых результатов в области хвоста распределения значительно возрастает.

Разработанная процедура была включена в программный комплекс моделирования МОП-ПТ методом Монте-Карло, разработанный на кафедре физической электроники БГУ, что позволило повысить эффективность работы этого комплекса при исследовании вида функции распределения электронов в канале в области стока транзистора.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА

П. В. КУРИЛО (студ. 4 к.), БГУ

Рядом исследователей показано [1,2], что при интенсивном использовании мобильного телефона, его электромагнитное излучение оказывает влияние на пользователя. На электронном рынке предлагаются изделия, предназначенные для снижения этого влияния [3].

Цель работы: анализ эффективности защиты от электромагнитного излучения сотового телефона малыми экранами.

Объект исследования: модель «человек – защитное устройство – сотовый телефон».

Использованные методики: компьютерное моделирование с использованием пакета программ Ansoft HFSS 9.1, в результате которого определяется максимальное значение коэффициента SAR в мозге человека при различных положениях защитного устройства и телефона.

Оценена эффективность защиты от излучения путем применения экрана, который собой представляет четыре связанных медных кольца.

На частоте 900 MHz защитная система наиболее эффективна при радиусе колец 15 мм. При этом максимальное значение SAR снижается примерно в четыре раза

Предлагается защитный экран от электромагнитного излучения сотового телефона.

- 1 Денисенкова И.В. и др. // Тез. докл. Второй международной конференции «Электромагнитные поля и здоровье человека».- Москва, 20-24 сентября 1999.- С.124-125, 334.
- 2 O.P. Gandhi, G.Tinniswood, and G.Yu. Comparison of numerical and experimental methods for determination of SAR and radiation patterns of hand-held wireless telephones. / Bioelectromagnetics, vol. 20, pp.93-101, 1999.
- 3 <http://www.sarshield.com/images/SARitems/testresults2.pdf>

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

А. К. ГИНЕЛЬ (магистрант), А. В. ЕСИПОК к. ф-м. н.), ГрГУ им.Я.Купалы

Существующие методы измерения диэлектрической проницаемости в СВЧ диапазоне относятся к волновым бесконтактным методам контроля. До настоящего времени использовался «Стандартизованный метод измерения диэлектрической проницаемости тонколистовых диэлектриков на частотах 9-10 ГГц». Этот метод основывается на цилиндрическом резонаторе с волной H_{01} , в который вводится испытуемый образец материала в форме диска диаметром 50 мм и толщиной 0.5–2.5 мм.[1]

Недостатком данного метода является то, что он не позволяет измерять диэлектрики толщиной менее 0.5 мм. При толщине материала меньше 0.5 мм получается большая погрешность в силу малого сдвига частоты в резонаторе и незначительного изменения добротности резонатора.

Предлагается пленки толщиной менее 0.5 мм измерять альтернативным методом СВЧ зондирования.[2]

В СВЧ диапазоне картину стоячей волны принято регистрировать с помощью измерительной линии. В волновод помещается исследуемый образец диэлектрика с толщиной менее 0.5 мм. Позиционирование зонда осуществляется с достаточно высокой точностью по сравнению с длиной волны, что позволяет точно фиксировать сдвиг стоячей волны.[2]

Предложенный метод позволяет измерять распределение СВЧ поля в стоячей волне H_{10} , сформированной в системе генератор СВЧ – измерительная линия – пленка, с помощью зонда, пропущенного через щель во внутреннюю полость волновода. При помещении в волновод пленки происходит сдвиг узла и изменение коэффициента стоячей волны (КСВ) по сравнению с их величиной и положением в пустом волноводе.

Точность измерения диэлектрической проницаемости тонкопленочных материалов методом СВЧ зондирования существенно выше, поскольку она не ограничена толщиной исследуемого образца, и данный метод является фазовым методом, он позволяет фиксировать сдвиг узла с достаточно высокой точностью. Предлагается измерять диэлектрическую проницаемость тонких пленок вторым методом.

- 1 Зайцев А.Н., Иващенко П.А., Мыльников А.В. Измерения на сверхвысоких частотах и их метрологическое обеспечение. / Учебное пособие для средних специальных учебных заведений.- М.: Изд-во стандартов, 1989, 240 с., с илл.
- 2 Есипок А.В., Кропачева Л.В., Рычков Ю.М. Метод СВЧ-зондирования приэлектродных областей слабопроводящих жидкостей. / Электронная обработка материалов. – 1992, №5, С. 40-41

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, УМЕНЬШАЮЩИЕ РАДИОВИДИМОСТЬ ОБЪЕКТОВ

А. О. РОПОТ (студ. 4 к.), БГУ

Известны технологии снижения радиовидимости объектов, в частности технология <<Стелс>> [1,2], которые базируются на применении композиционных материалов. Возможным способом повышения качества композиционных материалов может быть включение в его состав киральных частиц.

Цель работы: анализ свойств композиционного материала при его модифицировании киральными частицами

Объект исследования: элемент радиопоглощающего композиционного материала, содержащий киральную частицу.

Использованные методики: компьютерное моделирование с применением пакета программ Ansoft HFSS 9.1, в результате которого определяется влияние кирального элемента на свойства материала.

Оценена эффективность поглощения волн СВЧ диапазона с использованием киральной спирали и без нее.

Проведен анализ поглощения на частотах от 1 до 5 ГГц. Показано, что в середине этого диапазона частот модифицированный киральной частицей материал имеет лучшие рабочие характеристики. Поглощение волны этой частоте 3 ГГц увеличилось в 3,5 раза.

Можно утверждать, что применение киральных частиц позволяет не изменяя толщину радиопоглощающего покрытия улучшить его характеристики.

1 Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982

2 Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A., Viitanen A. J. Electromagnetic Waves in Chiral and Bi-Isotropic Media. L.: Artech House, 1994

3 Vinogradov A. P. Microscopic Properties of a Chiral Object // Proc. Bi-Anisotropics-93.

4 Kostin M. V., Shevchenko V. V. On Electromagnetic Theory of Artificial Nonchiral and Chiral Media with Resonant Particles // Advances in Complex Electromagnetic Materials / Eds. A. Priou et al. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1997

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЖК-СЛОЕВ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

И. В. РЕУТ (студ. 2 к.), Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат.н.), БНТУ

Широко используемые в различных областях техники жидкокристаллические устройства представляют собой плоский конденсатор, между электродами которого находится ориентированный слой жидкого кристалла. Взаимодействие жидкого кристалла с ориентирующей поверхностью существенно влияет на характер протекающих в нем физических процессов и во многом определяет оптические параметры ЖК-устройств самого различного назначения. В тоже время жидкие кристаллы являются хорошими аналогами биологических структур, и многие биоструктуры обладают жидкокристаллическими свойствами. Для таких структур характерно отсутствие жестких граничных условий на поверхности ЖК-слоя. В представляемом докладе приведены результаты экспериментального исследования процессов формирования структур в ЖК-слое со свободной поверхностью.

В работе были рассмотрены различные условия реализации свободной поверхности исследуемых ЖК-текстур. Во-первых, изучены особенности формирования сферических капель ЖК-вещества, помещенных в различные изотропные среды (биологические растворы). В данных текстурах наблюдается устойчивая картина коноскопического креста с четырьмя взаимно перпендикулярными ветвями погасания и изохромных кольцевых линий. Наблюдаемые физические процессы обусловлены пространственно-неоднородным распределением директора жидкого кристалла. На границе раздела жидкого кристалла с воздухом молекулы ЖК в зависимости от химической природы могут быть ориентированы параллельно, перпендикулярно или наклонно к плоскости поверхности. Параметр порядка на поверхности существенно отличается от своего значения для ориентированного слоя. На границе ЖК - изотропная среда наиболее типичными являются тангенциальная либо нормальная ориентация директора. Во-вторых, рассмотрены ЖК-структуры с «мягкой» границей. Условия «мягкой» границы выполняются при контакте двух различных ЖК-слоев, заключенных в общий капилляр. Экспериментально исследованы структурные изменения ЖК-текстур в этой зоне при различных их температурах и воздействии на них электрического поля. Сравнение результатов измерения и данных компьютерного моделирования позволяет сделать вывод о характере упорядочения молекул в ЖК-слоях со свободной поверхностью и обобщить полученные результаты на молекулярные биологические системы.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ОСВЕТИТЕЛИ С ПОВЫШЕННОЙ ЯРКОСТЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ

С. Я. ТЕЛЕПУН (студ. 2 к.), Ю. В. РАЗВИН (к. физ.-мат. н.), БНТУ

За последние годы произошло стремительное развитие твердотельных источников света – светодиодов. Создание светодиодов повышенной яркости, светоотдача которых может достигать 10 лм/Вт, стимулировало широкое внедрение таких светодиодов в различных областях техники. Повышение эффективности использования светодиодных устройств связано с исследованием режимов работы светодиодов в каждом конкретном схемном решении. Целью данной работы является разработка специализированных светодиодных осветителей для оптических микроскопов.

В работе выполнено экспериментальное исследование параметров светодиодов, формирующих монохроматическое излучение и излучение широкого спектрального состава, при различных режимах питания. Исследуемые светодиоды отличались конструкцией и, соответственно, значением апертурного угла. На базе монохроматора была собрана экспериментальная установка, позволяющая определять электрические и световые характеристики используемых светодиодов. Для определения параметров оптического излучения в работе использовался метод фотоэлектронной регистрации, а также люксметр Ю-16. Система питания, содержащая стабилизированный блок питания БП5-49 и электронную схему формирования электрических импульсов, позволяла реализовать режимы импульсного и постоянного питания светодиодов. Особый интерес представляют результаты, полученные в условиях значительного превышения параметров питания их номинальных значений. Для каждого типа светодиодов определены предельные уровни питания, проведены измерения вольт - амперных и оптических характеристик, соответствующих этим условиям. Выполнены расчеты и проведено макетирование диоптрических и катоптрических схем разрабатываемых осветителей с учетом конструкции (линзы) светодиода. Приводятся данные экспериментального сравнения параметров светодиодных осветителей и построенных по аналогичной схеме осветителей на основе лазерных полупроводниковых диодов. Полученные на различных микроскопах с помощью цифрового фотоаппарата микроизображения подтверждают высокую эффективность в эксплуатации разрабатываемых осветителей.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АДСОРБЦИИ ВЕЩЕСТВ НА ПОВЕРХНОСТЬ СУБСТРАТА

Р. С. АДАМЧИК (магистрант), А. Е. ГЕРМАН (к. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я.Купалы

Одной из основных проблем спектроскопии усиленного поверхностью вторичного излучения адсорбатов [1] является низкая воспроизводимость результатов, которая сильно зависит от технологических особенностей процесса адсорбции анализа на поверхность субстрата. При этом такие параметры, как скорость погружения и извлечения субстрата из раствора, время вымачивания, время сушки и т.д., обычно контролируются экспериментатором с невысокой точностью. Следствием этого является сильный разброс параметров получаемых слоев.

Целью данной работы является разработка и изготовление установки, автоматизирующей процесс вымачивания подложек в растворе исследуемых веществ. Установка состоит из двух блоков, связанных друг с другом и персональным компьютером (ПК) посредством кабелей. Первый блок содержит электронную схему контроллера шагового двигателя (ШД) с редуктором, размещенных во втором блоке. Контроллер содержит: схему сопряжения с ПК (интерфейс IEEE1284); ключи обмоток ШД со схемами защиты; управляемый стабилизатор напряжения для питания электронной схемы и ШД; схемы, отображающие состояние контроллера на многофункциональном индикаторе.

Второй блок представляет собой массивное металлическое основание-плиту с регулируемыми по высоте подставками, обеспечивающими удержание блока на поверхности с углом наклона до 30°. На плите жестко закреплен ШД типа ШДА-3, два редуктора и вспомогательные элементы, предназначенные для крепления зажимов с подложками.

Для управления установкой написано программное обеспечение, позволяющее задавать требуемые параметры перемещения (с точностью не хуже ± 25 мкм и скоростью до 2 мм/с) образцов с наглядной индикацией процесса выполнения задания. Программа управляет следующими функциями: погружение и извлечение субстрата из раствора с заданными перемещением и скоростью; таймер времени адсорбции; калибровка и самотестирование. Удобный интерфейс пользователя обеспечивает отображение всех режимов, включая псевдографическое изображение процесса выполнения эксперимента.

Проверка функционирования разработанной системы показала 2-х кратное повышение воспроизводимости опытных результатов, а также существенное облегчение работы экспериментатора. Описанная установка применяется в лаборатории молекулярной спектроскопии ГрГУ при выполнении широкого спектра научно-исследовательских работ.

1 Гигантское комбинационное рассеяние / Под ред. Ченга Р., Фуртака Т.-М.: Мир, 1984.– 408 с.

ПОГРЕШНОСТИ ПРИВЯЗКИ ВИЗИРНОЙ ОСИ ОПТИЧЕСКОГО ЛОКАТОРА К ВНЕШНЕЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

А. В. ВЕСЕЛЬЕВ (студ. 5 к.), П. В. СИВАЕВ (студ.), В. А. ФИРАГО (к. физ-мат н.), БГУ

В процессе пеленгации удаленных объектов часто возникает необходимость в оценке положения центра их изображения. При существенной фоновой засветке отношение сигнал/шум вследствие радиационных шумов понижается, что не позволяет по зарегистрированному матрицей на приборах с зарядовой связью (ПЗС) зарядовому рельефу точно определить координаты центра. Даже при однородном фоне пуассоновские и собственные шумы ПЗС-матрицы обуславливают случайный характер наблюдения, поэтому приходится использовать методы оценки положения центра изображения, основанные на выводах статистической теории оптимального приема сигналов. В системах локации необходимо оценивать положение центра изображения в географических координатах, что вызывает необходимость топопривязки оси оптической системы.

Целью проделанной работы является разработка методов топопривязки оптической системы по тестовым объектам. В докладе рассматриваются способы привязки по изображениям тестовых объектов в виде тонких светящихся линий и их перекрестий. Предлагаются конструкции тестовых объектов для средней ИК области спектра.

В докладе приводятся результаты численного моделирования процесса накопления зарядов в элементах ПЗС при сканировании тестовых изображений, и определения их центра с помощью корреляционных методов. Для оптической системы с гауссовой функцией рассеяния определены погрешности привязки при использовании в ближней инфракрасной области многоэлементных фотоприемников на ПЗС структурах, а в средней области линейки приемников ID TL056 XX при разных значениях отношения сигнал/шум и наличии отклонения положения тестового объекта от заданного.

Полученные результаты показали эффективность разработанных алгоритмов проведения привязки при сканировании тестовых объектов. Погрешность оценки положения центра изображения составляет менее половины пиксела, что удовлетворяет требованиям к оптическим локационным системам пассивного типа.

ТРЕХЗАЖИМНЫЕ НАКЛАДНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ОХРАННЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Т. В. КУДЕЛЯ (студ. 2 к), А. А. ДЖЕЖОРА (к. тех. н.), ВГТУ

Для устранения влияния воздушных зазоров в электроемкостных датчиках используют охранный электрод. Его применение неразрывно связано с технологическими возможностями изготовления узких электродов [1]. Решение указанной проблемы возможно за счет использования калиброванной проволоки в качестве охранных электродов.

Цель работы устранить влияние воздушных зазоров.

Объектом исследования служила система накладных измерительных конденсаторов (НИК).

При построении математической модели был использован метод конформных отображений, который преобразовывал комплексную плоскость системы НИК в плоскость, для которой расчет параметров конденсатора известен. Были получены аналитические выражения для основных параметров преобразователей: рабочей и паразитной емкостей, глубины устранения влияния воздушных зазоров.

В процессе работы производились математические расчеты системы НИК с использованием программы Maple. В результате была создана математическая модель НИК с охранным электродом цилиндрической формы, проверена адекватность модели реальным конструкциям.

Результаты использовались в разработке конструкций электроемкостных датчиков неразрушающего контроля. Они могут быть использованы в учебном процессе при изучении темы «Функции комплексного переменного».

1 Матис И. Г. Электроемкостные преобразователи для неразрушающего контроля / Рига, «Зинатне», 1982, с. 302.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПАКЕТА РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ (НИК)

Т. В. КОВАЛЕНКО, К. И. ЖАВОРОНОК (студ. 2, 1 к), Ю. А. ЗАВАЦКИЙ (ст. преп.), ВГТУ

При изучении любых свойств новых материалов возникает необходимость использовать особые методы, позволяющие определять параметры без разрушения материала.

Цель исследования состоит в разработке методики изучения основных свойств материала (удельное сопротивление, влажность и др.), не требующей дорогостоящего оборудования и разрушения изучаемого образца [1].

Объектом исследования является система накладных измерительных конденсаторов (НИК) различных конструкций.

При построении математической модели был использован метод конформных отображений, с помощью которого комплексную плоскость системы НИК преобразовывают в плоскость, для которой расчет параметров конденсатора известен. После этого были созданы специальные библиотеки, позволяющие пользователю производить самостоятельные расчеты с новыми параметрами рассмотренной системы НИК.

В процессе работы производились дополнительные математические расчеты системы НИК, расчеты с использованием программы Maple, разработки программ загрузки пакетов и презентаций на языке Object Pascal. В результате была создана программа, демонстрирующая «электронный учебник» расчета параметров НИК и позволяющая самостоятельно произвести расчеты с новыми параметрами соответствующих систем НИК в виртуальном режиме [2].

Результаты использовались в разработке конструкций электроемкостных датчиков неразрушающего контроля, а также в учебном процессе при изучении темы «Функции комплексного переменного».

1 Матис И. Г. Электроемкостные преобразователи для неразрушающего контроля. Рига, «Зинатне», 1982, с. 302.

2 Коваленко Т. В., Погосов В. Н., Завацкий Ю. А. Математическое моделирование и разработка программного обеспечения для расчетов параметров систем накладных измерительных конденсаторов (НИК)/ Тезисы докладов XXXVIII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета, Витебск, 2005 г.

РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

Н. В. ИВАХНЕНКО (студ 5.к), А. А. ЖУК (студ 5.к), Е. Е. ИВАНОВ (к. физ.-мат. н), ГрГУ им.Я.Купалы

Проблематика. В работе рассматривается методика разработки и создания имитационных лабораторных работ по разделу «Механика» курса общей физики.

Цель работы. Целью данной работы является моделирование реально существующих лабораторных работ в курсе изучения механики в Гродненском государственном университете имени Я. Купалы.

Объект исследований. Имитационные лабораторные работы предназначены в качестве вспомогательного средства для студентов-заочников и всех желающих получить представление о лабораторных работах. Кроме того, данные программы могут позиционироваться в качестве средства дистанционного обучения. В данный момент разработаны по механике для первого курса физико-технического факультета «Определение ускорения свободного падения с помощью оборотного маятника», «Изучение законов соударения шаров», «Изучение законов равномерного движения на машине Атвуда», «Крутильный баллистический маятник», «Определение коэффициента вязкости жидкости».

Использованные методики. В работе использовалось стандартное рассмотрение физических и математических моделей объектов, а также их визуализация с помощью программной среды Microsoft Visual Basic 6.0

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Разработаны действующие компьютерные модели лабораторных работ, способные помочь студентам, имеющим доступ к компьютеру и сети Internet. У разработчиков имеются дальнейшие планы по совершенствованию и разработки лабораторных работ.

Полученные научные результаты и выводы. Таким образом, разработаны действующие компьютерные модели лабораторных работ, способные помочь студентам, имеющим доступ к компьютеру и сети Internet. У разработчиков имеются дальнейшие планы по совершенствованию и разработки лабораторных работ.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Конечным является сетевые варианты программ, поскольку их использование в сети Internet является доступным для всех желающих. Кроме собственно моделирования лабораторного эксперимента программы снабжены всем необходимым справочным материалом, в том числе и текстом исходной работы из физпрактикума.

1 Сивухин Д. В. Общий курс физики/ Том 1. – Механика. – М.1974. – 706 с.

2 Реселман Б., Писли Р. Использование Visual Basic 6: – К.;М.; СПб.: Издательский дом «Вильямс», 1999. – 608с.

АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

А. Ю. ТИШИН (студ 5.к), БГУ

Получение одного высококачественного изображения или видеопоследовательности из серии изображений с низким разрешением – важная проблема, возникающая в таких областях как медицина, приборы ночного видения, охранные системы.

Задача сверхразрешения состоит в том, чтобы из набора изображений с низким разрешением одной сцены получить единственное изображение с более высоким разрешением. Если изображений с низким разрешением смещены на подпиксель относительно друг друга, можно извлечь высокочастотные подробности (лежащие выше предела Найквиста) оригинального изображения.

Многочислен был разработан алгоритм повышения разрешения для видеопоследовательности движущегося бинарного объекта (т.е. с цветовым разрешением 1 бит). Алгоритм включает в себя алгоритм решения известной головоломки «японский кроссворд». При таком подходе максимальное повышение разрешения без применения интерполяции составляет N , где N – количество кадров в видеопоследовательности. В качестве тестовых видеопоследовательностей бралась синтезированная видеопоследовательность из кадров движущегося бинарного объекта.

Предложенный метод в границах своей применимости показывает результаты лучше чем существующие методы и имеет более высокое быстродействие, что позволит его применять в устройствах с невысоким быстродействием (смартфон, КПК Palm и др). Также эта методика может быть использована для слежения, детализации, распознавания и т.д. с помощью одной видеокамеры за несколькими движущимися объектами, число которых заранее неизвестно. Примером тому могут служить охранные системы. На основании данной методики возможно улучшение качества видеоданных и разработка кодека для дополнительного сжатия видеоданных.

- 1 Тишин А. Ю., Восстановление изображений деталей движущихся объектов размером меньшим пикселя кадра. // Электроника-Инфо. 2005. № 3. С. 62-64.
- 2 Michael E. Tipping and Christopher M. Bishop, Bayesian Image Superresolution // Microsoft Research Cambridge, CB3 0FB, U.K.
- 3 R. C. Hardie, K. J. Barnard, and E. A. Armstrong Joint MAP registration and high-resolution image estimation using a sequence of undersampled images. // IEEE Transactions on Image Processing, 6(12):1621-1633, 1997.
- 4 Тишин А. Ю., Разработка алгоритмов повышения разрешения изображения // Сборник работ 62 научной конференции студентов и аспирантов Белгосуниверситета, Минск 2005

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ТАБЛИЧНЫХ ФУРЬЕ-ТРАНСФОРМАНТ

В. В. РЫЖОВА (студ. 5 к.), Л. В. ДОРОШЕВА (ст. препод.), УО МГПУ

Данная научная работа посвящена вопросам математического моделирования, построению и обоснованию численных методов и использованию комплексов программ для решения задач физико-математического мониторинга окружающей среды. Основное внимание уделено проблеме эффективности методов обработки изображений на основе специализированных численных методов и вычислительных экспериментов, которые позволяли бы с достаточным разрешением проводить анализ, по крайней мере, двумерных задач в режиме реального времени с учетом динамики наблюдаемого объекта. В частности, построен и обоснован метод решения прямой задачи передачи изображения в оптико-электронной системе, что позволило без заметного ущерба точности существенно снизить вычислительные затраты за счет использования табулированных фурье-трансформант.

Объектом исследования являются модельные уравнения прямой задачи передачи изображения в оптико-электронных системах дистанционного зондирования.

Цель работы – разработка, обоснование и апробация метода табличных фурье-трансформант для численного моделирования прямой задачи передачи изображения в оптико-электронных системах дистанционного зондирования.

В работе использовались методы вычислительной математики, теории аппроксимации функций и функционального анализа, методы Фурье-анализа, метод пространственно-частотных характеристик.

В результате исследования впервые разработан метод численного решения прямой задачи передачи изображения в оптико-электронных системах дистанционного зондирования, позволяющий без заметного ущерба точности существенно снизить вычислительные затраты за счет использования табулированных фурье-трансформант вместо многократного обращения к процедуре дискретного преобразования Фурье.

Предложенный метод решения целесообразно использовать и для решения некорректных обратных задач дистанционного зондирования, а также в следующих отраслях науки и техники: радиотехника и телевидение (при синтезе антенн, для улучшения диаграмм их направленности), гравиметрия (дистанционный поиск полезных ископаемых), спектроскопия (восстановление характеристик плотности энергии по спектру излучения), астрофизика (определение характеристик звезд и крупномасштабных объектов Вселенной по спектрам излучения).

РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО СЛОЯ МЕТОДОМ РУНГЕ-КУТТА

Н. В. ЛОПАСИН (Студ. 5к.), А. Б. СОТСКИЙ (проф., д. ф.-м.н.), МГУ им. А.А.Кулешова

Необходимость в оптических исследованиях приповерхностных и переходных слоев возникает при обработке технологии пассивирования электронных схем, решение вопросов адгезии композитных материалов, и т.д. Распространенным методом подобных исследований является многоугловая эллипсометрия.

Этот метод используется для восстановления распределения комплексного показателя преломления $n(x)$ неоднородного слоя путем обработки зависимости эллипсометрических углов ψ и δ от угла падения φ поляризованной световой волны.

При решении обратной оптической задачи обычно используется метод наименьших квадратов, состоящий в минимизации функционала невязки экспериментальных и рассчитанных, в рамках некоторой модели функции $n(x)$ зависимостей $\psi(\varphi)$ и $\delta(\varphi)$. При этом прямая эллипсометрическая задача, состоящая в вычислении функций $\psi(\varphi)$ и $\delta(\varphi)$, обычно решается методом стратификации, что обеспечивает первый порядок точности указанных функций относительно шага расчетной сетки.

В докладе предлагается заменить метод стратификации интегрированием задачи Коши для волновых уравнений,

$$\frac{d^2}{dy^2} E + k_0^2 [\varepsilon(y) - \sin^2 \varphi] E = 0,$$

$$\varepsilon \frac{d}{dy} \frac{1}{\varepsilon} \frac{d}{dy} H + k_0^2 [\varepsilon(y) - \sin^2 \varphi] H = 0,$$

описывающих волны s и p поляризации, соответственно. Такой подход позволяет использовать метод Рунге-Кутты, что приводит к существенному повышению точности вычисления функций $\psi(\varphi)$ и $\delta(\varphi)$. С использованием метода Рунге-Кутты четвертого порядка точности нами исследованы функции $\psi(\varphi)$ и $\delta(\varphi)$ для поверхности кремния с окисной пленкой. Выполнен сопоставительный анализ результатов методов стратификации и Рунге-Кутты.

ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОКИСНЫХ ПЛЕНОК TiO₂ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА

О. Б. АЛХИМОВИЧ (аспир.), И. В. ИВАШКЕВИЧ (препод.), А. А. СКВОРЦОВ (студ. 5к.),
Н. И. СТАСЬКОВ (к.ф.-м.н.), МГУ им. А. А. Кулешова

Известно, что эффективные значения показателей преломления, поглощения и толщин в нанометровом диапазоне для целей исследования и контроля планарных слоистых структур при их промышленном изготовлении могут обеспечиваться методами эллипсометрии. Важность исследований оптических параметров титана обуславливается его широким применением в микрооптоэлектронике. Обычно на титановую подложку наносятся слоистые структуры. Контроль параметров этих структур требует знания оптических характеристик титановой подложки и состояние ее поверхности.

Главные поляризационные углы Δ и ψ титана измерялись на эллипсометре ЛЭФ-2 (ГЦ «Белмикроанализ», г. Минск). Точность измерений углов Δ и ψ составляет 0,5'. В таблице приведены измеренные поляризационные углы Δ и ψ при различных углах падения φ и рассчитанный по ним комплексный показатель преломления. В этом случае предполагалось, что титан однороден по толщине.

φ	Δ	ψ	N
65	139,85	32,32	2,746-3,589i
70	126,53	29,69	2,755-3,582i
73	115,45	28,19	2,758-3,582i
75	106,30	27,46	2,751-3,593i

Как видно из таблицы в данной области углов значение N фактически не изменяется в пределах погрешности и сопоставимо в сравнении с общепринятым для титана значением показателя преломления [1]. Из рис.1, где приведены измеренные и рассчитанные углы Δ и ψ , следует, что слой естественной окиси имеет малую толщину ($h < 10\text{\AA}$) и практически не влияет на измеряемые Δ и ψ титана.

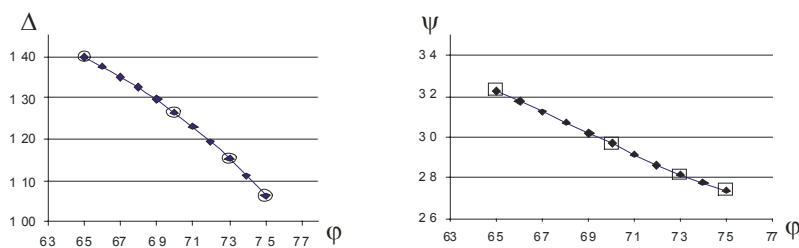


Рис. 1. Измеренные (○) и рассчитанные (◆) Δ и ψ при углах падения φ

ФАЗОВЫЙ СВЕТОДАЛЬНОМЕР НА ЛАЗЕРНОМ ДИОДЕ: УЧЕТ ВАРИАЦИЙ ФАЗЫ МОДУЛЯЦИИ

В. С. БЕЛЯВСКИЙ (студ 3 к.) И. С. МАНАК (к. физ.-мат н.), БГУ

В современных малогабаритных светодальномерах широко используются лазерные диоды (ЛД) и светодиоды, для которых характерны вариации фазы модуляции излучения (разброс фазы у диодов с широким контактом может достигать 40° в некогерентном режиме работы на частотах порядка 1 ГГц), что препятствует повышению точности измерения расстояний фазовым светодальномером, работающим в гигагерцовом диапазоне. Очевидно, что при конструировании высокоточных фазовых дальномеров вариации фазы модуляции представляют значительную проблему.

Цель работы – методом компьютерных технологий изучить влияние фазовой неоднородности излучения на точность измерения расстояний фазовым дальномером и предложить способы ее повышения.

Моделируемая измерительная система состоит из ЛД с широким омическим контактом и размерами светящейся области на зеркале резонатора 100×3 мм, объектива и фотоприемника. При установке ЛД в фокальной плоскости передающего объектива дальномера в дальней зоне в плоскости, где устанавливается отражатель, наблюдается наложение излучения из разных участков светящейся области диода, и формируется распределение фазы модуляции, отличное от распределения в ближней зоне. Результирующий сигнал на анализируемой площадке с центром в точке Y дальней зоны имеет вид

$$I(Y, t) = \frac{K}{2\Delta} \int_{Y-\Delta}^{Y+\Delta} I_0(Kz)(1 + p \sin(\omega t + \varphi(Kz))) dz, \quad (1)$$

где $K=F/(L-F)$, F – фокусное расстояние объектива, L – измеряемое расстояние, I_0 – начальная плотность интенсивности в ближней зоне, p – коэффициент глубины модуляции излучения, $\Delta = F \tan \alpha$, ω – частота модуляции, φ – фаза модуляции излучения диода вдоль координаты Y , α – угол расходимости излучения.

Разработана теоретическая база для расчета фазы и интенсивности излучения ЛД в месте положения приемного объектива фазового светодальномера. Установлено, что для фазы модуляции излучения на приемнике характерны значительные вариации, хотя они и существенно сглаживаются по сравнению с исходными. Предложен метод, позволяющий повысить точность измерения расстояний при использовании ЛД с высокой неоднородностью фазы модуляции излучения. Он основан на измерении расстояния на двух существенно разнесенных частотах с устранением неоднозначности на каждой из них, и последующем уточнении результата с учетом нелинейности зависимости фазы модуляции излучения от частоты.

НОВЫЙ МЕТОД КОРРЕКЦИИ АСТИГМАТИЗМА В КОМПАКТНЫХ СВЕТОСИЛЬНЫХ СПЕКТРОМЕТРАХ

А. Г. КУПРЕЕВ (АСПИРАНТ), И. М. ГУЛИС (Д. ФИЗ.-МАТ. Н.)

В последнее время на рынке оптических спектральных приборов четко выявляется тенденция к миниатюризации. Это объясняется значительным расширением области применения оптической спектроскопии, появлением большого числа полевых приложений, востребованностью методов неразрушающего контроля. Однако по важному соотношению разрешающей способности и светосилы компактные спектрометры все еще значительно уступают полноразмерным стационарным спектрометрам.

Целью работы явилась разработка схемно-конструктивного решения компактного светосильного спектрометра со спектральным разрешением, достаточным для рутинных люминесцентных и спектрофотометрических измерений. Как известно, одной из главных причин ухудшения разрешения при высокой светосиле являются аберрации астигматизм и кома. Поэтому поставленной цели предполагалось добиться, используя способ коррекции астигматизма, ранее не применявшийся в спектроаналитическом оборудовании. Способ подразумевает размещение между входной щелью спектрометра и коллиматорным зеркалом прозрачной плоскопараллельной пластинки, наклоненной в плоскости прохождения светового пучка.

Объектом исследований явились геометрооптические особенности поведения наклонной плоскопараллельной пластинки в непараллельном световом пучке, в частности, появляющийся в световом пучке после пластинки квазиастигматизм, который способен в определенной степени компенсировать астигматические искажения, вносимые сферическими зеркальными объективами спектрометра.

В ходе исследования проводились как аналитические расчеты для оценки возможности коррекции астигматизма указанным способом, так и множество численных расчетов оптических схем с использованием написанных специально для этого программ в пакете OSLO. Полученные результаты подтвердили возможность коррекции астигматизма вышеуказанным способом; также были рассчитаны соответствующие оптические схемы и создана эскизная конструкторская документация, необходимая для макетирования спроектированных спектрометров. Достигнутые аналитические характеристики: спектральный охват – от 300 до 690 нм; разрешение – не хуже 0.9 нм; числовая апертура – 0.155; габариты – не более 180 мм $\times$ 160 мм $\times$ 90 мм.

Это вполне соответствует предполагаемой области применения прибора – использованию в учебных практикумах, аналитических лабораториях для рутинных измерений. Предполагается вхождение его как функционального модуля в компактный спектрофотометрический комплекс. Изобретенная схема спектрометра сейчас готовится к патентованию, а прибор находится на стадии изготовления полнофункционального макета.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ В СТОЯЧЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Е. О. КОТЯШЕВ (аспирант) МГУ им. А. А. КУЛЕШОВА.

Трехмерная компьютерная графика в настоящее время широко используется для визуализации различных физических объектов и их математических характеристик. Использование такого подхода позволяет наглядно представить зрителю сложные процессы и явления.

В электродинамике широко используется графическое представление электромагнитного поля как поля трехмерных векторов напряженности электрической или магнитной компоненты. Стоячая волна с плоской поляризацией является широко известным фактом. Ее поле можно представить как суперпозицию полей двух распространяющихся навстречу друг другу плоских электромагнитных волн одинаковой частоты с линейной поляризацией. Если же сложить две встречные плоские волны, но уже с круговой поляризацией, между которыми существует определенная фазовая задержка, то можно получить стоячую волну с эллиптической поляризацией.

В данной работе была построена программа трехмерной анимации электрической компоненты стоячей волны с эллиптической поляризацией. Программа была разработана с использованием API библиотеки трехмерной компьютерной графики OpenGL. Анимация демонстрирует изменение полей результирующей волны и двух составляющих ее компонент вдоль прямой, направление которой совпадает с направлением волновых векторов образующих волн. Конец вектора электрической напряженности поля суммарной волны в декартовой системе имеет следующие координаты:

$$E_x(t) = x$$

$$E_y(t) = A \sin(\omega t - kx) + \sin(\omega t + kx)$$

$$E_z(t) = A \sin(\omega t - kx + \varphi) + \sin(\omega t + kx + \varphi)$$

Данная программа может использоваться в качестве наглядного пособия к лекционному материалу. В перспективе планируется разработка целого пакета компьютерных демонстраций, включающего в себя ряд сложных физических моделей, трехмерная визуализация которых будет способствовать осознанному пониманию материала.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПУЧКОВ С ЗАДААННЫМИ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

И. А. ТИМОЩЕНКО (аспирант), БГУ

Экспериментальное изучение и теоретическое описание пространственной структуры лазерного излучения всегда было в центре внимания исследователей. В подавляющем большинстве работ лазерные моды описываются решениями скалярного уравнения Гельмгольца в параксиальном приближении. Однако в тех случаях, когда пучок сильно сфокусирован или необходимо знать состояние поляризации светового пучка, например, в процессах поляризационно-градиентного охлаждения нейтральных атомов [1], эти приближения неприменимы.

Цель данной работы состоит в совершенствовании метода плосковолновых разложений для конструирования пучков с необходимой степенью расходимости, поляризацией и профилем интенсивности. Для этого частоты, поляризации, интенсивности, начальные фазы и направления распространения парциальных волн задаются с помощью так называемого многообразия пучка [2].

В работах [2-4] такой подход развит для конструирования и исследования локализованных стоячих волн, ряда ортогональных пучков, движущихся вихрей и торнадо. В данной работе мы применяем его для конструирования различных типов электромагнитных пучков, в том числе квазибесселевых и Бессель-гауссовых пучков. Исследуются способы управления поляризационными состояниями и пространственными распределениями интенсивности посредством изменения начальных фаз парциальных волн. Метод позволяет конструировать как слабо расходящиеся пучки, так и сильно сфокусированные пучки. Полученные результаты могут быть использованы при разработке способов генерации различных по структуре пучков с помощью управляемых дифракционных оптических элементов.

- 2 Dalibard J., Cohen-Tannoudji C. Laser cooling below the Doppler limit by polarization gradients: simple theoretical models. / J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 6, No. 11, p. 2023, 1989
- 3 Borzdov G. N. Designing localized electromagnetic fields in a source-free space / Phys. Rev. E, Vol. 65, p. 066612, 2002
- 4 Borzdov G. N. Plane-wave superpositions defined by orthonormal scalar functions on two- and three-dimensional manifolds / Phys. Rev. E, Vol. 61, p.4462, 2000
- 5 Borzdov G. N. Localized electromagnetic and weak gravitational fields in the source-free space / Phys. Rev. E, Vol. 63, p. 036606, 2001

СПЕКТРАЛЬНЫЯ ХАРАКТАРЫСТЫКІ АДНАМЕРНЫХ ФАТОННЫХ КРЫШТАЛЯЎ

В. У. ЦІХАНОВІЧ (магістрант), І. С. МАНАК (к. фіз.-мат. н.), ДЗ. У. УШАКОЎ (к. фіз.-мат. н.), БДУ

Тэма фатонных крышталяў з'яўляецца вельмі актуальнай у сучаснай навуцы перш за ўсё з-за практычнай накіраванасці даследаванняў у гэтай галіне: на аснове структураў дадзенага тыпу магчымая рэалізацыя кампактных і эфектыўных прыладаў оптаэлектронікі – нізкапараговых лазераў, высокадабротных рэзанатараў, аптычных хваляводаў і аптычных валокнаў, спектральных фільтраў і палярызатараў. Цікавасць выклікаюць такія з'явы як існаванне дэфектнай моды ў фатонных крышталях (з-за такіх унікальных уласцівасцяў як спектральная селектыўнасць, канцэнтрацыя светлавой энергіі ў надзвычай малых прасторава-часавых аб'ёмах, лакалізацыя светлавых імпульсаў), нелінейныя эфекты кшталту насычэння каэфіцыента ўзмацнення ў фатонных структурах.

Праведзена тэарэтычнае вывучэнне спектральных характарыстык фатонных крышталяў, вырашчаных на аснове паўправадніковых матэрыялаў. Даследаваны з'явы аптычнага ўзмацнення ў фатонных гетэраструктурах з n-i-p-i-слаямі, спосабы кіравання дэфектнай модай унутры забароненай зоны прапускання фатоннага крышталю для вырашэння магчымасці выкарыстання іх у якасці аптычных узмацняльнікаў і спектральных фільтраў.

Для даследавання фатонных структураў тыпу “фатонны крыштал” была створана матэматычная мадэль на аснове метаду характарыстычнай матрыцы, з дапамогай якой праведзена лічбавае мадэляванне спектраў прапускання і адбicia фатонных крышталяў з наступным аналізам атрыманых вынікаў.

У выніку кампутарнага эксперыменту былі разлічаны спектры прапускання і адбicia для фатонных структур, у тым ліку з дэфектнай модай, на аснове GaAs (у рознай ступені легіраваным алюмініем), SiO₂, InP (у рознай ступені легіраваным галіем), даследаваны ўплыў нелінейных эфектаў на спектральныя ўласцівасці фатонных структур. Вынікі даследавання могуць быць выкарыстаны пры распрацоўцы аптычных фільтраў (пераключальнікаў) і нізкапараговых лазераў, у прыватнасці для паўправадніковых інжекцыйных лазераў на аснове тэхналогіі фатонных крышталяў, у якіх ролю актыўных n-i-p-i-слаеў выконваюць гетэраструктуры на матэрыяле GaAs.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОВУШЕЧНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ МОД В РЕЗОНАНСНЫХ СТРУКТУРАХ

Д. С. ГОНЧАРИК (студ. 4 к.), БГУ

Известно, что в пространственно неоднородных системах может существовать интервал частот, в котором при определенных условиях возникают ловушечные и поверхностные моды[1,2]. Представляет практический интерес исследование таких эффектов в радиально неоднородных световодах и наноразмерных слоях[3,4].

Цель работы: исследование полноты условий возникновения эффектов ловушечных и поверхностных мод в простейших моделях среды.

Объект исследования: одномерная модель мелкого канала, возбуждаемого штампом; двумерная модель световода со значительной разностью показателя преломления сердцевины и оболочки.

Использованные методики: компьютерное моделирование в системе “MATLAB”.

Установлено, что в системе с одной степенью свободы динамические включения конечных размеров приводит к появлению ловушечных мод, частота колебаний которых зависит от амплитуды. Полученные результаты в одномерном случае обобщаются на двумерный случай.

Результаты двумерного моделирования могут быть использованы для улучшения характеристик компактных антенн.

- 1 E. Yablonovitch, Phys. Rev. Lett. 58, 2059 (1987).
- 2 S. John, Phys. Rev. Lett. 58, 2486 (1987).
- 3 J. Opt. Soc. Am. B 10 (2) (1993), special issue on PBG materials, edited by C. M. Bowden, J. P. Dowling, and H. O. Everitt.
- 4 Photonic Band Gaps and Localization, edited by C.M. Soukoulis (Plenum, New York, 1993).

МОНИТОРИНГ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ВОЛН В РЕЗОНАНСНЫХ СРЕДАХ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

А. С. ГОРБАЦЕВИЧ (аспирант) БГУ.

При исследовании характера эволюции излучения, распространяющегося в нелинейной среде, обычно сравниваются значения входных и выходных параметров. Такой подход имеет существенный недостаток – для определения характера эволюции необходимо провести целую серию измерений при вариации входных параметров. И при этом нет гарантии, что необходимые особенности эволюции будут выявлены, особенно в случае, если изменения параметров не носят монотонного характера или перекрывают большой динамический диапазон.

В настоящей работе предлагается метод мониторинга характера эволюции характеристик поляризованного излучения при его распространении в нелинейной усиливающей среде. Рассмотрена задача, когда инжектированное поляризованное излучение попадает в полосу люминесценции изотропной среды, которая накачивается другой мощной поляризованной волной, при этом полосы поглощения и люминесценции не перекрываются. В качестве среды рассматривался ансамбль хаотически ориентированных молекул, которые моделировались стандартной 4-х уровневой системой. Расчет населенностей проводился с использованием аппарата матрицы плотности, а ориентационное усреднение проводилось численными методами. Регистрация люминесценции проводилась в направлении, перпендикулярном направлению распространения излучения.

Предварительные расчеты показали, что стационарный случай является малоинформативным, поскольку заметные изменения интенсивности и степени поляризации люминесценции наблюдаются лишь при весьма значительном изменении интенсивности потоков внешнего излучения. В случае импульсов наиболее перспективной в рамках решаемой задачи является ситуация короткого инжектируемого (усиливаемого) импульса и гладкого импульса накачки, форма и длительность которого удовлетворяет условиям квазистационарного возбуждения. В этом случае наблюдается четкая корреляция между формой усиливаемого импульса и характером резкого изменения как поляризации, так и/или интенсивности люминесценции. Причем изменение поляризации люминесценции в процессе прохождения усиливаемого импульса напрямую связано с состояниями поляризациями комбинирующих импульсов и их взаимной ориентацией. Поскольку на основе проведенных расчетов следует однозначное соответствие между параметрами импульсов и характером изменения параметров люминесценции, то рассмотренный метод может быть использован как для определения ряда соотношений параметров импульсов (например, временные характеристики их перекрытия), так и для мониторинга эволюции импульса в процессе усиления для различных точек по длине активной среды.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЯЮЩИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А. В. ТРОФИМОВА (магистрант), БГУ

В настоящее время развивается применение скрытых изображений в системах защиты документов и промышленной продукции от подделки. Скрытое изображение обычно создается модуляцией двулучепреломления в полимерном слое и может наблюдаться с помощью скрещенных линейных или кругового поляризаторов. Однако еще не все возможности таких визуализирующих систем изучены и применяются на практике. В частности, не используются возможности визуализации, создаваемые вариациями величины двулучепреломления, и цветовые эффекты, характерные для поляризационных устройств.

Коэффициент пропускания рассматриваемых систем визуализации рассчитывался методом Джонса. Анализ черно-белого изображения проводился расчетом величин яркости и оптического контраста, цветного – цветовых координат и цветоразличения. По цветовым координатам осуществлялся компьютерный синтез цветных изображений.

Экспериментальное исследование и теоретический расчет продемонстрировали возможность различать изображения по цвету, оценивая степень их анизотропии. При визуализации круговым поляризатором было выделено три основных группы изображений с различной окраской, соответствующей определенному уровню их анизотропии.

С целью оптимизации условий наблюдения и поиска дополнительных идентифицирующих признаков изображений было предложено использовать в системах визуализации фазовую пленку с заданной величиной двулучепреломления. В случае кругового поляризатора она позволила достичь максимальной величины цветоразличения, для скрещенных линейных поляризаторов – дала возможность различать изображения по смене их контраста при ее повороте.

Таким образом, в ходе исследования были изучены особенности визуализации скрытых изображений в полимерном слое с помощью скрещенных линейных и кругового поляризатора и на их основе предложены дополнительные возможности, позволяющие модернизировать процесс идентификации.

УСИЛЕНИЕ И ДЕГРАДАЦИЯ ФАЗОВЫХ ГОЛОГРАММ В ПОЛИМЕРНЫХ СЛОЯХ, СОДЕРЖАЩИХ ФЕНАНТРЕНХИНОН

Д. Н. МАРМЫШ (аспирант), Е. А. ТОЛСТИК (студ. 4.к), БГУ

Полимерные регистрирующие среды, содержащие фенантренхинон (ФХ), относятся к фазовым голографическим средам с диффузионным усилением. Основной фотохимической реакцией ФХ является фотовосстановление с последующим присоединением к макромолекулам. При пространственно неоднородном распределении регистрирующего излучения в среде образуются противofазные распределения непрореагировавшего ФХ и фотопродукта, вносящие вклады в распределение показателя преломления. В результате диффузии непрореагировавших молекул ФХ суммарное распределение показателя преломления увеличивается. Цель работы заключалась в исследовании процессов усиления и деградации голограмм, записанных в полимерной среде содержащей ФХ с высокой концентрацией.

Регистрирующие слои толщиной 50 – 150 мкм с концентрацией ФХ 3 мол.% получали путем полива на стеклянную подложку жидкого раствора ФХ и ПММА в органическом растворителе с последующей сушкой. Запись объемных голографических решеток велась излучением аргонного лазера ЛГ-106М (длина волны 514,5 нм) по симметричной схеме в попутных пучках. Период записываемых решеток $d=1-3,5$ мкм. После записи голографических решеток проводилось их термическое усиление при температурах 50–100°C. В постэкспозиционный период осуществлялось слежение за дифракционной эффективностью (ДЭ) голографических решеток на длине волны He-Ne лазера ($\lambda=633$ нм). Из измеренных значений ДЭ рассчитывалась амплитуда модуляции показателя преломления Δn по формуле для объемных решеток. Полученные данные убедительно свидетельствуют о том, что усиление голограмм происходит благодаря диффузии ФХ. Были измерены коэффициент диффузии ФХ, а также коэффициент усиления Δn . Установлено, что деградация голографических решеток при повышенных температурах характеризуется как минимум двумя процессами. Первый из них носит диффузионный характер. В качестве диффузанта, ответственного за него, могут выступать низкомолекулярные продукты фотореакции ФХ. Второй процесс характеризуется меньшей скоростью и не имеет признаков диффузионного процесса. Он может быть обусловлен деформациями полимерного окружения, происходящими при релаксации напряжений вызванных фотореакцией.

Таким образом, в настоящей работе исследованы процессы усиления и деградации фазовых голографических решеток в полимерной среде, содержащей ФХ. Определены параметры процессов усиления и деградации.

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ СОЛИТОНОПОДОБНЫХ СТРУКТУР В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$.

Т. В. ГАБРУСЕВА (студ 4.к), Н. Г. БОРЗДОВ (студ 5.к), БГУ

Исследование солитонов и солитоноподобных структур вызывает большой научный и практический интерес в связи с перспективой их эффективного использования в коммуникационных информационных технологиях (оптическая обработка и передача информации). Особенностью солитонов в фоторефрактивных материалах является возможность динамического управления ими путем изменения таких параметров, как приложенное к кристаллу внешнее электрическое напряжение и интенсивность лазерного излучения.

Данная работа посвящена экспериментальному определению условий образования пространственных оптических солитонов при прохождении через фоторефрактивный кристалл $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ сфокусированного излучения гелий-неонового лазера. Для исследования пространственных солитонов разработана специальная методика, основанная на теории распространения гауссовых пучков. Схема эксперимента приведена на рисунке.

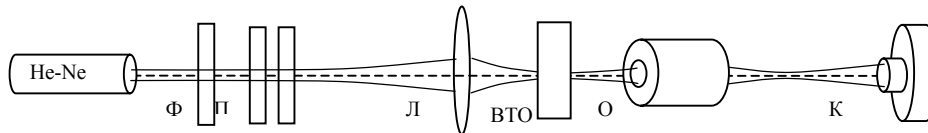


Схема экспериментальной установки: He-Ne – гелий-неоновый лазер, Ф – светофильтры, П – поляризаторы, Л – линза, ВТО – фоторефрактивный кристалл $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, О – объектив, К – CCD-камера.

Экспериментально исследована динамика образования солитоноподобных структур в зависимости от условий фокусировки (положения перетяжки в кристалле), мощности и поляризации лазерного излучения. Проанализирована схема распространения светового пучка вдоль кристаллографической оси кристалла $[1,1,0]$, перпендикулярно которой было приложено внешнее постоянное электрическое поле. Установлено, что оптимальная ориентация поляризации излучения совпадает с вектором напряженности поля. Определено критическое значение мощности, при превышении которого эффект самофокусировки сменяется эффектом дефокусировки. Полученные результаты позволяют дать практические рекомендации для получения и регистрации пространственных оптических солитонов и судить о возможности их использования для хранения и записи информации.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

С. А. ЛЫСЕНКО (аспирант), М. М. КУГЕЙКО (д. физ.-мат. н., БГУ)

Для решения большого числа теоретических и прикладных задач физики атмосферы, а также других областей науки и техники требуются определенные сведения о микрофизических и оптических характеристиках атмосферных аэрозолей. В большинстве случаев необходимо знание только отдельных характеристик аэрозолей: счетной и весовой концентраций, индикатрисы рассеяния, коэффициентов ослабления или поглощения света и т. д. Так как непосредственные измерения этих характеристик не всегда возможны и сами характеристики сильно изменяются по величине, то для многих практических задач проводится оценка данных параметров с использованием модельных представлений об атмосферных аэрозолях или их характеристиках.

Несмотря на чрезвычайно большое многообразие аэрозольных структур и их временную изменчивость, можно говорить об определенных закономерностях и создавать модели, достаточно адекватно отражающие их оптические свойства. В работе обсуждается выбор значений характеристик микроструктуры, используемых для расчетов оптических параметров атмосферных аэрозолей. Представлены основные положения для построения многоспектральных параметризованных адаптивных моделей земной атмосферы. Параметризация адаптивных моделей проведена в нижнем приземном слое атмосферы по таким параметрам как влажность атмосферного воздуха и горизонтальная дальность видимости. Влияние влажности воздуха на оптическое аэрозольное моделирование учтено на основе модификации теории Ми для двухслойных полидисперсных частиц.

Численно исследовано влияние дисперсного состава и показателя преломления аэрозольных частиц на поведение спектральных локационных характеристик (коэффициентов ослабления и направленного рассеяния). Выявлено, что их величина слабо чувствительна к параметрам микроструктуры мелкодисперсной фракции и имеет место сильная зависимость от параметров крупных пылевых частиц (грубодисперсная фракция); вклад пылевого аэрозоля в указанные характеристики уменьшается с уменьшением длины волны излучения (видимая и УФ области спектра); наиболее значительные вариации спектральных характеристик ослабления в зависимости от функции распределения происходят в области заметных полос поглощения аэрозольных частиц (3, 6 и 9 мкм).

Обсуждаются возможности использования результатов модельных расчетов в качестве априорной информации при интерпретации данных лазерного зондирования атмосферы.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ОДНОРОДНОГО ПОЛУПРОВОДНИКА ФЕМТОСЕКУНДНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

П. А. ЗЕЗЮЛЯ (студ. 3 к), И. С. МАНАК (к. физ.-мат. н., доцент), БГУ

Существует принципиальная возможность получения субпикосекундного когерентного излучения дальнего ИК диапазона с длинами волн 10 мкм – 1 мм при освещении полупроводников лазерными импульсами с длительностью порядка нескольких десятков фемтосекунд.

Цель работы: аналитически рассмотреть влияние различных параметров полупроводника на эффективность генерации терагерцового излучения, а также возможности ее повышения. В частности, рассматривается эффект сверхбыстрого экранирования приповерхностного электрического поля на примере полупроводников $n - A^{III}B^V$ на основе гидродинамического описания электронно-дырочной плазмы. В зависимости от параметров полупроводника и интенсивности фотовозбуждения экранирование может происходить как в диффузионно-дрейфовом, так и в бесстолкновительном режиме. В дипольном приближении для электромагнитного поля, генерируемого фототоком, показывается возможность значительного усиления генерируемого терагерцового излучения при помещении полупроводника в сильные магнитные поля, что подтверждается опубликованными экспериментальными данными. Отмечается, что с увеличением магнитного поля эффективность генерации сначала возрастает пропорционально квадрату поля, а затем достигает насыщения. Рассматривается возможность использования кинетического описания для самосогласованного движения темновых и фотоэлектронов, а также обсуждается возможность такого описания для полупроводника, помещенного в магнитное поле.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ СДВИГОВ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСАХ

К. Ф. КРИВУЛЬКО (аспирант), А. П. КЛИЩЕНКО (д. физ.-мат. н), БГУ

Работа посвящена модификации ω -техники [1] с целью учета в ней универсальных взаимодействий и водородных связей, что позволяет в рамках развиваемого подхода производить расчеты сольватированных молекул красителей и их ван-дер-ваальсовских комплексов.

Цель авторов, показать что на основе такого простого метода как ω -техника и базовых физических принципов можно получить процедуру расчета, позволяющей адекватно произвести анализ различных молекулярных комплексов.

В предлагаемой работе производится расчет молекулярных комплексов 9-цианоантрацена и 3-аминофталимида, а также сравнительный анализ рассматриваемой методики с получившей большое распространение теорией функций универсального взаимодействия [2].

Результаты проведенных исследований и выводы:

- Было показано, что в качестве полуэмпирических параметров, при расчете по методу молекулярных орбиталей (непосредственно через гамильтонианы рассматриваемых систем) могут выступать функции универсального взаимодействия.
- Основной причиной формирования напряженных комплексов [3], в основном состоянии, являются водородные связи, навязывающие, в некоторых случаях, нежелательную, с точки зрения диполь-дипольного взаимодействия, геометрию.
- Спектральный сдвиг, обусловленный водородной связью А-Н...В, зависит не только от величины ее энтальпии, величины резонансного интеграла, но и от электроотрицательности атомов А, В.
- Показано, что сдвиг 0-0 перехода при переходе от изолированной молекулы в ван-дер-ваальсовский комплекс, существенным образом зависит от положения функциональной группы, в молекуле красителя, вблизи которой рассматривается молекула лиганда.

Предлагаемая методика может быть применена для расчета активных сред, для жидкостных лазеров.

- 1 Стрейтвизер Э. Теория молекулярных орбит: Пер. с англ. / Москва: Мир, (1965).
- 2 Бахшиев Н. Г. Спектроскопия межмолекулярных взаимодействий / Ленинград: Наука, (1972).
- 3 Гулис И. М., Комяк А. И., Саечников К. А.. Фотофизика ван-дер-ваальсовских комплексов сложных молекул в сверхзвуковой струе / Journal of applied spectroscopy., 62 (1995).

КИНЕТИКА ВОЗБУЖДЕНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ УРОВНЕЙ АЗОТА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ РАВНОВЕСНОЙ ПЛАЗМЕ

И. А. ДЕМЯШКЕВИЧ (студ. 5.к), С. Е. БОРОВСКИЙ (студ. 5.к), А. М. ЖАРНОВ (к. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я.Купалы

Проблематика. В данной работе проводится обзор процессов, влияющих на кинетику заселения колебательных уровней в молекулярном азоте, и способов расчета вероятностей этих процессов.

Цель работы. Рассчитать заселенности колебательных уровней молекулы азота при различных температурах и концентрациях электронов и по полученным данным построить функцию распределения молекул по колебательным уровням.

Объект исследований. Молекула азота.

Использованные методики. Численные методы решения дифференциальных уравнений.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Применение теории VV- и VT- обмена для расчета заселенности колебательных уровней молекулы азота.

Полученные научные результаты и выводы. В рамках предложенной модели были рассчитаны заселенности первых 46 колебательных уровней. По результатам расчета построены графики изменения со временем заселенностей колебательных уровней, а также построена функция распределения по уровням при различных концентрациях и поступательных температурах. Расчет показал, что с ростом номера уровня происходит уменьшение концентрации молекул на нем. Этот результат можно объяснить тем, что с ростом номера уровня увеличивается его энергия. Установлено, что в рамках используемой модели при уменьшении температуры и концентрации электронов заселенность уровней уменьшается, однако это уменьшение незначительно. Было рассмотрено влияние различных процессов на возбуждение колебательных уровней. Как оказалось, в рамках рассмотренной модели вклад VT-обмена и электронного удара в возбуждение колебательных уровней одинаков.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Результаты работы могут быть применены в дальнейшем исследовании теории заселенности колебательных уровней, как молекулы азота, так и других элементов и для изучения процессов, происходящих в плазме.

- 1 Алиевский М. Я., Жданов В. М. Процессы переноса и релаксации в молекулярных газах. – М.: Наука, 1989. – 336 с.
- 2 Кинетические процессы в газах и плазме / Сб. статей под ред. А. Хохина. – М.: Атомиздат. – 1972. – 368 с.
- 3 Каплан И. Г. Введение в теорию межмолекулярного взаимодействия. – М.: Наука, 1982. – 312 с.
- 4 Русанов В. Д., Фридман А. А. Физика химически активной плазмы. – М.: Наука, 1980. – 415 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗЯДНОГО ЭКСИМЕРНОГО ЛАЗЕРА

А. Ф. ПРОКОПЧИК (студ. 4 курса), К. Ф. ЗНОСКО (к. физ.-мат. н), ГРГУ им. Я. КУПАЛЫ

Класс лазеров, объединенный под названием эксимерных весьма широк. Он работает на переходах эксимерных молекул, которые существуют только в возбужденном состоянии. Примером эксимерных молекул могут служить галогениды газов: XeCl, KrF, ArF, XeF [1]. Лазеры этого типа различаются как по составу активной среды, так и по способу возбуждения. Существует несколько способов возбуждения импульсного разряда в газовой среде. С практической точки зрения лучшим является электроразрядное возбуждение. Для этого системы возбуждения должны соответствовать ряду требований. Основное требование к системам возбуждения – максимальный ввод энергии за время горения устойчивого разряда [2]. Достоинства эксимерных лазеров обуславливают широкую область их применения. Они используются для накачки лазеров на красителях, травления кремниевых матриц, для стимулирования химических реакций, разделения изотопов, в технологии получения особо чистых веществ, для изучения воздействия УФ-излучения на биохимические процессы и т.д..

Целью настоящей работы является теоретическое и экспериментальное исследование электрической схемы накачки электроразрядного эксимерного XeCl-лазера, выполненной по типу LC-контура.

Была разработана модель системы накачки, выполненной по типу LC-контура, с помощью которой имелась возможность получать и анализировать зависимости от времени такие характеристики как токи, протекающие через элементы схемы, напряжения на элементах схемы, а также общий энерговклад в активную среду. В основу модели были положены уравнения представленные в [3]. Были исследованы зависимости энергии, вложенной в активную среду, от параметров схемы накачки. Исследованы энерговклад в активную среду при предельных значениях параметров систем возбуждения. Установлены условия при которых происходит согласованное возбуждение активной среды лазера обоими контурами. Это происходит в случае если характеристическое время контура накопительной емкости в три раза больше характеристического времени контура обострительной емкости, а амплитуда разрядного тока контура обострительной емкости на втором пике в 1,5-2 раза меньше амплитуды разрядного тока контура накопительной емкости. Такие соотношения позволяют максимально использовать энергию запасенную в первичном накопителе.

1 Эксимерные лазеры // Под ред. Ч. Роудза. М.: Мир, 1981.- 287с.

2 В. Т. Михельсоо, Т. И. Клементи. Эксимерные лазерные системы и их использование. Труды института физики АН Эстонской ССР. Т56. 38. 1984.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ФЛУКТУАЦИОННОГО СПЕКТРОСКОПА

Е. В. ИВАШКЕВИЧ (студ. 5 к), В. В. СКАКУН (ст. преп), БГУ

Флуоресцентная флукуационная спектроскопия (FFS) представляет собой совокупность методов, позволяющих измерять характеристики различного рода процессов на микроскопическом уровне, такие как коэффициент диффузии, концентрация, химические и кинетические константы и молекулярные веса на основе наблюдения флукуаций детектированной интенсивности флуоресцентного сигнала. Эта группа методов получила широкое применение в различных областях науки и используется для исследования динамики молекул в клетках, взаимодействия различного рода веществ.

Экспериментальная установка, реализующая данную совокупность методов, является весьма дорогостоящей, что ограничивает ее применение в лабораториях. Тем не менее, исследование более простой системы (модели) дает возможность проектировщику получить приближенные оценки параметров реальной системы и использовать смоделированные данные для тестирования систем анализа данных.

Так как разработка аналитической модели возможна лишь для ограниченного ряда исследуемых процессов, целесообразным является использование имитационного моделирования, сущность которого сводится к разработке некоторого моделирующего алгоритма, имитирующего поведение системы с последующей реализацией этого алгоритма на ЭВМ.

Целью данной работы является изучение основных процессов, определяющих ход FFS – эксперимента и построение имитационной модели, описывающей данные процессы. Не смотря на то, что разработанная модель отражает лишь основные процессы, имеющие место при проведении реального эксперимента, полученные результаты, хорошо согласуются с экспериментальными данными и существующей аналитической моделью. Построенная имитационная модель является базой для дальнейшего изучения данной проблемы. Ее структура позволяет проводить дальнейшую модернизацию алгоритма с целью наибольшего приближения к реальному эксперименту без внесения значительных изменений в структуру и код программы. Данный факт является основным преимуществом разработанной имитационной модели по сравнению с аналитическим аналогом, усложнение которого ведет к гораздо большим затратам времени и сил.

1 Wohland T., Rigler R., Vogel H. The Standard Deviation in Fluorescence Correlation Spectroscopy.

2 Pramanik A., Widengren J. Fluorescence Correlation Spectroscopy (FCS).

3 Schwille P., Haustein E. Fluorescence Correlation Spectroscopy An Introduction to its Concepts and Applications.

4 Novikov E. Analytical model of fluorescence fluctuation spectroscopy experiment.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ СЕНСОР ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

С. В. ВОЛКОВ (студ. 3 к.), С. И. ЧУБАРОВ (к. физ.-мат.н.), БГУ

Целью данной работы является анализ спектров люминесценции радиационно-стойких кварцевых стекол, изготовленных по золь-гель технологии, пригодных для изготовления оптического волокна, способного люминесцировать под воздействием гамма-излучения.

Оптические волокна, изготовленные по золь-гель технологии, в качестве сенсоров гамма-излучения обладают рядом преимуществ: малым диаметром, большой длиной, отсутствием электрических помех, возможностью измерения от распределенного источника. Они так же выдерживают воздействие высоких температур, влажности, электромагнитного поля и химических реакций.

Изменение характеристик исследуемых стекол при облучении происходит в небольшом диапазоне. Для изготовления стекол была выбрана именно золь-гель технология, так как она позволяет получать особо чистые образцы с контролируемыми примесями, что несколько облегчает анализ.

При облучении стекол от источника ^{60}Co в спектрах люминесценции появляется полоса излучения с энергией 1.9 эВ. В работе анализируется зависимость люминесценции в этой полосе от дозы облучения, исследуются причины появления полос. Считается, что полоса поглощения с энергией 2.05 эВ появляется благодаря центрам, образованным нестиковыми атомами кислорода ($\equiv\text{Si-O}^\bullet$). Представлена схема энергетических уровней для таких дефектов.

Предложена принципиальная схема оптоволоконного сенсора гамма-излучения на основе оптического золь-гель волокна [1]. В волокно вводится излучение лазера с энергией 2.05 эВ. В месте облучения волокна происходит образование центров поглощения. Поглощение света в этих местах приводит к люминесценции. Образовавшиеся импульсы люминесценции регистрируются с двух сторон волокна. Время распространения импульсов дает возможность определить местоположение источника гамма-излучения. Особое внимание уделено проблеме отжига оптического волокна после каждого измерения.

Возможно применение сенсора гамма-излучения в промышленности, медицине, энергетике и прочих сферах деятельности при необходимости регистрации и контроля радиоактивного излучения, а также для контроля выбросов в местах захоронения радиоактивных отходов.

1 Волков С. В., Янукович Т. П. / IV Международная конференция молодых ученых и специалистов «Оптика- 2005», Санкт-Петербург, 2005, с.103

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИНИЙ Тi В ИСКРОВЫХ РАЗРЯДАХ СУБМИКРОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

К. Ф. ЕРМАЛИЦКАЯ (студ. 5к.)

Была сконструирована установка для получения высоковольтной конденсированной искры с возможностью внешнего управления и непосредственного питания от сети, благодаря помехоулавливающей цепи. Данная установка использовалась в атомно-эмиссионном спектральном анализе стандартных образцов алюминиевых сплавов АЛ9 №41, №42, №43, где содержание титана соответственно 0.185, 0.134, 0.055 %. Регистрация проводилась в спектральной области 300-350 нм. Изменяя параметры искрового разряда: его длительность и частоту, подбирали оптимальные условия для обнаружения малых количеств Ti. В рассмотренной спектральной области этот элемент имеет не только атомные, но и ионные спектральные линии, интенсивность которых незначительна при использовании дугового разряда. Увеличивая силу тока дуги, смогли добиться увеличения интенсивности спектральных линий, но только при использовании искрового разряда высокой частоты и малой длительности в спектре видны все линии Ti этого диапазона.

Для определения оптимальных параметров искрового разряда при проведении количественного анализа сплавов металлов использовались стандартные образцы алюминиевых сплавов типа АЛ9 №41, №42, №43 с известной концентрацией элементов. Так как целью данной работы являлось изучение процессов излучения Ti в искровых разрядах, то параметры искрового разряда выбирались для минимизации ошибки при определении количества именно этого элемента для 4-х наиболее интенсивных линий 323,452 нм ($i = 500\text{R}$); 334,941 нм ($i = 400\text{R}$); 336,126 нм ($i = 50\text{R}$) и 337,280 нм ($i = 400\text{R}$). Оптимальными параметрами искры, т.е. параметрами, обеспечивающими наибольшую точность определения количества Ti в сплавах оказались – величина емкости $C_7 = 660$ пФ и частота разрядного импульса – 165 Гц. В этом случае средняя ошибка измерений составила всего 1.73%. Следовательно, при количественном анализе сплавов с целью определения содержания Ti необходимо использовать искровой разряд с большей длительностью разрядного импульса и минимальной частотой, несмотря на то, что наибольшая относительная интенсивность линий будет достигаться при большей частоте. Полученная точность определения содержания титана очень большая, так, к примеру, при использовании дугового разряда для количественного анализа ошибка обычно составляет не менее 20%.

Таким образом, с помощью данной установки можно не только обнаруживать малые количества вещества в металлических сплавах, но и значительно повысить точность количественного анализа в атомно-эмиссионной спектроскопии.

СПЕКТРАЛЬНО ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕТИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В РАСТВОРАХ И КОМПЛЕКСАХ С БИОПОЛИМЕРАМИ

Д. Г. МЕЛЬНИКОВ (аспирант), Е. С. ВОРОПАЙ (д. физ.-мат. н.)

Аккумуляция фотосенсибилизаторов (ФС) в опухолях определяется совокупностью факторов, зависящих как от особенностей опухоли, так и от физико-химической структуры молекул ФС. Известно, что данный процесс в значительной степени зависит от природы носителей в условиях *in vivo*. В этой связи представляют значительный интерес для фотодинамической терапии рака фотосенсибилизаторы, связанные с различными носителями.

Целью данной работы является исследование спектрально люминесцентных свойств и изучение физических механизмов распределения полиметиновых красителей в растворах и в комплексах с биополимерами.

Объекты и методики исследований. ТИКС - (трикарбоданиновый индолениновый краситель) разработан и впервые синтезирован в лаборатории спектроскопии НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко. Это соединение из класса полиметиновых красителей, которые перспективны в качестве сенсибилизаторов для фототерапии [1].

Результаты и их обсуждение. В результате работы были исследованы спектрально люминесцентные свойства симметричного индолтрикарбоданинового красителя при связывании с поливинилпирролидоном (ПВП), с сывороточным альбумином человека (САЧ) и кремоформом. Введение гомогенного раствора полиметинового красителя в этанол в водный раствор ПВП сопровождается увеличением абсорбционной способности сенсибилизатора, что, вероятно, является следствием процесса комплексообразования ПК с полимерной структурой. Аналогичное поведение спектров поглощения наблюдалось и для красителя связанного с кремоформом и сывороточным альбумином человека. Расчеты квантового выхода флуоресценции красителя в растворе ПВП и измерения степени поляризации флуоресценции так же подтверждает факт образования комплекса.

Полученные данные о сравнительно высоких значениях степени поляризации более 40% и квантового выхода $\phi = 25\%$ полиметинового красителя в САЧ свидетельствуют о том, что молекулы красителя в растворе сывороточного альбумина человека не контактируют с водой и неподвижны, т.е. локализованы в области с высокой вязкостью среды. Следовательно, молекула красителя встраивается в макромолекулу белка.

Определено, что при добавлении сывороточного альбумина человека в водный раствор комплекса поливинилпирролидона и индолтрикарбоданинового красителя наблюдается процесс связывания молекул красителя с белковой глобулой вследствие перераспределения частиц на белок.

1 Voropay E. S., Samtsov M. P., Lugovskiy A. P., Aleksandrova E. N., Istomin U. P. et al. *Experim. Oncol.* «19 (1997) 56–60».

ОСОБЕННОСТИ ФОТОДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕТИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЛАЗЕРОМ В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ

Л. С. ЛЯШЕНКО (студ 4.к), К. Н. КАПЛЕВСКИЙ (к. физ.-мат.н), БГУ

В работе приведены результаты исследования фотохимических и фотофизических свойств полиметиновых красителей в модельной биологической среде и раковых клетках в нормальных условиях и при удалении кислорода из биосистемы.

Исследования проводились в модельной биологической среде (сыворотка крови телят), а также в клетках HeLa. Фотовоздействие осуществлялось в пределах длинноволновой полосы поглощения исследуемых соединений светом криптонового ионного лазера $\lambda = 676,4$ нм и 647,1 нм, а также полупроводниковых лазеров с излучением на длине волны $\lambda = 740,7$ нм или $\lambda = 668$ нм. Исследования проведены для нескольких концентраций красителей при изменении плотности мощности падающего на образцы излучения в пределах $5 \div 200$ мВт/см².

Удаление кислорода из сыворотки крови производилось путем ее борбации аргоном в течении 4 часов, обескислороживание клеток HeLa осуществлялось с помощью 15 минутной инкубации клеток при 37 °С в предварительно насыщенной аргоном питательной среде.

В условиях нормальной оксигенации установлено, что спектры поглощения и флуоресценции исследованных соединений в клетках HeLa и сыворотке крови совпадают. При фотооблучении в сыворотке крови с разной частотой и одинаковой плотностью мощности обнаружено уменьшение квантового выхода фотодеструкции красителей с приближением длины волны лазерного излучения к максимуму основной полосы поглощения. При фотовоздействии излучением с неизменной длиной волны уменьшение плотности мощности падающего света приводило к резкому уменьшению фотостабильности красителей (при изменении плотности мощности от 100 до 5 мВт/см² более чем в 6,5 раз). При плотности мощности больше 100 мВт/см² квантовый выход фотодеструкции имел неизменное значение.

Обнаружено существенное уменьшение квантового выхода фотодеструкции красителей в сыворотке крови при удалении из нее кислорода. При этом зависимость квантового выхода фотодеструкции красителей от частоты и плотности мощности лазерного излучения становится менее выраженной. Доля клеток HeLa погибших в результате фотовоздействия на содержащийся в них краситель при удалении кислорода также уменьшается. Эффективность замедления фотодеструкции и фототоксичности для разных красителей отличается в несколько раз. Дана интерпретация выявленных закономерностей.

НЕЛИНЕЙНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ СЛОЖНЫХ МОЛЕКУЛ, ОХЛАЖДЕННЫХ В СВЕРХЗВУКОВОЙ СТРУЕ

О. Т. ПИЛЕЦКАЯ (студ. 5.к) К. А. САЕЧНИКОВ (к.физ.-мат.н), БГПУ

Методы электронно-колебательной спектроскопии сложных молекул, основанные на адиабатическом охлаждении молекул в сверхзвуковой струе, создали уникальные возможности решения спектроскопических и фотофизических проблем, которые были недоступны для решения другими методами. Вследствие того, что в данных условиях вибронные спектры даже сложных молекул характеризуются высокой структурностью, а следовательно, и информативностью, открываются широкие возможности для исследования тонких спектроскопических эффектов и фотофизических процессов в молекулах (детальный анализ колебательной структуры электронных состояний, исследования конформации и структурной реорганизации молекул, исследование сложных и многообразных механизмов преобразования энергии при селективном возбуждении определенных вибронных состояний и др.). Особо следует выделить возможности исследования надмолекулярных образований, которые могут контролируемым образом создаваться в процессе адиабатического охлаждения — ван-дер-ваальсовых комплексов различной природы и состава, эксимеров, эксиплексов, молекулярных кластеров. Такого рода исследования важны для понимания механизмов межмолекулярных взаимодействий, их спектроскопических проявлений и влияния на фотофизические процессы в молекулах. Получаемая информация, кроме самостоятельной значимости, дает новый взгляд на механизмы процессов, имеющих место в электронно-возбужденных состояниях молекул, находящихся в конденсированной фазе, в парах. Кроме того, исследования данного направления имеют непосредственное отношение к перспективным областям технологии. Следует, однако, отметить, что информация о процессах, происходящих в струйно-охлажденных молекулах при интенсивном лазерном возбуждении, пока явно недостаточна. В то же время она чрезвычайно важна в плане технологического применения лазерно-химических методов, т.к. практическая реализация этих методов с неизбежностью предполагает использование высоких, насыщающих переходов, лазерных интенсивностей. Целью настоящей работы является установление закономерностей фотофизических процессов в струйно-охлажденных молекулах и ВдВК при воздействии интенсивного импульсного возбуждения, разработка новых методов получения информации о динамике релаксационных процессов из результатов нелинейно-спектроскопических экспериментов. Результаты могут быть использованы для развития методов нелинейной спектроскопии сверххолодных молекул и комплексов, а также фотохимических (лазернохимических) методов. Потенциальные потребители результатов - Институты физики и спектроскопии.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАШУМЛЕННЫХ ФУНКЦИЙ

В. Н. АБРАМЧУК (студ 3.к), О. А. КОВАЛЕНКО (аспир.), БГУ

При исследовании фотофизических систем по преобразованию энергии активно используется метод флуоресцентной спектроскопии. Анализ таких систем на основе полученных данных проводится с помощью имитационного моделирования и различных методов оптимизации. Одна из основных трудностей, при этом, заключается в неприменимости обычных градиентных методов оптимизации из-за зашумленности входных данных. Как результат – необходимость прибегать к использованию новых модифицированных методов.

Целью данной работы стала разработка эффективного алгоритма оптимизации сильно зашумленных функций нескольких переменных для поиска оптимальных значений параметров имитационной модели исследуемой системы.

Тестирование разработанных методов проведено на примере искусственно сгенерированных данных, имитирующих процессы переноса и миграции энергии в фотосинтетических системах на основе пленок самоорганизующихся порфириновых комплексов[1].

Результаты тестирования показали, что использованные методы обладают высокой скоростью сходимости и позволяют с высокой степенью точности оценить параметры исследуемых систем. В качестве основы для разработанного метода использовался метод нулевого порядка Нелдера-Мида. Для проверки близости полученных значений параметров к результатам эксперимента использовался статистический критерий χ^2 . Предполагается, что данная методика также может быть эффективно использована при изучении более сложных моделей.

1 Donker H., Hoek A., Schaik W., Koehorst R.B.M, Yatskou M.M., Schaafsma T.J. Spectroscopy and Photophysics of Self-Organized Zinc Porphyrin Nanolayers. 2. Transport Properties of Singlet Excitation / J. Phys. Chem. B. 2005. Vol. 109(36). P. 17038 - 17046

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СПЕКТРОВ ЭПР

А. О. ЛАДИС (студ. 3к.), Р. С. АНДРЕЙЧИКОВ (студ. 3к.), О. А. КОВАЛЕНКО (аспирант), БГУ

Функции белков и липидов непосредственно связаны с их структурными и динамическими характеристиками через взаимодействие с окружением. Особая важность структурно-функциональной связи в молекулярной биологии послужила толчком к быстрому развитию спектроскопии многомерного ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и рентгеновской кристаллографии (X-rays) [1,2]. Эти методы обеспечивают атомное разрешение в определении структуры белков в растворе либо кристалле. Для изучения таких биологических систем, как мембраны и мембранные протеины используется флуоресцентная спектроскопия и спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Это связано со сложной структурой белково-липидных комплексов, а также трудностями в получении кристаллических структур.

Анализ комплексных спектров ЭПР успешно осуществляется с помощью подхода, комбинирующего методы математического моделирования и оптимизации [3,4]. Целью данной работы была разработка метода эволюционной оптимизации для поиска оптимальных параметров математической модели ЭПР спектра.

Преимущество эволюционной оптимизации по сравнению со стандартными методами оптимизации (стохастические, поисковые, градиентные) заключается в том, что одновременно возможно осуществлять поиск набора (популяции) оптимальных решений, а также нет необходимости в вычислении производных целевой функции. Эволюционные методы менее чувствительны к размерности параметрического пространства, они также способны находить как глобальные, так и локальные области оптимальных решений.

В результате работы был разработан новый метод гибридной эволюционной оптимизации, комбинирующий генетический алгоритм и набор нескольких поисковых методов оптимизации. Новый метод позволил быстрее и точнее находить области оптимальных параметров модели ЭПР спектра. Это дает возможность более широкого применения математического моделирования для анализа ЭПР спектров при исследованиях сложных биомолекулярных систем (биологических мембран и мембранных протеинов).

- 1 *Torres, J.; Stevens, T.J.; Samso, M.* Membrane proteins: the 'Wild West' of structural biology. / Trends Biochem. Sci. 2003, 28, 137-144.
- 2 *Stopar, D., Strancar, J., Spruijt, R.B., and Hemminga, M.A.* Exploring the local conformational space of a membrane protein by site-directed spin labeling, J. Chem. Inf. Model. (2005) in press.
- 3 *Kavalenka, A.A., Filipič, B., Hemminga, M.A., and Strancar, J.* Speeding up a genetic algorithm for EPR-based spin label characterization of biosystem complexity. / J. Chem. Inf. Model. (2005) in press.
- 4 *Strancar, J., Koklić, T., Arsov, Z., Filipič, B., Stopar, D., and Hemminga, M.A.* Spin label EPR-based characterization of biosystem complexity. / J. Chem. Inf. Model. (2005) 45, 394-406.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ФОТОФИЗИЧЕСКОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ

В. В. САВИЦКИЙ (студ. 3.к), О. А. КОВАЛЕНКО (аспир.), БГУ

В настоящее время весьма актуален поиск экологически чистых способов получения энергии. Целесообразно в этом случае использование солнечной энергии. Миграция энергии электронного возбуждения между молекулярными красителями в среде цилиндрических кристаллов цеолитов является объектом интенсивного исследования с целью создания новых фотопреобразующих приборов, фотонных антенн на цеолит-красителях [1,2].

В данной работе разрабатывался новый алгоритм оптимизации параметров имитационной модели системы, фотонной антенны на основе кристаллов цеолитов, заполненных молекулярными красителями. С помощью этой модели производилось изучение процессов преобразования энергии электронного возбуждения: испускание люминесценции и перенос энергии между молекулярными красителями. Для анализа синтетических и экспериментальных данных построенной моделью использовались статистические критерии (критерий χ^2).

Разработан новый алгоритм оптимизации, комбинирующий поисковые и стохастические методы. Этот алгоритм позволил с достаточной точностью находить оценки параметров имитационной модели. Такой результат дал возможность эффективно анализировать экспериментальные данные методом имитационного моделирования и оптимизации. Предполагается, что данный подход будет использоваться для исследования фотофизических процессов в фотонной антенне на основе кристаллов цеолитов и молекулярных красителей

- 1 *Calzaferri G. et al.* Photonic antenna system for light harvesting, transport and trapping / J. Mater. Chem. 2002. Vol. 12. P. 1-13.
- 2 *Апанасович В.В., Барсуков Е.А., Дигрис А.В., Скакун В.В., Яцков Н.Н., Майер М., Хубер Ш., Калсафери Д.* Анализ фазовых спектров затухания люминесценции фотонной антенны на цеолит-красителях / Радофизика, Минск, 2003.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ ВО ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ СПЕКТРА

М. В. РЕПИЧ (аспирант), О. А. КОВАЛЕНКО (аспирант), П. В. НАЗАРОВ (аспирант), БГУ

Электронные приборы с преобразователями спектра излучения широко используются в науке и технике. Они применяются как для регистрации излучения (вакуумные электронно-оптические преобразователи, микроканальные пластины, люминесцентные экраны), так и для его генерации (параметрические генераторы). Зачастую при регистрации излучения в ультрафиолетовой области бывает выгодно смещать спектр в видимую область. Это позволяет значительно удешевить детектирующее оборудование.

Нами предложено использовать эффект РПЭ для смещения спектра. При этом на поверхность детектора наносится два слоя флуорофора. Для определения оптимальных параметров такой системы необходимо построение структурной модели преобразователя и имитационной модели процессов преобразования энергии в нем.

Таким образом, целью работы являлось исследование процессов поглощения, переноса и релаксации энергии во флуоресцентных преобразователях спектра и построение модели эффективного преобразователя спектра на основе резонансного переноса энергии.

В ходе работы создана имитационная модель переноса энергии в донорно-акцепторной системе по индуктивно-резонансному и обменно-резонансному механизмам. Модель позволяет учитывать поглощение по закону Ламберта-Бэра. Построена структурная модель флуоресцентного преобразователя спектра. Проведено исследование предложенной структуры и найдены оценки оптимальных параметров модели этой структуры. При этом применялись имитационное моделирование по методу Монте-Карло, стохастические и поисковые методы оптимизации.

Полученные результаты могут быть использованы при создании новых преобразователей спектра в ультрафиолетовом и видимом диапазонах, а также как дополнение к учебным курсам, читаемым на кафедрах радиофизики и системного анализа факультета радиофизики и электроники БГУ.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА И МИГРАЦИИ ЭНЕРГИИ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ

А. А. ГОЛОВАТЫЙ (студ. 4 к.), О. А. КОВАЛЕНКО (аспирант), Н. Н. ЯЦКОВ (ст. преп.), БГУ

Стремительное развитие нанотехнологий дало мощнейший толчок производству новых высокоэффективных фотоматериалов на основе кристаллов органических соединений [1]. Однако использование традиционных методов анализа данных и математических моделей для изучения фотофизических свойств новых оптоматериалов ограничено или часто неэффективно из-за возросшей сложности исследуемых образцов [2]. Перспективное направление развития алгоритмов анализа экспериментальных данных связано с использованием метода статистического моделирования [3].

Целью данной работы является разработка имитационной модели и алгоритмов многомерного анализа данных для исследования фотопреобразующей системы на основе пленок металло-порфиринов. В работе исследуется эффективность переноса и миграции энергии электронного возбуждения в зависимости от концентрации и пространственной организации молекул цинко-порфиринов на поверхностях кварцевых и полупроводниковых подложек. Опубликованные экспериментальные данные используются для проверки надежности и точности разработанных алгоритмов [4].

На основе разработанных в работе алгоритмов создается программное обеспечение для статистической обработки экспериментальных данных люминесцентной спектроскопии.

- 1 Lewis F. D., Wu Y., Hayes R. T., Wasielewski M. R. / *Angew. Chem.* 2002, 114, 3635 ± 3637; *Angew. Chem. Int. Ed.* 2002, 41, 3485-3487.
- 2 Calzaferri G.M., Yatskou M. et al. Electronic Excitation Energy Migration in a Photonic Dye-Zeolite Antenna / *ChemPhysChem* 2003. Vol 4. P. 567-587.
- 3 Frenkel D., Smit B. *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications* / (Eds.: D. Frenkel, M. Klein, M. Parrinello, B. Smit), Academic Press, Bodmin, Great Britain, A Division of Harcourt, Inc. Elsevier, 2002.
- 4 Yatskou M. M., Donker H., Koehorst R. B. M., van Hoek A., Schaafsma T. J. / *Chem. Phys. Lett.* 2001, 345, 141-150.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КРАПИВЕ МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

М. П. ПАТАПОВИЧ (студ. 5 к.), А. П. ЗАЖОГИН (д. физ-мат.н), БГУ

Состояние окружающей среды – показатель здоровья населения нашей страны. Большую опасность представляют загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов (Pb, Hg, As, Cu, Zn, Al, Cd, Fe и т.д.). В то же время следует отметить, что содержание отдельных элементов во многом зависит от биологических связей между элементами.

Целью настоящей работы является разработки методики атомно-эмиссионного экспресс-анализа крапивы на содержание ряда важнейших элементов. В народной медицине употребляют листья, корни с корневищами, плоды. Крапива является в то же время сорняком растущим как в городах, так и лесах и на полях. Образцы крапивы собранные в различных по экологическому состоянию регионах (город – лес) должны содержать различные количества тяжелых металлов и других элементов. Для исследований нами были собраны образцы крапивы в городе Минске, а для сравнения – в лесу (район Радошковичей), в течение трех летних месяцев.

Эмиссионный спектральный анализ позволяет определять с достаточной чувствительностью и точностью элементный состав исследуемого вещества при простоте и доступности метода.

Экспериментальная установка для спектроаналитических исследований состоит из трех основных частей: источника возбуждения спектра (UBI-1M, дуга переменного тока), спектрального прибора (МДР-23У) и регистрирующей части, состоящей из оптического многоканального анализатора (ОМА) и ПЭВМ.

Для проведения анализа образцы крапивы с помощью метода мокрого озоления были переведены из органической формы в неорганическую.

Для корректного выполнения количественного анализа известных образцов необходимо подготовить стандартные образцы, адекватные исследуемому. Если состав образцов неизвестен, необходимо предварительное проведение качественного анализа, который и был проведен в данной работе, а затем были разработаны и изготовлены стандартные образцы.

Разработанная методика позволила достаточно точно определить элементный состав образцов крапивы как по основным макроэлементам (Si, Al, Ca), так и микроэлементам (Fe, Mg, Zn, B, Cu). Превышения предельной концентрации тяжелых элементов в образцах не обнаружено.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧАСТЕЙ СНЫТИ ОТ ФАЗЫ ЕГО РАЗВИТИЯ И МЕСТА ПРОИЗРАСТАНИЯ МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

М. П. ПАТАПОВИЧ (студ. 5 к.), А. П. ЗАЖОГИН (д. физ-мат.н), БГУ

Состояние окружающей среды – показатель здоровья населения нашей страны. Большую опасность представляют загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов (Pb, Hg, Be, As, Ni, Cu, Zn, Al, Cd, Fe и т.д.).

Для отдельных видов растений характерны определенные концентрации химических элементов. Величины средних содержаний одного и того же элемента в различных видах растений, произрастающих в одинаковых условиях, часто колеблется в 2-5 раз. Концентрация большинства элементов различна в разных органах растения (листья, стебель, ствол, соцветия, семена и т.д.). В одном и том же растении концентрация химических элементов существенно изменяется в зависимости от фазы его развития и возраста.

Целью настоящей работы является исследование возможностей проведения качественного атомно-эмиссионного экспресс-анализа различных частей сныти на содержание ряда важнейших элементов и разработка соответствующей методики. Выбор элементов обусловлен их важными физиологическими свойствами и необходимостью довольно точного одновременного их анализа. Сныть – главное дикорастущее съедобное растение, появляющееся в апреле-мае. Она богата клетчаткой и пектином, важным для обмена веществ и борьбы с зашлаковыванием организма. Сныть содержит много витаминов и микроэлементов. Для проведения исследований в течение 5 месяцев (май – сентябрь) были собраны образцы сныти в двух различных местностях (город Минск и сельская местность – район Радошковичей).

Эмиссионный спектральный анализ позволяет одновременно определять с достаточной чувствительностью и точностью элементный состав исследуемого вещества при простоте и доступности метода. Экспериментальная установка для спектроаналитических исследований состоит из трех основных частей: источника возбуждения спектра (UBI-1M, дуга переменного тока), спектрального прибора (МДР-23У) и регистрирующей части, состоящей из оптического многоканального анализатора (ОМА) и ПЭВМ. Для проведения анализа высушенные образцы сныти с помощью метода мокрого озоления были переведены из органической формы в неорганическую. Для корректного выполнения количественного анализа известных образцов необходимо подготовить стандартные образцы, адекватные исследуемому. В связи с тем, что состав сныти был неизвестен, был проведен качественный анализ образцов, и только затем разработаны и изготовлены стандартные образцы.

Разработанная методика позволила определить элементный состав образцов сныти как по основным макроэлементам (Si, Al, Ca), так и микроэлементам (Fe, Mg, Zn, B, Cu).

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

Н. В. ГОЛОВИНА, (студ. 4 к.), И. С. МАНАК (к. физ-мат. н.), БГУ

Одной из ведущих тенденций современной медицины является стремление к более широкому использованию минимально инвазивных и органосохраняющих методов лечения опухолевых заболеваний. Эта тенденция стимулирует разработку более ранних и точных диагностик патологических процессов. Оптическая когерентная томография (ОКТ) открывает принципиально новые возможности получения высокоразрешающих изображений микроструктуры биологических объектов. ОКТ представляет собой двухступенчатый метод исследования. Для получения проекций объект освещают потоком излучения (обычно ИК диапазона, где наблюдается минимальное ослабление) и получают распределение интенсивности в плоскости приемной системы. На втором этапе вся информация обрабатывается в каком-либо процессоре. Таким образом, томографические измерения являются косвенными: измеряемая величина связана с исследуемой каким-либо функциональным соотношением. Использование в ОКТ эффекта Доплера позволяет наряду с получением распределения коэффициента рассеяния неоднородностей ткани получать и модуль средней скорости кровотока. Доплеровский сдвиг частоты, который возникает при взаимодействии зондирующего излучения с подвижными частицами, приводит к изменению частоты несущего сигнала, образующегося на выходе фотоприемника за счет движения опорного зеркала.

В данной работе рассмотрены возможности ОКТ, методы получения изображения. Представлена оптическая схема установки, предназначенная для практической реализации данного вида диагностики. ОКТ имеет ряд преимуществ по отношению другим методам диагностики. Целью работы является анализ и оценка возможностей практического применения данного метода, рассмотрение особенностей взаимодействия лазерного излучения с биотканью, способы получения изображений.

ОКТ дает высокое пространственное разрешение (10-15 мкм) и специфичный контраст. Кроме того, стоимость оптического томографа невелика, что обеспечивает широкое клиническое применение. Данные преимущества делают разработку методов ОКТ весьма актуальной.

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ В КЛЕТОЧНЫХ СУСПЕНЗИЯХ

В. А. РЕШЕТОВ (студ 3.к), В. П. ЗОРИН (к. биол. наук), БГУ

Полупроводниковые нанокристаллы (квантовые точки) привлекают значительное внимание в качестве флуоресцентных меток при изучении биологических систем. В значительной степени это обусловлено уникальными оптическими свойствами нанокристаллов. Обычно квантовые точки (КТ) используются в качестве конъюгатов с биоструктурами, обеспечивающими их специфическую локализацию в тканевых структурах. В то же время для процессов распределения КТ в биосистемах существенное значение могут иметь неспецифические взаимодействия с различными биологическими структурами, зависящие от физико-химических свойств КТ (заряд, водорастворимость).

Целью работы являлось изучение процессов связывания и накопления белыми клетками крови и клетками костного мозга полупроводниковых КТ CdSe/ZnS типа ядро-оболочка (диаметр ядра CdSe около 3 нм). КТ были получены методом высокотемпературной реакции металлорганических прекурсоров в среде координирующего растворителя. Для обеспечения водорастворимости КТ их поверхность была модифицирована либо глутатионом (КТГ), либо меркаптоундекановой кислотой (КТМ). С использованием техники проточной цитометрии изучали связывание КТ с клетками крови здоровых доноров и больных миелолейкозом. Для этого определяли характеристики прямого и бокового светорассеяния, а также интенсивности флуоресценции в каналах 530 нм, 585 нм, 630 нм. Результаты обрабатывались с помощью стандартных алгоритмов прибора.

На основании исследования характеристик светорассеяния были выделены популяции лимфоцитов, моноцитов и нейтрофилов. Кинетика накопления КТ носит двухфазный характер: вслед за быстрым связыванием в течение нескольких минут наблюдалась фаза медленного накопления. По способности накапливать КТ белые клетки крови располагаются в порядке возрастания: лимфоциты, моноциты, нейтрофилы. Определение интенсивности флуоресценции клеток показало, что внутриклеточный уровень накопления КТГ в клетках крови в среднем в 2 раза меньше, чем КТМ.

Процесс накопления КТ сильно зависит от времени прединкубации квантовых точек с белками сыворотки крови. Предполагается, что КТ образуют относительно устойчивые комплексы с белками сыворотки, вследствие чего снижается вероятность их связывания с клетками.

Изучение процессов распределения КТ в нормальных и лейкозных клетках костного мозга показало, что уровень накопления КТМ в лейкозных клетках в 2,1 раза выше в сравнении с нормальными, тогда как для КТГ это отношение составляло около 4.

Полученные результаты свидетельствуют, что скорость и специфичность связывания КТ с клетками существенно зависит от физико-химических свойств их поверхности.

ВЛИЯНИЕ ЛИПИДНОЙ МАТРИЦЫ НА ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИДА СО СПИРОПИРАНОМ

Д. С. КОЧЕТКОВ (аспирант), А. И. ХМЕЛЬНИЦКИЙ (к. физ.-мат.н), БГУ

В последнее время исследователи проявляют повышенный интерес к так называемым “умным” материалам. Под этим названием объединяют соединения (как правило, полимерной природы), способные реагировать на небольшие изменения во внешней среде резким изменением своих физических и/или химических свойств. Полимерная природа умных материалов позволяет включать в их структуру на этапе синтеза флуоресцирующие соединения.

Среди флуоресцирующих соединений особое место занимают вещества, обратимо меняющие свою структуру под воздействием внешних факторов. К таким веществам относятся производные спиропирана.

С использованием светочувствительных полимерных систем разрабатываются элементы молекулярной электроники, датчики, исполнительные устройства, рассматриваются пути направленной модификации функциональных свойств мембранных структур. Однако для направленного использования подобных систем в целях управления свойствами липидной мембраны необходимо детальное изучение их свойств.

Нами было проведено изучение флуоресцентных свойств сополимеров N-изопропилакриламида со спиропираном, включенных в состав липосомальных мембран, и оценка возможности использования флуоресцентных параметров спироанового сомономера для получения данных о конформационном состоянии полимера.

Были получены спектры флуоресценции и возбуждения флуоресценции липосомальных суспензий и водных растворов сополимера N-изопропилакриламида с 1 - (β - метакрилоилоксиэтил) - 3,3 - диметил - 6 - нитроспиро(индолин - 2,2 - [2H-1]) бензопираном. Спектр возбуждения флуоресценции исследованных растворов характеризуется наличием двух максимумов, расположенных в областях $\lambda=390$ и $\lambda=530$ нм. Спектр флуоресценции - максимумом в области $\lambda=630$ нм.

Установлено, что при повышении температуры степень поляризации флуоресценции в водных растворах исследованного полимера увеличивается, а в составе липосомальной мембраны – уменьшается.

Показано, что облучение суспензии липосом, содержащих фоточувствительный полимер, светом с длиной волны $\lambda=530$ нм, вызывает уменьшение интенсивности флуоресценции. Действие света с длиной волны $\lambda=390$ нм приводит к обратному эффекту - росту интенсивности. С увеличением времени облучения эффект усиливается.

Таким образом, флуоресцентные параметры спиропиранового хромофора могут быть использованы для изучения конформационного состояния полимерной структуры в растворе и липидной мембране.

ПОВЫШЕНИЕ БИОДОСТУПНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Т. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВА (студ. 5к.), А. М. ЛИСЕНКОВА (науч. сотр.), БГУ

Перед терапевтом постоянно ставится вопрос о способе и эффективности лечения заболевания. Естественно, выбираются оптимальные варианты, которые сочетают в себе скорость и долгосрочность, а также направленность и минимум побочных действий. Для увеличения эффективности терапии прибегают к различным ухищрениям и дополнительным стимуляторам. Одним из таких воздействий наряду с ультразвуком, теплом и электрическим током является свет и лазерное излучение. Терапевтическое действие лазерного излучения низкой интенсивности (<100 мВт/см²) установлено экспериментально и обосновано теоретически. Под влиянием лазерного излучения диапазона 330–890 нм (видимая и ближняя ИК области) в биологических тканях повышается температура и степень кровенаполнения, может ускоряться обмен веществ, что гипотетически должно способствовать увеличению биодоступности вводимых лекарственных препаратов. Биодоступность определяется отношением количества введенного и содержащегося в кровеносном русле препарата.

Данная работа направлена на поиск оптимальных параметров лазерного излучения, которое будет использоваться для повышения эффективности лекарственной терапии, в частности, увеличения биодоступности лекарств. Важные этапы в этой работе – это построение математической модели кожного покрова человека и исследование взаимодействия непрерывного и импульсного лазерного излучения с кожей (расчет светового и температурного поля в среде при различных параметрах излучения) в ходе компьютерного эксперимента. Основной задачей является установление соответствия между полученными результатами и биологической доступностью лекарственного препарата для решения обратной задачи определения оптимальных параметров действующего лазерного излучения.

Расчет светового поля в пятислойной модели кожи произведен по методу Монте-Карло. Температурное поле определяется путем решения уравнения теплопроводности методом конечных элементов. Биодоступность лекарственного препарата определяется коэффициентом диффузии в тканях и степенью кровенаполнения заданного участка.

Решение задачи о нахождении оптимальных параметров лазерного излучения, действующего одновременно с лекарственным препаратом, позволит увеличить эффективность лекарственной терапии, сокращая дозу и время до начала действия вводимого препарата. Лазерное излучение выступает и как самостоятельный лечебный фактор на различных уровнях организма, что так же позволяет сократить время лечения.

МЕХАНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ДИСКОВ И ПОЗВОНКОВ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА

О. А. ЖАРНОВА (магистрант), А. В. НИКИТИН (к. техн. н.), ГрГУ им. Я. Купалы.

Проблематика. Описание биомеханической модели человека до настоящего момента определяется воздействием сильных внешних факторов. В то же время сильное механическое воздействие – не столь частое явление. А описание кинематических и динамических характеристик человека во время движения до сих пор носит спорадический характер. В то же время основные болезни, в частности шейного позвонка, носят скорее характер постепенного накопления усталостных характеристик в течение достаточно длительного времени. Межпозвоночные диски подвергаются значительным деформациям в течение жизни. Если напряжение становится слишком большим, диск может деформироваться.

Цель работы. Исследовать возможность определения механических напряжений в шейных позвонках при сгибании и разгибании головы.

Объект исследований. Двигательная функция шейных позвонков.

Использованные методики. Компьютерная диагностика и программа для исследования распределенного напряжения в шейных позвонках.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Используя кинематические характеристики, описывающие движение шейных позвонков, достигается возможность расчета динамических напряжений.

Полученные научные результаты и выводы. Зная распределение механических напряжений, можно определить некоторые наиболее распространенные заболевания при остеохондрозе шейных позвонков.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Зная смещение позвонков при движении в сагиттальной и фронтальной плоскостях, можно рассчитать механическое напряжение. При этом расчет механических напряжений позволяет определить наиболее слабые места в конкретных точках позвоночника и при обработке компьютерных томограмм определить основные болезни отдела шейного позвоночника.

ОБНАРУЖЕНИЕ ФИБРИЛЛЯЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ ПО ЭКГ СИГНАЛУ

В. И. АРХИПОВ (студ 5.к), БГУ

Желудочковой фибрилляцией называется опасный для жизни тип сердечной аритмии. Согласно данным Американской ассоциации кардиологов, на долю внезапной остановки сердца приходится более 400 тысяч случаев смерти в США ежегодно.

Задачей данной работы является разработка эффективного метода автоматического обнаружения желудочковой фибрилляции [1]. Предлагаемый подход основывается на модели распознавания. Для анализа ритма работы сердца снимаемая кардиограмма подвергается частотно-временному преобразованию. На основании результата преобразования строится некоторый вектор признаков. Затем этот вектор используется классификатором для принятия окончательного решения о том, является ли ритм характерным для нормальной работы сердца, либо для фибрилляции.

В качестве частотно-временного преобразования было выбрано непрерывное вейвлетное преобразование, так как оно наилучшим образом описывает нестационарные сигналы [2]. После преобразования получается достаточно избыточное разложение ЭКГ в плоскости масштаб-время. Для формирования вектора признаков на некотором участке ЭКГ, вейвлетный образ этого участка делится на несколько полос вдоль оси времени одинаковой ширины. В каждой полосе вейвлетные коэффициенты усредняются и составляют один элемент вектора признаков. Для классификации мы использовали хорошо зарекомендовавший себя в задачах распознавания метод опорных векторов [3]. В качестве объекта исследований была выбрана база электрокардиограмм “The Creighton University Ventricular Tachyarrhythmia Database” (<http://www.physionet.org/physiobank/database/cudb/>). Для обучения и тестирования классификатора использовались сегменты электрокардиограмм из этой базы, имеющие различный тип ритма. Были установлены оптимальные длины сегментов ЭКГ и размерности векторов признаков, при которых ошибка не превышает 3.5 %.

Предложенный метод более оптимальный, чем существующие алгоритмы обнаружения нарушений ритма сердца и может применяться системами автоматического контроля за состоянием больного в госпиталях или в задачах телемедицины для удаленного мониторинга состояния людей с сердечными заболеваниями.

6 Bovbel E., Dashouk M., Lazareva I. Detecting of Shokable Rhythms in ECG Using a Novel Fast Continuous Wavelet Transform Algorithm // The Proc. of the 17-th Biennal International Eurasip Conference Biosignal 2004. – Brno., Czech Republic., June 23 to 25, 2004. – p. 109- 111.

7 S. Mallat, «A wavelet tour of signal processing»/(San Diego, CA: Academic, 1998.

8 C.-C. Chang and C.-J. Lin, “LIBSVM: a Library for Support Vector Machines”/ Users Manual, Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University, 2004

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

А. А. ДМИТРУК (студ. 5к.), БГУ, Э. В. СНЕЖКО (аспирант.), ОИПН НАН РБ

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной инвалидности и смертности населения Беларуси. Нарушения ритма сердца и проводимости относятся к одним из наиболее частых осложнений сердечно-сосудистых заболеваний, лечением которых в Республике Беларусь занимаются ряд медицинских центров. Программно-аппаратные комплексы, применяемые в белорусских кардиологических центрах, предоставляют оперирующему врачу информацию в сложном для ее непосредственной обработки виде. Они также не позволяют достаточно точно восстанавливать путь прохождения сигнала по проводящим каналам сердца. Кроме того, стоимость таких комплексов довольно высока, что затрудняет их массовое использование.

Целью работы является разработка алгоритма моделирования и визуализации электрической активности сердца или камер сердца. Для реконструкции поверхности сердца или камер сердца использовались деформируемые модели специального вида – симплекс-сети, которые по изображениям сердца на нескольких проекциях позволили адекватно восстановить его форму.

Объектом исследования являются модели поверхностей, алгоритмы сегментации объектов на медицинских изображениях и алгоритмы обработки сигналов, поступающих с датчиков внутрисердечных катетеров.

В работе применяются алгоритмы, основанные на использовании деформируемых поверхностей в виде симплекс-сетей. Предложены подходы генерации внешних сил, позволяющие управлять деформацией модели адекватно поступающим исходным данным об исследуемых объектах. Для моделирования прохождения электрического импульса по сердцу разработан и реализован волновой алгоритм на симплекс-сетях. Этот алгоритм позволяет обрабатывать в режиме реального времени данные, поступающие с датчиков катетеров, и визуализировать на модели сердца процесс продвижения электрического импульса.

Разработанное программное обеспечение помимо выигрыша в количестве необходимых рентгеновских снимков представляет данные в более удобной и наглядной форме, снижая тем самым вероятность ошибок при диагностике и лечении заболеваний и облегчая навигацию во время проведения миниинвазивных операций. Данная программа в комплексе с медицинским оборудованием в перспективе может послужить дополнением или альтернативой существующим системам по поддержке миниинвазивных операций на сердце.

ОБНАРУЖЕНИЕ ПАТОЛОГИЙ ГОЛОСОВОГО ТРАКТА С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИК ВТОРОГО ПОРЯДКА

С. В. ДЕМИДЧИК (студ 5 к.), БГУ

Акустический анализ является весьма перспективным средством неинвазивной диагностики патологий голосового тракта и предоставляет возможность проводить быстрое обследование при минимуме дискомфорта для пациента. Поэтому значительный интерес представляет построение автоматических систем оценки качества голоса и речи. В данной работе была исследована возможность обнаружения патологий с помощью методов и алгоритмов, которые продемонстрировали свою эффективность в задачах идентификации и верификации дикторов.

Для каждой записи речи строится вектор признаков, в основе которого лежат мел-кепстральные коэффициенты, доказавшие свою эффективность при обработке речевых сигналов [1]. При построении классификатора используются статистики второго порядка [2], а также различные меры расстояния между ковариационными матрицами, моделирующими ту или иную патологию. Данные методы анализа сигналов обладают значительно лучшей устойчивостью к таким факторам, как плохие условия записи речи, особенности артикуляции диктора, язык диктора и др.

Для проведения эксперимента фониатрами ГУ “Республиканская клиническая больница патологии слуха, голоса и речи” была создана база записей здоровых голосов и голосов с патологиями. В результате проведения эксперимента была достигнута 89% точность автоматической классификации для предварительно необработанных записей речи. Добавление блока предварительной обработки, осуществляющего удаление тишины между словами и извлечение гласных из слов, в общую схему эксперимента привело к значительному повышению точности классификации. Для некоторых случаев тяжелых патологий была достигнута 99% точность.

Полученные результаты дают основание предполагать, что при оптимальном подборе вектора признаков и меры расстояния для классификатора возможно построение системы автоматического обнаружения и диагностики патологий голосового аппарата. Подобная система может служить вспомогательным инструментом для фониатров при проведении диагностики, а также средством объективного контроля качества голоса.

- 1 Godino-Llorente J. I., Gomez-Vilda P. Automatic Detection of Voice Impairments by Means of Short-Term Cepstral Parameters and Neural Network Based Detectors / IEEE Trans. Biomedical Engineering, 51(2): 380-384, 2004.
- 2 Bimbot F., Magrin-Chagnolleau I., Mathan L. Second Order Statistical Measures for Text Independent Speaker Identification / Speech Communication, 17:177-192, 1995

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Е. С. ДРОЗД (студ 4 к.), БГУ

Нарушения микроциркуляции рассматриваются как особое звено в патогенезе артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца и привлекают все большее внимание специалистов при диагностике сердечно-сосудистых расстройств. Во многом состояние микроциркуляции определяют реологические свойства крови. Изменения гемореологии приводят к нарушению кровотока и снижению эффективности осуществления транспортной функции микроциркуляторной системы. Поэтому оценка реологических свойств крови при артериальной гипертензии (АГ) и ишемической болезни сердца (ИБС) важна как с точки зрения выявления особенностей течения заболевания, так и повышения эффективности лечения.

Целью данной работы являлось изучение закономерностей изменения реологических свойств крови и функционального состояния ее форменных элементов в зависимости от возраста и пола, как у здоровых лиц, так и при АГ 1 и 2 степени и стабильной стенокардии (СС) 2-3 и 3-4 функциональных классов (ФК).

В ходе работы проводилось выделение эритроцитов, и исследовалась их деформируемость и скорость оседания, определялась вязкость крови и плазмы.

В результате выполнения исследования установлено, что у женщин, независимо от возраста и наличия или отсутствия сердечно-сосудистой патологии, более высокая, чем у мужчин, способность красных клеток к агрегации. При этом вязкость крови у мужчин выше, чем у женщин, как в норме, так и при сердечно-сосудистых заболеваниях. У практически здоровых лиц показатели вязкости крови и плазмы, деформируемости и агрегации эритроцитов не зависят от возраста, как у женщин, так и у мужчин. При АГ вязкость крови, как у мужчин, так и у женщин, выше, чем у практически здоровых лиц. Наиболее выраженные нарушения гемореологии имеют место у женщин на ранней стадии АГ. При хронической ИБС наиболее выраженные нарушения гемореологии имеют место при СС 3-4 ФК как у мужчин, так и у женщин. У мужчин степень выраженности гемореологических нарушений по сравнению с контрольной группой значительно выше, чем у женщин.

Таким образом, комплексное исследование реологических свойств крови у практически здоровых лиц различного возраста, а также у больных АГ и ИБС является актуальной задачей, решение которой может способствовать повышению качества диагностики и оценки эффективности терапии данных видов сердечно-сосудистой патологии.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СВЕРХРАСТЯЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ ДНК

А. В. ШИРКО (асп.), В. Б. НЕМЦОВ (д. физ-мат.н), БГТУ

Молекула ДНК является двуспиральным биополимером, в котором две цепи комплементарных нуклеотидов закручены вокруг общей оси. С помощью техники лазерных пинцетов (захватов) проведены опыты по сверхрастяжению (увеличение длины в 1.5–2 раза по отношению к контурной длине) одиночной молекулы ДНК. При этом на диаграмме растяжения наблюдается плато. Данный вид деформации имеет жизненно важное биологическое значение. Накопление разнообразной количественной информации о физических свойствах ДНК делает весьма актуальным разработку теоретических моделей.

Целью работы является построение термодинамической модели сверхрастяжения молекулы ДНК, которая и является объектом данных исследований. В рамках этой модели, применяемой к процессу сверхрастяжения молекулы ДНК, можно установить некоторые аналогии с термодинамическими фазовыми переходами, рассматриваемыми как качественный переход от стандартной В-формы к сверхрастянутой S-форме.

По аналогии с Ван-дер-Ваальсовыми кривыми на теоретической кривой растяжения можно выделить область, ограничивающую неустойчивые формы растянутой молекулы ДНК. Эта область характеризуется кривой, называемой спинодальной, являющейся геометрическим местом экстремумов кривых растяжения, построенных при различных значениях параметров, характеризующих кривую растяжения. В свою очередь, линия бинадали определяется равенством растягивающих сил на границах плато и правилом Максвелла.

При изменении параметров кривой растяжения, обусловленных изменением температуры и концентрации ионов в окружении ДНК, можно достигнуть ситуации, когда длина плато равна нулю и кривая «сила-деформация» имеет точку перегиба, которая аналогична критической точке жидкости, для которой жидкая фаза и пар неразличимы. В нашем случае «критическая» точка – это точка, где В- и S-формы неразличимы. Мы надеемся, что предсказание «критической» точки в процессе сверхрастяжения найдет экспериментальное подтверждение.

В результате анализа кривой сверхрастяжения молекулы ДНК удалось выявить важные особенности тех процессов, которые приводят к образованию плато на диаграмме растяжения молекулы. Плато разделяет две устойчивые ветви на кривой растяжения. И как оказывается, оно формируется наложением двух состояний: метастабильного и неустойчивого состояний растягиваемой молекулы.

Данная работа носит предсказательный характер, так как в ней прогнозируется возможность получения различных кривых растяжения молекулы ДНК при изменении параметров свободной энергии. Таким образом, на основе представления о том, что при конечном растяжении молекулы ДНК происходит потеря устойчивости, можно описать экспериментальные данные по уникальному явлению сверхрастяжения рассматриваемой молекулы.

ХАОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОДНОГО КЛАССИЧЕСКОГО БИЛЛЯРДА

П. А. КАБЕРДА (магистрант), Г. Г. КРЫЛОВ (к. физ.-мат.н), БГУ

Модели бильярдных систем интенсивно изучались в течение долгого времени, так как они позволяют понять хаотические свойства как классических, так и квантовых механических систем [1, 2]. Среди них бильярд Робника [3] оказывается одним из самых важных благодаря аналитической форме его границы. В связи с этим он исследовался, используя различные методы [4]. В данной работе предлагается несколько другой подход к системе, основанный на ее отображении (использующий метод преобразования интеграла по траектории) к другой системе, представляющей собой круговой бильярд с гармоническим потенциалом, смещенным относительно центра бильярда. После чего исследуются хаотические свойства полученной системы в классическом пределе.

Несмотря на то, что круговой бильярд содержит только фокусирующую поверхность, благодаря наличию гармонического потенциала в фазовом пространстве такой системы существуют области устойчивого движения и области стохастических траекторий. Для исследования этой области движения применяется энтропия Колмогорова-Синяя [5]. Нам удалось выразить ее аналитически через параметры системы и время следующего столкновения частицы со стенкой бильярда. Зависимость от времени можно исключить, получив полностью аналитическое решение, однако в этом случае получаются настолько громоздкие выражения, что они становятся очень неудобными для дальнейшего анализа, а вычисление значения энтропии для конкретных значений параметров занимает ощутимое время. В связи с этим, окончательный анализ системы был проведен с использованием численных методов нахождения времени следующего столкновения.

В результате проведенного анализа нами были построены графики стабильных и нестабильных областей фазового пространства при различных параметрах системы. Они демонстрируют существование в фазовом пространстве системы значительных областей стохастического движения при любых значениях параметров. Кроме того, при увеличении энергии системы появляются своеобразные «островки стабильности» – направления скорости частицы, при которых на графиках существенна доля точек, соответствующих устойчивому движению. Исследование этих областей фазового пространства представляет интерес для дальнейшей научной работы, так как их существование может быть связано с устойчивыми замкнутыми траекториями.

9 Gutzwiller M., Chaos in Classical and Quantum Mechanics (Springer, New York, 1990).

10 Eckhardt B: Quantum mechanics of classically non-integrable systems. Physics Reports. Vol. 163 No.4 June 1988.

11 Berry M. V. and Robnik M. 1986 J. Phys. A: Math. Gen. 19 649 [5] Li Baowen and Robnik M 1995c J. Phys. A: Math. Gen. 28 2799 [6] Grosche C. 1993, Ann. Physik, A 182, P. 557

12 Krylov G., Robnik M. On the Green function of linear evolution equations for a region with a boundary //J. Phys., 1999, V.A32 P.1261-1267

13 Заславский Г. М. От маятника до турбулентности и хаоса / Г. М. Заславский, Р. З. Сагдеев. – М.: Наука, 1988. – 320 с.

ХАОС В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ ТОЧКОЙ ТИПА ОБРАТНОЕ СЕДЛО

А. Н. КОЗЛОВСКИЙ (студ. 4 к.), Г. В. КРЫЛОВА (к. физ.-мат. н.), БГУ

В последнее время актуальным является исследование хаотических режимов в различных динамических физико-химических системах. Явление детерминированного динамического хаоса заключается в том, что динамическая система может становиться неустойчивой. Существует ряд сценариев перехода к детерминированному хаосу: переход к хаосу через перемежаемость, через удвоение периода, гомоклинический хаос. В классическом случае хаос может возникать в окрестности гиперболических точек. Целью данной работы является изучение хаотического поведения в системе с гиперболической точкой типа «обратное седло». Исследуемое отображение имеет вид:

$$\begin{cases} x_{n+1} = \sqrt{\frac{1 + \alpha x_n}{1 + \alpha}} e^{\gamma y_n} \cos(\beta y_n) \\ y_{n+1} = \sqrt{\frac{1 + \alpha x_n}{1 + \alpha}} e^{\gamma y_n} \sin(\beta y_n) \end{cases}$$

где α, β, γ - управляющие параметры

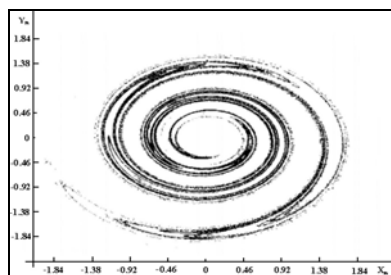


Рис.1 График исследуемого отображения, построенный при $\alpha=0.2$, $\beta=6$, $\gamma=0.5$; $3 \cdot 10^4$ итераций.

В работе исследована устойчивость неподвижных точек и численно находятся показатели Ляпунова данного отображения с использованием пакета Mathematica 5.0. Результаты итерационного процесса в случае, если неподвижная точка - «обратное седло», приведены на графике рис.1. Анализируя полученные результаты, можно сказать, что исследуемое отображение демонстрирует осциллирующее поведение и проявляется некоторая самоподобная структура. Таким образом, при определенных значениях управляющих параметров α, β, γ отображение имеет бесконечное число неподвижных точек. Из числа неподвижных точек можно выбрать такие, для которых показатель Ляпунова отображения будет больше по модулю единицы. Это значит, что существуют неустойчивые траектории.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ КОНЕЧНОРАЗНОСТНЫХ СХЕМ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

А. А. МАНЬКО (студ. 5к.), А. В. НИКИТИН (доцент, канд. физ.-мат. н.), ГрГУ им. Я.Купалы

Проблематика. В данной работе рассматриваются наиболее распространенные конечноразностные аппроксимации для уравнения теплопроводности. А также применение метода сеток для расчета эффективного коэффициента теплопроводности композиционной системы.

Цель работы. Работа посвящена исследованию конечноразностных схем решения уравнения теплопроводности и разработке метода расчета эффективного коэффициента теплопроводности для композиционных систем.

Объект исследований. Уравнение теплопроводности.

Использованные методики. В рамках сеточного метода были рассмотрены явная конечноразностная схема, схемы Дюфорта-Франклина, Лаасонена, Кранка-Николсона, неявно-явная схема, а также метод релаксаций.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Работа состоит из двух частей. В первой рассмотрены различные конечно-разностные схемы решения уравнения теплопроводности. Для которых с помощью разработанной компьютерной программы выполнен анализ сходимости решений. Вторая часть работы посвящена расчету эффективного коэффициента теплопроводности композиционной системы.

Полученные научные результаты и выводы. Проанализированы и исследованы на устойчивость наиболее распространенные конечноразностные схемы для уравнения теплопроводности. В работе показано, что структура наполнителя, когда коэффициенты теплопроводности наполнителя и матрицы отличаются на порядки, играет решающую роль в определении значения эффективного коэффициента теплопроводности. Разработанная модель позволяет решать, как конкретные прикладные задачи, так и исследовать эффекты теплопроводности, возникающие в композиционных системах, например – перколяционные.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное) Результаты этой работы могут быть использованы при решении прикладных задач теплопроводности для неоднородных систем. Разработанная компьютерная программа моделирует трехмерную теплопроводность в композиционных системах, позволяет определять все необходимые параметры для тепловых расчетов: температурное поле, локальные значения градиентов температур, эффективный коэффициент теплопроводности.

- 1 Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач./М.: Изд. Мир, 1972. - 420 с.
- 2 Никитин Д. А., Лиопо В. А., Никитин А. В., Струк В. А., Компьютерные модели теплопроводности композиционных систем./V Минский международный форум по тепло – и массообмену 2004, ИТМО НАН Р. Беларусь, Т.2, 270-271с.
- 3 Самарский А. А., Попов Ю. П. Разностные схемы газовой динамики./М.:Изд. Наука, 1992. - 424с.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПОЛЯРИТОНЫ В СРЕДАХ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

А. Ю. СНЫТКОВА (студ. 4к), А. Н. ФУРС (к. физ.-мат. н), БГУ

Поверхностными поляритонами называются плоские электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль поверхностей или границ раздела сред [1]. Эти волны могут быть получены в рамках феноменологической электродинамики как решения уравнений Максвелла для границы двух сред. Их свойства и закономерности поведения содержат богатую информацию о свойствах приповерхностных областей различных сред. В последние годы с помощью поляритонов исследуются также нелинейные свойства различных сред в приповерхностной области.

Поверхностные поляритоны могут использоваться в различных прикладных устройствах твердотельной оптоэлектроники, интегральной оптики и электроники [2]. Можно утверждать, что изучение и использование свойств поверхностных поляритонов составляет неотъемлемую часть современной физики поверхности.

Целью работы явился вывод условий существования поверхностных поляритонов на границе раздела двух изотропных сред с произвольными диэлектрической и магнитной проницаемостями, в том числе и отрицательными, а также нахождение интервалов значений ε и μ , при которых поверхностные волны существуют при заданной частоте. Среды с одновременно отрицательными проницаемостями ε и μ («левые» среды или среды с отрицательным показателем преломления) недавно созданы искусственно для волн в СВЧ-диапазоне и в последнее время интенсивно исследуются [3,4]. С использованием уравнений Максвелла и граничных условий выведены дисперсионные соотношения для поверхностных поляритонов в виде

$$\frac{1}{\varepsilon} \sqrt{1 - \varepsilon \mu \left(\frac{\omega}{ck} \right)^2} = -\frac{1}{\varepsilon'} \sqrt{1 - \varepsilon' \mu' \left(\frac{\omega}{ck} \right)^2} ; \mu \sqrt{1 - \varepsilon' \mu' \left(\frac{\omega}{ck} \right)^2} = -\mu' \sqrt{1 - \varepsilon \mu \left(\frac{\omega}{ck} \right)^2} \quad (1)$$

Получено выражение для вектора потока энергии (вектора Умова-Пойнтинга), а также проанализированы случаи различных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей пограничных сред. Проведен анализ уравнений (1), и в результате выведены условия существования поверхностных поляритонов на границах раздела изотропных сред.

- 1 Блюх К. Ю., Блюх Ю. П. Что такое левые среды и чем они интересны? УФН, 174, 4. 2004.
- 2 Дмитриук Н. Л., Литовченко В. Г., Стрижевский В. Г. Поверхностные поляритоны в полупроводниках и диэлектриках. Киев, «Наук. Думка», 1989.
- 3 Pendry J B et al. IEEE Trans Microwave Theory Tech 47 2075 (1999).
- 4 Pendry J B et al. Phys.Rev Lett} 85 3966 (2000).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНОЙ АНГАРМОНИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКИ. ПРОБЛЕМА ФЕРМИ-ПАСТА-УЛАМА

В. Л. ТАНКЕВИЧ (студ. 5.к), А. В. НИКИТИН (к. техн.н), ГРГУ им. Я.КУПАЛЫ

Проблематика. В данной работе исследуется и развивается теория солитонов. Это теория применяется для описания поведения ангармонической цепочки атомов.

Цель работы. Доказать наличие солитонов в одномерной ангармонической цепочке произвольных атомов. Исследовать поведения цепочки атомов при различных видах ангармоничности.

Объект исследований. Одномерная ангармоническая цепочка атомов.

Использованные методики. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Метод Баргмана (метод решения уравнения Кортова де Фриза).

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Применения солитонной теории для описания колебаний ангармонической цепочки атомов.

Полученные научные результаты и выводы. Модель позволяет в широких пределах варьировать начальными условиями. То есть, конкретно, в широких пределах варьируется масса узлов решетки и длина пружин L . Случайным образом задается начальная энергия и линейная жесткость пружин. В качестве результатов счета программа предусматривает получение частотного распределения колебаний моделей атомов при различных начальных условиях. Исследуя полученные результаты и уравнения движения атомов, была получена формула, односолитонного решения уравнения движения. Каждый солитон образовавшийся в цепочки может быть описан этой формулой.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Результаты этой работы могут быть использованы в методах бесконтактного определения химического состава вещества и в дальнейшем развитии солитонной теории.

- 1 Алан Ньюэл. Солитоны в математике и физике. Москва: Изд. «Мир», 1992-324с.
- 2 Р.Рихтмаер, К.Мортон. Разностные методы решения краевых задач. Москва: Изд. «Мир», 1972.-418с.
- 3 Лэм Дж. Введение в теорию солитонов. Москва: Изд. «Мир», 1983-294с.
- 4 Аблович Марк Дж. Солитоны и метод обратной задачи. Москва: Изд. «Мир», 1987-443с.
- 5 Юркевич В. Э. Юркевич В. Э. Физика солитонов. Ростов: РГУ, 1985.-191с.
- 6 Кернелъ Б. С. . Автосолитоны: Локализация сильно-неравновесной области в однородно диссипативных системах. Москва: Изд. «Наука», 1991-197с.
- 7 Тахтаджян Л. А. Гамильтонов подход в теорию солитонов. Москва: Изд. «Наука», 1986-527с.

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКЦИОННОГО ОПЕРАТОРА НА ПРОСТРАНСТВО НЕОРТОГОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

С. Л. НАСОНОВА (студ, 2 к.), Е. Б. ДУНИНА (к. физ-мат.н), ВГТУ

В современных теориях различных физических процессов физические величины записываются операторами в некотором представлении или базисе. Запись оператора F в некотором базисе осуществляется с помощью проекционного оператора R или просто проектора на этот базис по формуле RFR . Вид проекционного оператора на базис из ортогональных функций хорошо известен. Однако в физических теориях многоатомных и многоэлектронных систем, как правило, базисные функции неортогональные и процедура ортогонализации представляет собой трудную задачу. Поэтому получение проектора на базис неортогональных функций является актуальной задачей физики многоатомных и многоэлектронных систем.

В данной работе предлагается способ решения уравнения для проекционного оператора

$$R^2 = R \quad (1)$$

в неортогональном базисе. Решение получено в общем виде

$$R = \sum_{k,a,b} (-1)^k |a\rangle \langle a| S |b\rangle \langle a|, \quad (2)$$

где $|a\rangle, |b\rangle$ – базисные функции, $\langle a| S |b\rangle$ – элементы матрицы перекрытия функций.

Обсуждаются различия алгебры операторов, записанных с помощью проекционных операторов в ортогональном и неортогональных базисах. Сделан вывод о возможных приложениях полученного решения.

ИНТЕГРАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ПАРЦИАЛЬНОЙ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

Д. В. ФЕДОРЕНКО (студ 3.к), В. Н. КАПШАЙ (к. физ.-мат.н), ГГУ

Рассмотрим стационарное парциальное уравнение Шредингера для гармонического осциллятора

$$\Psi''(x) + kx^2\Psi(x) = E\Psi(x),$$

в котором $\Psi(x)$ удовлетворяет граничным условиям $\Psi(0) = 0$; $\Psi(\infty) = 0$ [1]. Покажем, что это уравнение эквивалентно интегральному. Для получения интегрального уравнения воспользуемся методом функции Грина [2]. Тогда функция Грина рассматриваемой задачи имеет вид

$$G(x, y) = \frac{\pi}{4} \begin{cases} \sqrt{x} J_{1/4}(\frac{\sqrt{k}x}{2}) \sqrt{y} N_{1/4}(\frac{\sqrt{k}y}{2}) & x < y \\ \sqrt{y} J_{1/4}(\frac{\sqrt{k}y}{2}) \sqrt{x} N_{1/4}(\frac{\sqrt{k}x}{2}) & x \geq y \end{cases} = \frac{\pi}{4} \sqrt{x_{<}} J_{1/4}(\frac{\sqrt{k}x_{<}}{2}) \sqrt{x_{>}} N_{1/4}(\frac{\sqrt{k}x_{>}}{2}).$$

Здесь $J_{1/4}$, $N_{1/4}$ – функции Бесселя и Неймана соответственно.

Интегральное уравнение для $\Psi(x)$ является однородным и имеет вид

$$\Psi(x) = E \int_0^{\infty} G(x, y) \Psi(y) dy.$$

Параметр этого уравнения, то есть E , является спектральным.

Это уравнение может быть использовано для анализа свойств квантового гармонического осциллятора.

Аналогичные уравнения могут быть получены для других степенных потенциалов.

1 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Квантовая Механика./М.:ФИЗМАТЛИТ, 2002г.

2 Владимиров В.С., Уравнения математической физики./М.:Наука, 1967г.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КВАЗИУРОВНЕЙ В ОДНОМЕРНЫХ МНОГОЯМНЫХ ПОТЕНЦИАЛАХ ВО ВНЕШНЕМ ОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Л. Г. КРЫЛОВА (СТУД 5.К) БГУ

Одним из наиболее известных методов для расчета квантовых систем является метод трансфер-матрицы. В ряде случаев, например, для одномерной системы, он позволяет получить точные соотношения для определения собственных значений энергии системы, приравнивая к нулю детерминант некоторой матрицы, выражающейся через трансфер-матрицу и граничные условия. Для численного решения получающегося нелинейного комплексного уравнения можно использовать стандартные методы, например, метод аргумента [1] для грубой локализации корней и метод Ньютона, что связано с действительностью собственных значений.

Ситуация кардинально изменяется при приложении к системе постоянного внешнего поля (смещения). Собственные состояния в этом случае становятся либо состояниями с конечным временем жизни и комплексной добавкой в энергию состояния (квазиуровни), либо переходят в область непрерывного спектра (состояния рассеяния). Это приводит к необходимости решать соответствующее нелинейное уравнение во всей комплексной плоскости. Как показывает анализ, получение достаточно точных значений для времен жизни квазиуровней с использованием метода Ньютона наталкивается на существенные трудности, причина которых кроется в гигантских значениях градиента ($\sim 10^{20}$) определяющей функции в направлении мнимой оси, в то время как его величина вдоль вещественной оси составляет порядка нескольких единиц. Поэтому для решения данной задачи была использована комбинация метода аргумента и дихотомии, которая описывается следующим образом - дихотомия в направлении вещественной оси с проверкой попадания корня в целевой прямоугольник до достижения заданной точности расчета энергии квазиуровня, последующая дихотомия в направлении мнимой оси для определения времени жизни состояния с заданной точностью. Разработанная на основе пакета САЗ «Ма-Шетайса» программа была использована для расчета параметров квазиуровней квантоворазмерных полупроводниковых структур, используемых в современных лазерных диодах, а полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися литературными данными.

1 Anemogiannis E, Glytsis E. N. and Gaylord T. K. Bound and quasibound state calculations for biased/unbiased semiconductor quantum heterostructures / IEEE J. Quant. Electr., 29, No 11 (1993) P.2731-2740

АНАЛИЗ СВЯЗИ ФУНКЦИИ ПОТЕНЦИАЛА С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ФУНКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТИ

В. В. ЗЫБЕЛЬТ (магистрант), В. А. ЛЮПО (д. физ.-мат. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Проблематика. В настоящее время хорошо разработаны методы определения идеальной структуры кристалла. Однако эти методы не учитывают индивидуальных особенностей исследуемого образца, так как созданы для определения идеальных структурных моделей. Управлять свойствами можно путем изменения кристаллохимических параметров, при этом требуется знать связь между функцией электронной плотности, определяемой экспериментально, и функцией потенциала в пределах усредненной экспериментальной ячейки.

Цель работы. Проанализировать связь между функцией потенциала $U(\vec{r})$ и экспериментальной функцией электронной плотности $\rho(\vec{r})$. Разработать методику определения структуры кристалла по распределению электронной плотности.

Объект исследования. Слоистые кристаллы и их структура.

Использованные методики. Методы компьютерного моделирования и методы рентгеноструктурного анализа.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Состоит в использовании взаимосвязи электронной плотности и функции потенциала для определения структуры кристаллов.

Полученные результаты и выводы. Программа, написанная на языке Visual Basic 6.0, позволяет находить решения уравнения Шредингера $\varphi(x)$ и строить графики зависимости функции электронной плотности, являющейся квадратом модуля волновой функции $\varphi(x)$, от координаты. Было установлено, что путем варьирования распределением электронной плотности $\rho(x)$, можно определить вариации функции потенциала $U(x)$.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Практическая значимость состоит в приспособлении данной методики определения структуры кристалла для процесса разработки и создания материалов с заданными свойствами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНФИГУРАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНА Am^{3+} В LaCl_3

Л. А. ФОМИЧЕВА (аспир., 2 с.), А. А. КОРНИЕНКО (д. физ.-мат. н.), ВГТУ

В данной работе подробно исследуется влияние возбужденных конфигураций актиноидов на штарковское расщепление мультиплетов. Определены параметры межконфигурационного взаимодействия иона Am^{3+} в кристалле LaCl_3 в приближении слабого и промежуточного по силе конфигурационного взаимодействия.

Для учета влияния межконфигурационного взаимодействия на штарковское расщепление мультиплетов используют следующий гамильтониан [1]

$$H_{cf} = \sum_{k,q} \left[B_q^k + \underbrace{(E_J + E_{J'} - 2E_f^0)}_{\tilde{B}_q^k} G_q^k \right] C_q^k, \quad (1)$$

где G_q^k – дополнительные параметры, задающие амплитуду межконфигурационного взаимодействия. Наибольший вклад в них дает ближайшая возбужденная конфигурация 4fN-15d. Величина этого вклада определяется по формуле [2]

$$G_q^k(d) = (-1)^{l+1} \frac{2k+1}{2\langle f \| C^k \| f \rangle_{q',q''}} \sum_{q',q''} (-1)^q \begin{pmatrix} k' & k'' & k \\ q' & q'' & -q \end{pmatrix} \times \\ \times \begin{pmatrix} k' & k'' & k \\ f & f & l \end{pmatrix} \langle f \| C^{k'} \| l \rangle \langle l \| C^{k''} \| f \rangle \frac{B_{q'}^{k'} B_{q''}^{k''}}{\Delta_{df} \Delta_{df}}, \quad (2)$$

Выполненные расчеты показали, что применение гамильтониана кристаллического поля в приближении промежуточного по силе конфигурационного взаимодействия (1) позволяет улучшить описание штарковской структуры мультиплетов иона Am^{3+} в LaCl_3 и уменьшить среднеквадратичное отклонение теоретических данных от экспериментальных на 35% по сравнению с приближением слабого конфигурационного взаимодействия.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых лазерных материалов.

1 Корниенко А.А., Дунина Е.Б. Письма в ЖЭТФ. 59, 6, 385 (1994).

2 Kornienko A.A., Kaminskii A.A., Dunina E.B. Phys. Stat. Sol. (b) 157, 1, 267 (1990).

МЕТОД ДЕБАЯ-ПАТЕРСОНА ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

С. Л. ГЕЙ (студ. 5к.), В. А. ЛЮПО (д. физ.-мат. н.), ГРГУ им. Я. КУПАЛЫ

Проблематика. Исследования связаны с разработкой прямого метода определения структуры кристалла по его дифракционной картине на основе реализации метода Патерсона.

Цель работы. Возможность алгоритмизировать метод Патерсона на этапе построения структуры кристалла по распределению межатомных векторов с учетом его точечной группы.

Объект исследований. В работе показаны основные соотношения между точечной группой кристалла и его функцией межатомных векторов. Исследуется зависимость между пространством кристалла и векторным пространством.

Использованные методики. Метод Паттерсона и метод Дебая.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. В работе анализируется возможность построения алгоритма перехода от распределения межатомных векторов в векторном пространстве к структуре кристалла.

Полученные результаты и выводы. Все методы структурного анализа основаны на монокристалльных исследованиях и поэтому не пригодны в прямом виде для анализа изменений структуры в поликристаллических объектах, поэтому была использована корреляционная функция для расчета функции радиального распределения атомной плотности для меди (точечная группа $Fm\bar{3}m$) [1].

Практическое применение полученных результатов. Для анализа структурных изменений в металлах после их лазерного облучения применен метод Дебая, дополненный методом Паттерсона [2]. Это позволило установить, что изменения в металлах связаны с частичным образованием измененной фазы в области облучения.

1 Гей С.Л. Точечные группы кристаллов в векторном пространстве // Тезисы XII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2005», Москва, 12-15 апр. 2005г. - Изд. МГУ, 2005. - С.378.

2 Дрозд А.А., Лиопо В.А. Применение метода Дебая для анализа структурных изменений в металлах после их лазерного облучения // Збірник наукових прац ПДПУ ім.В.Г. Короленка. Серія фіз.-мат. Наук. – 2004. – Вип. 6(39). – С.26-31.

НЕКРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКАЯ СИММЕТРИЯ В РЕГУЛЯРНЫХ РЕШЕТКАХ

Д. В. КУСАКИН (студ. 5-к), А. В. САБУТЬ (к. физ.-мат. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Проблематика. Построение координационных полиэдров регулярных решеток и исследование их симметрии.

Цель работы. Определение некристаллографической симметрии в регулярных решетках (на примере трех кубических решеток: примитивной, гранецентрированной и объемцентрированной).

Объект исследований. Координационные полиэдры трех кубических решеток: примитивной, гранецентрированной, объемцентрированной.

Использованные методики. Теория матриц. Методы аналитической геометрии.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Исследование координационных полиэдров нашло свое практическое и теоретическое приложение в такой развивающейся сфере кристаллографии как нанотехнологии.

Полученные научные результаты и выводы. Был разработан алгоритм для расчета координационных чисел трех кубических решеток (с известной матрицей Грамма): примитивной, гранецентрированной, объемцентрированной. Данный алгоритм был реализован программно. Был получен набор координационных чисел до порядка $m=500$. Далее разработан алгоритм построения координационных полиэдров для вышеуказанных решеток. По результатам расчета координационных чисел построены координационные полиэдры. Отбираются координационные многогранники с 5-ти, 7-ми, 8-ми-угольными гранями и исследуются их симметрия.

Практическое применение полученных результатов (в том числе и перспективное). Результаты этой работы могут быть использованы в теории регулярных решеток в качестве практического и теоретического материала. Также полученные данные могут быть использованы в области нанотехнологий для изучения свойств нанокристаллов.

1 Шаскольская М.П. Кристаллография. – М.: Высш.шк., – 1984. – 375 с.

2 Лиопо В.А. Матричная кристаллография. – Гродно: ГрГУ. – 1998. – 78 с.

3 Вайнштейн. Современная кристаллография. В 4-х т. – М.: Наука. – 1979. – т.1 – 375 с.

4 Конвей Дж., Слоэн Н. Упаковки шаров, решетки и группы. В 2-х т. – М.: Мир. – 1990. – 791 с.

5 Жидков Н.П., Щедрин Б.М. Геометрия кристаллического пространства. – М.: Издательство Московского ун-та, – 1988. – 218 с.

6 Франк-Каменецкий В.А. Кристаллография и кристаллохимия. – Л.: Изд. Ленинградского ун-та, – 1982. – 204 с.

7 Федоров Е.С. Симметрия и структура кристаллов. – М.: Изд. АН СССР. – 1949. – 470 с.

НЕКРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ТОЧЕЧНОЙ СИММЕТРИИ

А. В. ЛЕОНОВ (студент), А. В. САБУТЬ (д. физ.-мат. н), ГрГУ им. Я. Купалы

Проблематика: в данной работе исследуются группы некристаллографической симметрии, проводится анализ их основных свойств, находятся порождающие матрицы для данных групп.

Цель работы: исследование некристаллографических групп точечной симметрии, нахождение их порождающих матриц, описание основных свойств некристаллографических групп точечной симметрии.

Объект исследования: некристаллографические группы точечной симметрии.

Использованные методики: метод сравнительного анализа, рассмотрение трехмерных систем с некристаллографической симметрией как отображения (проекции или сечения) многомерных регулярных решеток на трехмерное евклидово пространство.

Научная новизна: работа состоит из двух основных частей. В первой части рассмотрен теоретический материал, касающийся отображения многомерных решеток на трехмерное пространство. Во второй части приводятся основные свойства некристаллографических групп точечной симметрии, найдены порождающие матрицы некоторых групп.

Полученные научные результаты и выводы: рассмотрены основные свойства некристаллографических групп точечной симметрии, найдены их порождающие матрицы.

Практическое применение полученных результатов: исследование свойств веществ с некристаллографической (фуллерены, квазикристаллы) симметрией путем отображения многомерных решеток на трехмерное пространство.

ЕДИНСТВО ФОРМ КВАЗИ-, НАНО- КРИСТАЛЛОВ И ФУЛЛЕРЕНОВ

А. И. КУЦ (магистрант), В. А. ЛЮПО (д. физ.-мат. наук), ГрГУ им. Я. Купалы

Проблематика. В последние десятилетия XX-го века были обнаружены новые типы веществ, среди которых выделяются квазикристаллы и фуллерены как объекты с некристаллографической симметрией. В то же время миниатюризация электроники привела к развитию нанофизики и нанотехнологий. Создание наночастиц вокруг центральной затравки (например, атома или их групп) приводит к появлению различных точечных симметрий форм этих частиц.

Цель работы. Целью данной работы является установление общих закономерностей точечной симметрии квазикристаллов, фуллеренов и наночастиц.

Использованные методики. Использованные методики основываются на теории обобщенных регулярных решеток и некристаллографических групп.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Научная новизна заключается в том, что указанные типы веществ исследуются в рамках единого теоретического подхода.

Полученные научные результаты и выводы. Результаты работы позволяют обосновать возможность изменения свойств этих объектов при воздействиях на их атомную конфигурацию

ОДНОРОДНЫЕ РЕЛЯТИВИСТСКИЕ УРАВНЕНИЯ С ТОЧЕЧНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

Ю. А. ГРИШЕЧКИН (студ 3.к), В. Н. КАПШАЙ (к. физ.-мат. н.), ГГУ

Решается интегральное уравнение, описывающее взаимодействия двух релятивистских частиц, находящихся в связанном состоянии [1]

$$\psi(\rho) = \int_{-\infty}^{\infty} g(\rho - \rho') V(\rho') \psi(\rho') d\rho'; \quad V(\rho) = V_0 \delta(\rho). \quad (1)$$

В качестве функций Грина рассматриваются четыре функции, соответствующие различным вариантам квазипотенциального подхода в квантовой теории поля, например,

$$g_1(\rho) = -[2m \sin \xi \sinh(\pi m \rho)]^{-1} \sinh[(\pi - \xi) m \rho], \quad (2)$$

где ξ — безразмерная величина, связанная с энергией E ($E = m \cos \xi$, $0 \leq \xi \leq \pi/2$).

Уравнение (1) имеет решение при выполнении условия квантования, наложенного на энергию (на величину ξ). Для функции Грина (2) это условие примет вид

$$\frac{2\pi m}{V_0} + \frac{\pi - \xi}{\sin \xi} = 0. \quad (3)$$

При этом решение уравнения будет иметь вид

$$\psi(\rho) = \psi(0) V_0 g_1(\rho). \quad (4)$$

Аналогично может быть решено уравнение (1), в котором в качестве потенциала используются выражения, содержащие производные различных порядков от дельта-функции.

1 Kapshai V.N., Alferova T. A. Relativistic two-particle one-dimensional scattering problem for superposition of δ -potentials // J. Phys. A: Math. Gen. -1999. - V.32. - P.5329-5342.

КОМБИНАТОРНЫЙ ПРИНЦИП В ТЕОРИИ КВАРКОВ

А. В. КОВАЛЕВИЧ (студ 5к), В. А. ЛЮПО (д. физ.-мат. н.), ГрГУ им. Я. Купалы

Проблематика. Симметричный анализ различных физических процессов и явлений, в том числе и с использованием комбинаторного принципа широко используется в современной физике. Эти методы нашли применение при систематике кристаллических структур, особенно при выделении классов и групп минералов. Эти общие методы можно использовать и в квантовой хромодинамике.

Цель работы. Построить систематику адронов и лептонов на основании комбинаторного принципа для цветов кварков.

Объект исследования. Теория кварков. Квантовая хромодинамика.

Использование методики. Комбинаторные принципы. Теория групп.

Научная новизна, в чем особенность проведенных исследований. Особый научный интерес данный метод представляет в том случае, когда барион не может существовать свободно тогда комбинацию цветов кварков необходимо будет обнулить при помощи «множителя», который, как предполагается, и будет задавать внешнее поле.

Полученные результаты и выводы. При решении этой задачи, используя теоретико-групповые методы, предложен способ описания квантовых чисел и взаимодействия кварков. Комбинации введенных числовых характеристик (квантовых чисел) позволяют провести построение элементарных частиц с результатом, не противоречащим имеющимся представлениям, но позволяющие получить некоторые новые результаты, требующие дальнейшего анализа.

Практическое применение полученных результатов. Полученные результаты могут использоваться при исследовании элементарных частиц и их систематизации. Предполагается использование данного метода при описании глюонного взаимодействия.

ЕДИНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ, ЖИДКОМ И ГАЗООБРАЗНОМ СОСТОЯНИЯХ

Я. В. Ровдо (студ. 5 к.), И. И. НАРКЕВИЧ (д. физ.-мат. н.), БГТУ

Уже давно теоретики, работающие в области равновесной молекулярной статистической физики, пытаются получить всефазное уравнение состояния, т. е. такое уравнение, которое бы описывало равновесные свойства этого вещества в любом из трех агрегатных состояний (кристалл – жидкость – газ).

Целью работы является построение единого аналитического уравнения молекулярной среды. Естественно, что такое уравнение состояния должно предсказывать все типы фазовых переходов (кристалл – жидкость, жидкость – газ и кристалл – газ). На пути поиска единого уравнения состояния в рамках феноменологического подхода получено большое число эмпирических или полуэмпирических уравнений состояния, наиболее известными из которых являются уравнение ван-дер-Ваальса и уравнение Планка.

Объект исследования – молекулярная конденсированная среда, равновесные свойства которой изучаются методами статистической физики.

Ранее, при изучении гетерогенных систем с плоской и сферической поверхностями раздела фаз, а также при изучении явления сорбции на плоской подложке, были получены уравнения для соответствующих профилей (плотности и концентрации), которые фактически совпадают с выражением для функции распределения Ферми – Дирака, где роль уровней энергии играют ячейки метода условных распределений (с пустыми и занятыми не более чем одной молекулой ячейками), а числа заполнения уровней приобретают смысл вероятностей заполнения этих ячеек. Обнаруженная аналогия позволила сформулировать простую модель конденсированной системы с взаимодействием Леннарда – Джонса. Для этого используются известные из термодинамики и статистической физики формулы для термодинамического потенциала $\Omega = -pV$, энтропии S фермионного газа, энергии U и чисел заполнения n , которые одинаковы для однородной среды. В результате получена математическая модель, которая описывает термодинамические свойства описанной выше статистической модели конденсированной среды (обобщенная модель решеточной среды).

В результате впервые в практике применения метода (метод коррелятивных функций ББГКИ и метода условных распределений Ротта) получено единое для всех фаз аналитическое уравнение состояния. С помощью правила Максвелла при разных температурах определены точки фазовых переходов (плавления, кристаллизации, испарения и конденсации) и построена теоретическая фазовая диаграмма молекулярной системы.

Полученные результаты рекомендованы для использования в учебном процессе в курсе «Физика» и при описании тепловых процессов в гетерогенных системах.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ ДЖЕТОВ АКТИВНЫХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ЯДЕР В ДАЛЬНИХ ОБЛАСТЯХ ГАЛОГАЛАКТИК

А. Л. ПОПЛАВСКИЙ (асп. 1 год), БГУ

Наблюдения в радио и рентгеновском диапазонах указывают на сильную деформацию большей части джетов активных галактических ядер в областях дальних гало галактик [1]. На сегодняшний день существуют две основные гипотезы таких деформаций: магнетогидродинамическое взаимодействие с окружающей плазмой межгалактической среды и комптоновские потери на излучение [2]. Однако, они показывают свою несостоятельность для объяснения данного явления вследствие высоких энергий джетов. В данной работе предложен механизм искривления джетов вследствие процесса многократного неупругого рассеяния его заряженных частиц на частицах темной материи гало. В рамках данной модели построен численный двухмерный алгоритм расчета траекторий пробных частиц джета с применением генератора случайных чисел. Моделирование проводилось в системе Mathematica 5.0. Параметрами являлись: длина свободного пробега l и число столкновений N . Наилучшее соответствие с экспериментальными данными было получено при индикатриссе рассеяния вида

$$s(\theta, i) \propto (-1)^i \frac{\zeta \theta}{N - i + 1},$$

где i – номер акта рассеяния, θ – угол между начальным вектором скорости на вектором на i -м столкновении, ζ – параметр уменьшения энергии частицы. Построенная модель хорошо объясняет экспериментальные свойства джетов в дальних областях гало галактик: форму их деформированных участков, торможение высокоэнергетических протонов и электронов и излучательные характеристики. Наиболее вероятным кандидатом на роль гипотетических рассеивателей являются первичные микроскопические черные дыры.

1 Bridle A. H. Deep VLA Imaging of Twelve Extended 3CR Quasars / Astron. J. –1994.–Vol. 108.–P. 766–820.

2 Saxton C. J. et al. Interaction of Jets With Inhomogeneous Cloudy Media. / 2005.–(Preprint astro-ph/0502367).

Химия, химическая технология и техника

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА, МИГРИРУЮЩЕГО ИЗ СТЕКЛЯННОЙ ПОСУДЫ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

А. С. САВКИНА (студ. 5 к.), А. М. БРАЙКОВА (ассист.), БГТУ

В Республике Беларусь действуют санитарные нормы и правила, устанавливающие требования к количеству вредных веществ, выделяющихся из посуды, в том числе стеклянной. Одним из регламентированных элементов является хром.

Цель работы заключалась в разработке методики инверсионно-вольтамперометрического определения хрома в модельных средах: 10%-ном растворе спирта и 4%-ном растворе уксусной кислоты. Модельные среды наливали в стеклянную, окрашенную хромом посуду, и выдерживали при температуре 25 ± 5 °С в течение 24 ± 10 мин.

Анализ проводили на анализаторе вольтамперометрическом марки АВА – 2, сопряженном с компьютером IBM PC, в трех-электродной ячейке. В качестве индикаторного электрода использовали углесталловый стержень, модифицированный серебром (С/Ag-электрод). Площадь рабочей поверхности электрода составляла 0,13 см². Электродом сравнения служил насыщенный хлоридсеребряный полуэлемент, вспомогательным – платиновая проволока.

При анодном окислении индикаторного электрода образующиеся ионы серебра в присутствии хромат-ионов будут накапливаться на поверхности модифицированного серебром углесталлового электрода (С/Ag – электрода) в виде труднорастворимой соли Ag₂CrO₄ с последующим ее катодным растворением. Значение концентрации Cr⁶⁺ определяют сравнением величин аналитических сигналов, полученных для растворов проб и растворов проб с известными добавками определяемого элемента. Аналитическим сигналом служит максимум тока восстановления серебра из труднорастворимого Ag₂CrO₄.

В модельных средах (пробах) хром находится, в основном, в трехвалентном состоянии. Поэтому проводили дополнительную подготовку пробы, в ходе которой трехвалентный хром окисляли до шестивалентного. Для этого пробу кипятили 25 мин с добавлением персульфата аммония. С использованием разработанной методики определяли выделившийся хром в модельные среды из окрашенной в зеленый цвет пивной бутылки. Как показали исследования, концентрация хрома в спиртовом растворе составила 0,078 мг/л, а в уксуснокислом – 0,095 мг/л, что не превышает ДКМ (0,1 мг/л).

Таким образом, результаты исследований показывают, что данная методика может быть использована для определения хрома в различных вытяжках из стеклянной и других видов тары.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ТИТАНА И КРЕМНИЯ

А. С. ЛАВИЦКАЯ (студ. 5 к.), А. Н. МУРАШКЕВИЧ (д.т.н.), БГТУ

Для композитов в системе TiO₂–SiO₂ характерны люминесцентные, супергидрофильные свойства, явление фотокатализа в реакциях разложения цианидов, азокрасителей, бензола и его производных, гидрогенолиза этана, гидрирования угарного газа [1-3]. В этой связи можно выделить наиболее перспективные области применения композитных материалов TiO₂–SiO₂:

- катализ и фотокатализ,
- оптические волноводы,
- супергидрофильные пленки,
- люминесцентные матрицы.

Проблемными остаются вопросы оптимизации методов получения композитов объемного и пленочного типа заданного состава и свойств, поиск корреляции химических и каталитических свойств композитов.

Объекты исследования – гибридные ксерогели и соосажденные порошки в системе TiO₂ – SiO₂. Их получали с использованием алкоксидов титана и кремния, а также растворов TiCl₃ золь-гель методом или методом управляемого соосаждения.

Показана возможность получения композитов с удельной поверхностью 20–400 м²/г, сорбционным объемом 0,2–0,4 см³/г. Методами ИК-спектроскопии, ДТА и рентгенофазового анализа изучены особенности фазовых переходов при термообработке.

В настоящее время в качестве основного промышленного катализатора поликонденсации полиэтилентерефталата (ПЭТФ) используют оксид сурьмы, позволяющий проводить процесс при 290°С. С технологической точки зрения это предельная температура по термической стабильности полимера и стабилизации его реологических свойств. Применение нового, экологически более безопасного катализатора (например, нанесенного диоксида титана на поверхности тонко диспергированного диоксида кремния) позволило бы сделать процесс производства ПЭТФ более технологичным, менее энергоемким и экологически более безопасным.

1. Zhou Y., Jiang G. Studu on Propertis Oxides TiO₂ / SiO₂ / Chinese J. Chem. Eng. 2002, V. 10, № 3, p. 349–353.

2. Mohamed Mokhtar Mohamed, Salama T. M., Yamaguchi T. Synthesis, characterization and catalytic properties of titania- silica catalysts / Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2002, 207, p. 25–32.

3. Kim Y. K. et. el Microstructure and Photocatalytic Property of SiO₂ –TiO₂ Under Various Process Condition / J. of Sol. Gel. Science and Technology, 2005, 33, p. 87–91.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ АНОДНОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА В ПРИСУТСТВИИ ПОЛЯДЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОМ ПОЛУЧЕНИИ ВОДОРОДА

П. Б. КУБРАК (асн.), В. Б. ДРОЗДОВИЧ, И. М. ЖАРСКИЙ (к.х.н.), БГТУ

В настоящее время в связи с интенсивной коммерциализацией водородных технологий, в частности использования водорода высокой чистоты как вторичного энергоносителя в электрохимических энергетических установках, в специальных технологических системах без дополнительной очистки и необходимости хранения, повышенный интерес проявляется к мобильным установкам электролитического получения водорода. Одним из проблемных вопросов, сдерживающих производство электролитического водорода, являются повышенные энергозатраты (в 2-2,5 раза выше) по сравнению с паровой, парокислородной конверсией невозобновляемого сырья: природного газа, углеводородов нефти, газификации угля.

Нетрадиционными подходами для снижения энергозатрат электролитического производства водорода являются деполаризация кислородного электрода, использование гомогенных катализаторов, например, на основе гидрооксокомплексов различных металлов. С экономической и технической точек зрения наиболее оправдано, в особенности для РБ, использование в качестве анодных деполаризаторов кислородного электрода при электролитическом получении водорода возобновляемого водородсодержащего сырья – этанола и др. продуктов гидролизных производств.

Исследование кинетики анодного процесса проводилось в условиях статической и динамической поляризации с использованием потенциостата ПИ 50-1.1 и платинового электрода. Этанольно-сернокислые электролиты, содержащие полядерные соединения хрома, готовились совместно с ОИЭЯИ СОСНЫ НАН Б в лаборатории №6 (проф. Давыдов Ю.П., вед. науч. сотр. Вороник Н.И.).

Образование моноядерных и полядерных гидрооксокомплексов Cr(III)-катионов, степень их ядерности, образование псевдоколлоидов Cr(III) обусловлены в основном величиной pH этанольно-сульфатных сред. При образовании гидрооксокомплексов различной степени ядерности максимальные концентрации по ионам Cr(III) не превышают значений $5 \cdot 10^{-3}$.

Процесс анодной конверсии этанола в сернокислых средах в присутствии гидрооксокомплексов Cr(III) протекает в докислородной области, с образованием промежуточного продукта – ацетальдегида. Максимальные токи образования первичного продукта разложения этанола, ацетальдегида, достигают значений от 5 до 8 мА/см^2 , что в 1,8-2 раза выше токов в фоновых растворах. Установлено, что при анодной конверсии этанола в слабокислых сульфатных средах участвуют полядерные формы, в основном со степенью ядерности 2. Конечным продуктом разложения этанола в кислородной области является CO_2 .

ПОВЕДЕНИЕ ИРИДИЕВО-ТИТАНОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В АНОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

И. А. ВЕЛИКАНОВА (асн.), И. М. ЖАРСКИЙ (к.х.н.), БГТУ

Растет число новых электрохимических устройств, в которых используются каталитически активные электроды, например, электролизеры для обработки природных и сточных вод, синтеза органических и неорганических соединений, химические источники тока, регенераторы диализата крови и другие. В настоящее время для изготовления анодов имеется широкий круг материалов. В качестве носителей в основном используется титан, никель, свинец, углеродные материалы, а для каталитически активных покрытий – платина и ее сплавы, никель и его сплавы, оксиды платиновых металлов, кобальта, никеля, марганца, олова, свинца.

Возрастающий интерес вызывает разработка и промышленное использование универсальных нанопленочных иридиево-титановых электродов (НПИТЭ) в процессах органического и неорганического электросинтеза, электрохимической очистки сточных вод переменного состава. Содержание иридия в оксидных нанопленках обеспечивает высокую проводимость, близкую к проводимости металлических проводников, высокую коррозионную устойчивость и сравнительно низкую поляризацию многих анодных процессов. Важнейшим преимуществом НПИТЭ является возможность их использования в галогенсодержащих, сульфатных средах, в том числе в присутствии сильных окислителей, комплекссообразователей и ПАВ.

В настоящей работе исследовали поведение иридиево-титановых электродов с закладкой по иридию до 2,5 г/м^2 , полученных путем термического разложения гексахлориридиевой кислоты на титановой основе марки ВТ1-0. Исследования проводили с помощью потенциостата марки ПИ-50-1-1, программатора ПР-8 и двухкоординатного регистрирующего прибора Н306 методом циклической вольтамперометрии.

Установили, что токи обмена, рассчитанные из tafelевских участков поляризационных кривых в 0,5 М растворе серной кислоты для НПИТЭ, платинового и иридиевого электродов составляют $3,2 \cdot 10^{-7}$ А/см^2 , $6,6 \cdot 10^{-10}$ А/см^2 и $1,5 \cdot 10^{-6}$ А/см^2 соответственно. Значения коэффициентов b в уравнении Тафеля для НПИТЭ, платинового и иридиевого электродов составляют 0,22 В, 0,29 В и 0,21 В соответственно. Таким образом, электрокаталитическая активность иридиево-титановых электродов в процессе выделения кислорода в сернокислых растворах существенно выше платиновых электродов и незначительно ниже гладкого иридиевого электрода. На анодной поляризационной кривой, обработанной в полулогарифмических координатах, наблюдается несколько участков с различным углом наклона. Наличие изломов может быть обусловлено изменением природы лимитирующей стадии анодного процесса при возрастании анодного потенциала.

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ТИТАНАТА БАРИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ОКСИДОМ ЛАНТАНА $Ba_{1-x}La_xTiO_3$ И ОКСИДОМ ВОЛЬФРАМА $BaTi_{1-x}W_xO_3$ ($x=0,001; 0,002$)

О. А. АЛИСИЕНОК (студ. 4 к.), Г. Г. ЭМЕЛЛО (к.т.н.), Т. А. ШИЧКОВА (к.х.н.), БГТУ

К перспективным методам получения сегнетоэлектрических керамических материалов относится золь-гель технология. Данный метод позволяет варьировать в широких пределах многочисленными параметрами синтеза, что создает возможности для получения материалов с разнообразной структурой, дисперсностью и свойствами при температурах, значительно более низких, чем в керамическом методе.

Цель данной работы – разработка золь-гель метода получения мелкодисперсных частиц титаната бария, легированного оксидом лантана или оксидом вольфрама.

В качестве исходных веществ для получения многокомпонентных водных растворов использованы: $TiCl_3$ (15%-ный раствор в соляной кислоте), $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, $5(NH_4)_4O \cdot 12WO_3 \cdot xH_2O$. Установлены условия золеобразования в растворах (природа и расход комплексообразователя и стабилизатора, pH среды); условия превращения золь в гели (расход связующего, температура выпаривания смеси); условия перевода гелей в ксерогели. Рентгенофазовый анализ полученных по золь-гель методу порошков ксерогелей показал, что они являются рентгеноаморфными.

Спрессованные порошки ксерогелей подвергали термообработке в печи на воздухе при различных температурах. Установлено, что образование фазы метатитаната бария со структурой перовскита начинается уже после термообработки при $450^\circ C$. При повышении температуры до $900^\circ C$ происходит кристаллизация $BaTiO_3$ совместно с незначительным количеством титаната $BaTi_2O_5$. Дальнейшее повышение температуры до $1000-1100^\circ C$ приводит к углублению процессов кристаллизации. Все полученные по разработанному золь-гель методу образцы – двухфазны, что находится в соответствии с литературными данными, так как одним из недостатков золь-гель метода синтеза титаната бария со структурой перовскита является сложность получения однофазных образцов.

Изучена температурная зависимость удельного электросопротивления образцов, полученных путем обжига таблеток при температурах 1000, 1100 и $1200^\circ C$. Установлено, что все образцы являются полупроводниковыми сегнетоэлектриками и обладают позисторным эффектом в интервале температур 290-420 К. Величина позисторного эффекта составляет 3-4 порядка.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ МАНГАНИТОВ КВАЗИДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ $(1-x)La_{0,6}Pb_{0,4}MnO_3 - xNd_{0,6}(Sr_{0,7}Pb_{0,3})_{0,4}MnO_3$, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

М. В. МАЧАЛИНА (студ. 4 к.), Т. А. ШИЧКОВА (к.х.н.), Г. Г. ЭМЕЛЛО (к.т.н.), БГТУ

С целью поиска новых ферромагнетиков с большим магнитосопротивлением при комнатной температуре в последнее время интерес у исследователей вызывают твердые растворы квазидвойных систем манганитов $(1-x)La_{1-y}Me'_yMnO_3 - xLa_{1-z}Me''_zMnO_3$ (где Me' и Me'' : Ca, Ba, Sr, Pb). Синтез последних, как ожидается, позволит получать материалы с новыми уникальными магнитными и электрическими свойствами, представляющими практическую и научную значимость [1]. Большое количество работ посвящено также исследованию метамагнитного перехода в манганитах $R_{1-x}A_xMnO_3$ ($R=Nd, Pr$; $A=Ca, Sr$).

Исходя из этого, а также учитывая результаты разработанной нами ранее для синтеза твердых растворов манганитов золь-гель технологии [2], целью данного исследования явилось получение золь-гель методом твердых растворов манганитов квазидвойной системы $(1-x)La_{0,6}Pb_{0,4}MnO_3 - xNd_{0,6}(Sr_{0,7}Pb_{0,3})_{0,4}MnO_3$ ($x=0, 0,5, 1,0$) и изучение их магнитных свойств.

С использованием золь-гель технологии были синтезированы порошки, соответствующие по составу твердым растворам указанной квазидвойной системы, которые прессовались в таблетки и подвергались обжигу. Для всех составов образование фазы происходило после термообработки в течение всего 1 часа уже при $700^\circ C$ (по керамической технологии синтез происходит в результате многочасового обжига при $1200-1300^\circ C$). Исследование температурной зависимости удельной намагниченности насыщения порошков синтезированных твердых растворов проводили методом Фарадея в поле 5 кЭ в интервале температур 100-400 К. Было установлено, что для всех составов с увеличением температуры обжига увеличивается доля магнитной фазы и растет однородность образцов. Величина удельной намагниченности насыщения, измеренная при 100К, σ_{100} для образцов твердого раствора $(1-x)La_{0,6}Pb_{0,4}MnO_3 - xNd_{0,6}(Sr_{0,7}Pb_{0,3})_{0,4}MnO_3$ с $x=0,5$, полученного в результате обжига при $1100^\circ C$, оказалась выше, чем для твердого раствора того же состава, но синтезированного керамическим методом. Температура Кюри T_c полученных после обжига при $900-1100^\circ C$ порошков составила ~ 330 К.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования синтезированных с помощью золь-гель технологии твердых растворов в качестве нового поколения магнитных материалов.

1. Березняцкий А.В., Башкиров Л.А. Кристаллографические, магнитные и электрические свойства твердых растворов манганитов $La_{0,75}Sr_{0,25-x}Pb_xMnO_3$ и $La_{0,6}Pb_{0,4-x}Sr_xMnO_3$ // Труды БГТУ. Сер. химии и технологии неорг. в-в. Мн., 2001. Вып. IX. С.19-23.

2. Шичкова Т.А., Эмелло Г.Г., Богомазова Н.В. Синтез наноструктурированных порошков ферромагнитных твердых растворов манганитов квазидвойной системы $(1-x)La_{0,75}Sr_{0,25}MnO_3 - xLa_{0,6}Pb_{0,4}MnO_3$ золь-гель методом и исследование их свойств // Труды БГТУ Сер. химии и технологии неорг. в-в. Мн., 2005, вып. XIII. С. 45-48.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТА

$\text{La}_{0,6}\text{Pb}_{0,4}\text{MnO}_3\text{-WO}_3$

А. Г. КЛЮКАЧ (студ. 5 к.), Н. В. БОГОМАЗОВА (к.х.н.), БГТУ

В качестве одного из путей дальнейшего совершенствования полупроводниковых газовых сенсоров рассматривается создание гетерогенных структур и композиционных оксидных материалов. Структурно-химическое усложнение подобных систем затрудняет диффузионный обмен на границе зерен и замедляет процесс укрупнения кристаллитов. Кроме того, наличие структурных составляющих различной природы, дифференцированно реагирующих на присутствие активных газов в среде, потенциально благоприятствует повышению селективности сенсорного устройства.

Цель работы состояла в исследовании реальных сенсорных элементов с использованием полупроводниковой подложки из монокристаллического кремния и диэлектрической подложки на основе Al_2O_3 . Рабочие элементы включали трафаретную систему платиновых измерительных электродов (полосковую или встречно-штырьевую), платиновый нагреватель и чувствительный слой на основе композитов $\text{La}_{0,6}\text{Pb}_{0,4}\text{MnO}_3\text{-VO}_2$ и $\text{La}_{0,6}\text{Pb}_{0,4}\text{MnO}_3\text{-WO}_3$, которые не исследовались другими авторами в качестве материалов активного слоя полупроводниковых газовых сенсоров. Измерения проводились в ячейке, позволяющей фиксировать сопротивление чувствительного слоя в зависимости от состава окружающей газовой среды (воздух + пары этанола, бутанола, ацетона, уксусной кислоты, ацетилацетона, аммиака и других донорных газов) и температуры подложки.

Показано, что использование композиционных материалов в качестве чувствительного слоя полупроводникового сенсора дает возможность стабилизировать работу датчика при сохранении высоких значений величины отклика, характерных для основного компонента WO_3 . Среди изученных рабочих сенсорных элементов оптимальные эксплуатационные характеристики продемонстрировал датчик на основе системы $0,1\text{La}_{0,6}\text{Pb}_{0,4}\text{MnO}_3 - 0,9\text{WO}_3$, сформированный на монокристаллической полупроводниковой подложке со встречно-штырьевой системой информационных электродов. Получены концентрационные (в диапазоне $10^2\text{--}10^5$ ppm) и температурные (в диапазоне 450–900 К) зависимости сенсорного отклика для определения содержания паров аммиака, этанола, бутанола, ацетилацетона в воздушной среде. Потребляемая мощность исследованных датчиков в рабочем режиме составляла 150–250 мВт, что в 1,5–2 раза меньше значений для аналогичных устройств, приводимых другими авторами. Селективная зависимость отклика от концентрации газов в ячейке и температуры чувствительного слоя позволяет использовать исследованные сенсорные элементы для избирательного контроля химически активных газов в воздушной среде на уровне 5–50 ppm.

ОСАЖДЕНИЕ БЛЕСТЯЩИХ НИКЕЛЬ-ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ

Е. Н. КУЛЬПАНОВИЧ (студ. 5 к.), А. А. ЧЕРНИК (к.х.н.), БГТУ

Никелевые сплавы, находят широкое применение в технике, в быту, в ювелирном деле. Сплавы Fe-Ni нашли свое применение в электронной промышленности, для записи и хранения информации в компьютерах и других областях техники благодаря своим ценным магнитным свойствам. Замена никелевого покрытия на сплав Fe-Ni позволяет значительно удешевить процесс получения коррозионно-стойких покрытий с отличными физико-механическими свойствами. Электроосаждение – эффективный процесс для получения магнитных пленок: гибкий, дешевый, пригодный для деталей любой геометрии.

Поскольку получение сплавов Fe-Ni осложнено аномальным соосаждением, поэтому изучение оптимальных режимов осаждения этих сплавов, а также получение покрытий различной толщины является особенно актуальным.

Магнитные, механические и химические свойства сплавов Ni-Fe определяются рядом факторов, включающих металлургическую структуру и состав сплава. Эти параметры зависят от условий проведения процесса, таких как химический состав ванны, pH, плотность тока и температура, гидродинамический режим. Так же важную роль играет равномерность состава сплава по толщине покрытия. Установлено, что содержание железа в сплаве никель-железо не зависит от толщины осадка, если электролиз ведется при постоянном потенциале.

Объектом исследований является сплав, который осаждается электролитическим способом. Для осаждения железо-никелевого покрытия был выбран сульфатно-хлоридный электролит следующего состава, г/л: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 300$; $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - 90$; лимонная кислота – 15; $t = 70 \pm 2^\circ\text{C}$.

В ходе экспериментов исследовалось влияние плотности тока на выход по току. С этой целью варьировалась плотность тока. В результате проведенной работы был получен ряд образцов сплава железо-никель при различных температурах ($t = 20\text{--}80^\circ\text{C}$). Плотность тока изменялась в интервале от 1 А/дм² до 15 А/дм², при толщине покрытия 20–200 мкм. Опыты проводились при различных гидродинамических режимах (без перемешивания, с перемешиванием). По привесу образцов определялся выход по току, который составил 65–95 %.

Установлено, что наилучшее качество и внешний вид сплава был получен при плотности тока 10 А/дм², перемешивании и температуре электролита 70°C. При этом толщина покрытия составила 50 мкм. Электролитическое осаждение сплава происходило в течение 45 минут. Выход по току составил 95 %.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ

В. В. ТИЩЕНКО (студ. 5 к.), А. А. ЧЕРНИК (к.х.н.), БГТУ

Электрохимическая размерная обработка применяется с целью получения точного профиля изделий, т.е. придания поверхности нужного рельефа или формы, прошивки отверстий, фасонных пазов и щелей, изменения размеров шлифования, удаления заусенцев и разрезки металла, а также находит широкое применение в производстве химических источников тока, где нежелательно использование штампов, а также в медицине при изготовлении мелкого стоматологического инструмента.

Целью данной работы является подбор оптимальных условий (плотности тока, состава электролита) для процесса электрохимической размерной обработки сталей. Сущность данного процесса заключается в том, что металл подвергается локальному анодному растворению при высоких плотностях тока в проточном электролите.

Объектом исследования является стальной образец площадью $0,5 \text{ см}^2$, который устанавливается на минимально возможном расстоянии от поверхности катода. Для этого катод помещают в специальный чехол. Для проведения процесса используется 30% водный раствор хлористого натрия. Опыты проводились при интенсивном перемешивании электролита.

В ходе экспериментов исследовалось влияние плотности тока и времени растворения металла на выход по току. В результате проведенной работы был получен ряд образцов стали при температуре $18-26^\circ\text{C}$, плотности тока от 60 А/дм^2 до 140 А/дм^2 и времени от 5 до 30 минут, с выходом по току 78-95%, который определялся по величине съема металла на образцах. Установлено, что для стравливания стальной поверхности площадью $0,5 \text{ см}^2$ и толщиной 1 мм потребовалось 20 мин. Плотность тока при этом составила 120 А/дм^2 . Процесс протекал с выходом по току 94,8%.

РАСSEИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТА НИКЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОСАЖДЕНИИ НИКЕЛЬ-АЛМАЗНЫХ ПОКРЫТИЙ

А. К. БОЛВАКО (студ. 5 к.), А. А. ЧЕРНИК (к.х.н.), БГТУ

Среди промышленных технологий изготовления алмазного шлифовального инструмента наибольшими преимуществами обладает гальванический метод. Проводимые на кафедре ХТЭХПиМЭТ исследования позволили разработать новую технологию нанесения алмазных покрытий на режущий инструмент, основанную на использовании нестационарных режимов электролиза. Однако при нанесении покрытий на изделия сложной формы важное значение приобретает способность электролита давать равномерные по толщине качественные осадки по всей поверхности изделия, или рассеивающая способность (РС) электролита.

Целью данной работы является изучение РС электролита никелирования в условиях нестационарного электролиза и выбор оптимального режима получения никель-алмазного покрытия. Для определения РС использовались ячейки Хулла и Молера. Исследованию подвергался электролит состава, г/л: $\text{NiSO}_4 - 400$; $\text{NiCl}_2 - 60$; $\text{H}_3\text{BO}_3 - 40$; РАДО-2 – 0,5 при температуре $50-55^\circ\text{C}$ и величине $\text{pH} = 4-4,2$. Импульсная поляризация осуществлялась источником тока, обеспечивающим выходное значение силы тока до 30 А при регулировании времени импульса и паузы в диапазоне 1–1000 мс.

Предварительные исследования в ячейке Хулла показали, что применение импульсных и реверсных режимов электролиза позволяет получать качественные покрытия Ni в широком интервале плотностей тока $i = 6-15 \text{ А/дм}^2$ при длительности катодного импульса $\tau_k = 10 \text{ мс}$, времени паузы $\tau_n = 5-10 \text{ мс}$ (для импульсного режима) и времени анодного импульса $\tau_a = 1-5 \text{ мс}$ (для реверсного режима).

Для определения оптимального режима наращивания алмазов использовалась ячейка Хулла с засыпкой алмазным порошком зернистостью 120/160. Установлено, что удовлетворительное закрепление алмазов происходит при достаточно высоких значениях плотностей тока (более 8 А/дм^2) и τ_k от 5 до 10 мс.

Показано, что на большей части изученного интервала i РС по току и по металлу возрастают, достигая максимальных значений при плотности тока 14 А/дм^2 . Дальнейшее увеличение плотности тока приводит к резкому снижению РС. Увеличение импульсной плотности тока в реверсном режиме обеспечивает увеличение РС по току и по металлу. Оптимальная продолжительность импульса тока составляет 10–12 мс для импульсного и реверсного режимов. Увеличение длительности паузы в импульсном режиме приводит к снижению РС электролита, тогда как увеличение i в реверсном режиме увеличивает РС.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены оптимальные с точки зрения РС параметры электролиза для нанесения никель-алмазного покрытия в нестационарных режимах электролиза.

ПОЛИРУЮЩИЕ КИСЛОТНЫЕ ТРАВИТЕЛИ ДЛЯ КРЕМНИЯ

А. Е. УСЕНКО (асп.), Е. А. ХИЖНЯК (асп.), А. В. ЮХНЕВИЧ (к.ф.-м.н.), БГУ

Кремний является основным материалом современной электроники и перспективным материалом электроники, механики, оптики, химической аналитики будущего. В связи с тенденцией к миниатюризации приборов и их деталей (переход к атомным размерам) всё больше внимания уделяется физическим и химическим свойствам поверхности монокристаллов, представляющей собой исходную среду для изготовления на ней микро- и наноразмерных устройств различного назначения. Причём данные свойства будут определять не только принцип функционирования наноприборов, но и способ их изготовления. В настоящее время решение многих технологических задач связано с умением формировать заданный тип микро- и нанорельефа поверхности монокристалла. Одним из основных методов, позволяющих формировать определённый тип рельефа, является жидкостное химическое травление. Причём химическое кислотное растворение позволяет реализовать предельно низкотемпературные условия, в которых только и возможно формирование атомарно - гладких поверхностей и изготовление наноразмерных устройств с атомной точностью.

Цель работы – поиск составов кислотных травителей, обеспечивающих формирование предельно гладкой (001) поверхности монокристаллов кремния.

В ходе эксперимента использовались плоские образцы кремния КДБ – 4,5, полученного методом Чохральского. Исходные поверхности образцов подвергались стандартной химико-механической полировке. Изучали зависимость полирующих свойств малоизученных растворов $\text{HF} - \text{KMnO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{HF} - \text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ от содержания окисляющего компонента (диапазон концентраций KMnO_4 0,01 – 0,17 моль/л, HNO_3 – 0,17 – 10,93 моль/л). Исследование морфологии травленной поверхности проводили при помощи микроинтерферометра Линника МИИ – 4, оптического микроскопа ММР – 2Р, сканирующего электронного микроскопа LEO – 1420, атомно-силового микроскопа NT – 206.

Основными результатами данной работы являются следующие: подбор оригинального полирующего травителя $\text{HF} - \text{KMnO}_4 - \text{H}_2\text{O}$, дающего наиболее гладкий рельеф изучаемой поверхности, а также обеспечивающего контролируемое удаление нарушенного слоя поверхности; выяснение особенностей формирующегося микро- и нанорельефа в травителях различных составов. Полученные результаты будут использоваться на предприятиях и в организациях, проводящих исследования и изготавливающих приборы на основе монокристаллов кремния.

РЕЛЬЕФ ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ, ФОРМИРУЮЩИЙСЯ ПРИ ТРАВЛЕНИИ В РАСТВОРАХ НА ОСНОВЕ КОН

Е. А. ХИЖНЯК (асп.), А. Е. УСЕНКО (асп.), А. В. ЮХНЕВИЧ (к.ф.-м.н.), БГУ

Анизотропное травление кремния в щелочных растворах является ключевым этапом при изготовлении микроэлектромеханических и других микро-устройств на основе монокристаллического кремния. Особенности рельефа травленных поверхностей играют все более важную роль по мере уменьшения размера приборов. В связи с этим одной из главных проблем перспективной технологии является получение предельно гладких поверхностей при сохранении анизотропии растворения. Технологически важной является поверхность кремния с ориентацией типа (100). Известно, что водные растворы КОН низких концентраций – одного из наиболее распространенных анизотропных травителей для Si – характеризуются относительно высокой скоростью травления кремниевых пластин такой ориентации, но низким качеством поверхности. Цель данного исследования – разработать новый травитель на основе КОН за счет включения специальных добавок, которые позволят получать гладкие поверхности (100).

В работе изучалась поверхность монокристаллического кремния марки КЭФ-4,5. Травление кремниевых образцов проводили в растворах КОН при температуре $(80 \pm 0,02)^\circ\text{C}$ с добавлением KMnO_4 в диапазоне концентраций $2 \cdot 10^{-3}$ – $2 \cdot 10^{-2}$ моль/л или KNO_3 в диапазоне концентраций $5 \cdot 10^{-2}$ –1 моль/л. Влияние добавок на особенности микро и нанорельефа поверхности кремния изучали с помощью микроинтерферометра Линника МИИ-4, сканирующего электронного микроскопа LEO-1420, атомно-силового микроскопа NT – 206.

Показано, что добавки изменяют скорость травления и качество результирующей поверхности. В результате серии экспериментов был отобран оптимальный по скорости травления Si и качеству результирующей поверхности состав модифицированного травителя. В частности, установлено, что добавление KMnO_4 к раствору КОН 4 моль/л уменьшает среднюю высоту неровностей от 300 до 2 нм.

Использование нового травителя в технологии изготовления приборов на основе кремния позволит повысить качество микроустройств различного назначения (электронных, механических, химико-аналитических).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И АМОРФНЫХ ПЛЕНОК Ni-B И Co-B

Ю. Н. БЕКИШ (асп.), Т. В. ГАЕВСКАЯ (к.х.н., ст.н.с.), БГУ

В последнее время большое внимание уделяется получению пленочных покрытий на основе металлов подгруппы железа, легированных бором. Известно, что увеличение содержания бора в пленках Ni-B и Co-B позволяет изменять их структуру от поликристаллической до аморфной, а также влияет на физико-механические, коррозионные и электрические свойства. При электрохимическом осаждении пленок Ni-B и Co-B существует проблема выбора борсодержащего соединения, обеспечивающего необходимое включение бора, доступного и оптимального с точки зрения простоты состава, высокой стабильности и малой токсичности. Развитие химии органических соединений бора и бороводородов позволило расширить круг борсодержащих соединений, используемых для электрохимического осаждения пленок Ni-B и Co-B с улучшенными свойствами.

Цель настоящего исследования состояла в изучении влияния борсодержащих соединений различной природы на химический и фазовый состав пленок Ni-B и Co-B, исследовании структурно-фазовых превращений, протекающих при их термообработке, установлении взаимосвязи между структурой и свойствами пленочных покрытий в зависимости от содержания в них бора.

В докладе представлены результаты систематического исследования процесса электроосаждения из водных растворов пленок Ni-B и Co-B в присутствии таких борсодержащих соединений, как пиридин-боран (ПБ), морфолин-боран (МБ), диметиламин-боран (ДМАБ), триметиламин-боран (ТМАБ), декагидрокловодекаборат натрия (ДГКДБ), додекагидрокловодекаборат натрия (ДоГКДБ). Установлен характер влияния природы данных соединений, их концентрации, pH раствора, режимов осаждения (плотности тока и температуры) на химический и фазовый состав пленок. Показано, что из растворов, содержащих амин-бораны, пленки кобальта включают большее количество бора, чем пленки никеля. Установлено, что если в присутствии ДГКДБ можно получать пленки Ni-B и Co-B от поликристаллических до аморфных, то в присутствии амин-боранов – либо поликристаллические, либо пленки, представляющие собой смесь поликристаллической и аморфной фаз. Исследовано коррозионно-электрохимическое поведение пленок Ni-B и Co-B с различным содержанием бора. Установлен характер взаимосвязи между микротвердостью, контактным сопротивлением и структурой пленок Ni-B и Co-B до и после термообработки.

Разработан технологический процесс электрохимического осаждения покрытия Ni-B на контакты и печатные платы с новой борсодержащей композицией. Результаты исследования внедрены на РУП ДП «Зенит».

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ ИЗ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ СРЕД

Г. Г. ПЕЧЕРСКИЙ (студ. 4 к.), Е. В. СМУРУГОВА (студ. 4 к.), ГГУ им. Ф. Скорины

В настоящее время огромный интерес исследователей связан с получением частиц, имеющих нанометровые размеры, изучением их взаимодействия со средой, формированием наноструктур, изучением их свойств, которые позволяют получать материалы с уникальными характеристиками и созданием на этой базе нанотехнологий, принципиально новых материалов – органо-неорганических полимерных гибридов или наноконкомпозитов, у которых органические и неорганические элементы структуры взаимно интеркалированы. Гибридные композиты, как правило, проявляют синергизм свойств исходных компонентов [1].

Уменьшение размеров частиц до нанометровых приводит к значительному изменению свойств полученных на их основе материалов (температуры плавления, теплоемкости, электропроводности и др.) [2].

Целью нашей работы являлось изучение условий и механизма формирования гибридных наноконкомпозитов при введении щелочносиликатного компонента в органические среды (исследование свойств жидкого стекла (pH, удельная электропроводность, силикатный модуль, реологические характеристики) в исходном состоянии и их изменений при взаимодействии с ϵ -капролактамом.)

В нашей работе при получении органо-неорганических наночастиц использованы методы мицеллообразования и полимеризации щелочносиликатного прекурсора (жидкое стекло) в органической дисперсионной среде (ϵ -капролактаме).

Для исследования процессов, происходящих при получении наноконкомпозитов, и их свойств применены методы фотокалориметрии, окислительно-восстановительного титрования, pH-метрии, кондуктометрии, реотестирования.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность формирования гибридных высоко дисперсных органосиликатных продуктов в органических средах. Данный способ может позволить проводить направленную модификацию наноразмерных частиц на стадии их формирования. Полученные данным способом нанопорошки могут использоваться для улучшения свойств других материалов

1. Рашидова С. Ш. Тенденции развития исследований в области создания наноструктур в полимерных системах. Проблемы современного материаловедения. / Труды VIII сессии МААН, Киев, 2003. С. 29.

2. Сумм Б. Д., Иванова Н. И. Объекты и методы коллоидной химии в нанохимии / Успехи химии, 2000, Т. 69, С. 995.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ

Е. В. СМУРГОВА (студ. 4 к.), Г. Г. ПЕЧЕРСКИЙ (студ. 4 к.), ГГУ им. Ф. Скорины

В настоящее время огромный интерес проявляется к получению наночастиц, изучению их свойств для получения материалов с уникальными характеристиками.

При разработке технологий формирования наноразмерных структур широкое распространение получили методы, связанные с высокоэнергетическими воздействиями на вещества (ионизирующие излучения, ультразвук, лазерное облучение и т.д.) [1].

Перспективным в нанотехнологиях, с точки зрения энергосэкономии и экологичности, является микроволновое излучение (МИ). Частота МИ примерно соответствует частоте вращательного движения молекул, но энергии его кванта в расчете на 1 моль недостаточно для разрушения химических связей [2].

Цель данной работы – изучение возможности использования МИ и механизмов его влияния при формировании наноразмерных структур из бинарных органо-неорганических систем.

Для ускорения процесса созревания наноразмерных частиц исходные растворы были обработаны МИ ($\nu = 2450$ МГц) в течение разных промежутков времени. Реотестирование показало, что воздействие МИ на исследуемые растворы приводит к значительному изменению кинетики процессов структурирования. Обработка золя МИ значительно упрочняет структуру дисперсий.

В нашей работе при получении органо-неорганических наночастиц использованы методы мицеллообразования и полимеризации щелочносиликатного прекурсора (жидкое стекло) в органической дисперсионной среде (ϵ -капролактама).

Для исследования процессов, происходящих при получении нанокомпозитов, и их свойств применены методы фотокалориметрии, окислительно-восстановительного титрования, pH-метрии, кондуктометрии, реотестирования.

Таким образом, ряд преимуществ, особенностей и биобезопасность МИ, обуславливают перспективность и эффективность его применения при получении наноматериалов. Данный способ может позволить проводить направленную модификацию наноразмерных частиц на стадии их формирования.

1. Третьяков Ю. Д. Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов // Успехи химии (2004), т. 73, № 9, С. 899.

2. Кубракова И. В. Микроволновое излучение в аналитической химии: возможности и перспективы использования. / Успехи химии (2002), т. 71, № 4, С. 327.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ШЛАМОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ И МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

В. И. КРУКОВИЧ (студ. 5 к.), Л. С. ЕЩЕНКО (д.т.н.), БГТУ

Решение проблемы утилизации гальваношламов имеет социальный и экономический эффект. Исходя из анализа опубликованных данных, одним из путей утилизации шламов является их переработка на неорганические пигменты. Наличие пигментных свойств у продуктов переработки определяется рядом факторов, и, в первую очередь, содержанием хромофора, в частности, железа в шламе, а также температурой его термообработки. Присутствие в составе шламов соединений хрома, никеля, меди, цинка и других металлов существенно влияет на химические, фазовые превращения, протекающие при нагревании, и, тем самым, на состав и цветовые характеристики продуктов термообработки. Данные о термических превращениях соединений железа, хрома, никеля, цинка, меди, входящих в состав осадков после очистки сточных вод гальванических производств, весьма ограничены, что затрудняет определение оптимальных условий переработки шламов на пигменты и пигменты-наполнители. Поэтому целью данной работы явилось изучение химического, фазового, дисперсного составов шламов и малярно-технических свойств продуктов их термообработки.

Объектами исследований явились шламы, полученные при очистке сточных вод машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий. Метод очистки – реагентный, с использованием ферроферригидрозоля (ФФГ) или щелочного осадителя.

Установлено, что шламы, в зависимости от условий их образования, могут сильно отличаться как по содержанию железа, так и по наличию таких металлов как хром, никель, цинк, медь. Показано, что шламы содержат, преимущественно, либо оксигидраты металлов, либо соли металлов, такие как сульфат кальция, карбонат кальция и другие более сложные соединения. Определено содержание физически и химически связанной воды в шламах, исследованы фазовые превращения при их термообработке.

Показано, что в зависимости от химического и фазового состава, шламы могут быть переработаны на железосодержащие пигменты коричневого или красно-коричневого цвета и пигменты наполнители с оттенками оранжевого, коричневого, коричнево-красного цвета. Полученные пигменты могут быть использованы в производстве строительных материалов, резинотехнических и лакокрасочных изделий.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ МОЙКИ И ОБЕЗЖИРИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

*А. И. СИВЫЙ, В. Ф. ЗИНЧЕНКО (курсанты 4 к),
В. П. АРТЕМЬЕВ (доц.), С. Ю. ЕЛИСЕЕВ (к.х.н.), КИИ МЧС РБ*

Особую актуальность приобретают вопросы снижения пожарной опасности технологических процессов производства, технического обслуживания и ремонта производственного оборудования за счет исключения операций очистки и обезжиривания легковоспламеняющимися (ЛВЖ) и горючими жидкостями (ГЖ) и замены их на пожаробезопасные технические моющие средства (ТМС). Мы считаем, что исключение (ЛВЖ и ГЖ) из технологического оборота много выгоднее с экономической и технической точки зрения, нежели разработка мероприятий по предупреждению и предотвращению распространения пожаров, возникающих от них. Это так же повысит уровень безопасности людей, улучшит условия их труда и экологическую обстановку.

Нами исследовались такие ТМС - 5% раствор фосфорной кислоты в воде, 6% раствор пенообразователя ПО-3АИ, паратолуолсульфокислота, 5% раствор фосфорной кислоты в пенообразователе, 2% раствор фосфорной кислоты в пенообразователе, раствор хозяйственного мыла в воде (100г/л) для снятия различных видов смазок с металлической поверхности. В качестве смазок использовались: жировая смазка, фиол-1, графитовая смазка, трансмиссионное автомобильное масло, нигрол, трансмиссионное агрегатное масло, гидравлическое масло, литол-24, SAE-15W-40. Смазки наносились на металлическую пластинку (Ст.3) и промывались ТМС при комнатной температуре.

Контроль качества обезжиривания проводился по методу оценки степени обезжиривания по времени до разрыва пленки воды на очищенной поверхности. Он основан на способности пленки воды или раствора сохранять на чистой поверхности металла в течении определенного времени сплошность и не собираться в капли, а также по методу контроля степени обезжиривания капель растворителя (ГОСТ 2874-82).

По результатам эксперимента определено, что наиболее эффективным из всех исследуемых ТМС является 5% раствор H_3PO_4 в растворе хозяйственного мыла. Раствор неплохо удаляет с поверхности металла жиры, минеральные масла (продукты их разложения), нефтепродукты и другие загрязнения, что подтверждается стандартными методиками. На сегодняшний день стоимость приготовленного нами ТМС более чем в два раза ниже стоимости других применяемых в промышленности ТМС. Предложенный состав пожаробезопасен, он не представляет опасности для людей и окружающей среды.

ХЛОР. ЕГО ПРОИЗВОДСТВО, ПРИМЕНЕНИЕ. ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИ ВОЗМОЖНОМ ВЫБРОСЕ

Е. П. КУДРЯВЦЕВ (курсант 2 к), С. Ю. ЕЛИСЕЕВ (к.х.н.), КИИ МЧС РБ

Хлор используется в различных отраслях промышленности (например, для отбеливания тканей и целлюлозы). В больших количествах используется для обеззараживания воды, для санитарных нужд. Получают хлор в основном электролизом водных растворов хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов. Основные количества хлора перерабатываются на месте его производства в хлорсодержащие соединения. Но также в больших количествах к потребителям он поступает в сжиженном состоянии в стальных цистернах и баллонах. Емкости при нагревании из-за расширения находящегося в них вещества могут взрываться.

Хлор при атмосферном давлении и комнатной температуре желто-зеленый газ ($T_{кип.} = -33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), обладающий резким специфическим удушающим запахом. Он в 2,5 раза тяжелее воздуха и поэтому может скапливаться на низких участках поверхности, в подвалах, тоннелях. На открытой местности облако хлора будет перемещаться по направлению ветра, прижимаясь к земле. При выходе в атмосферу он дымит, образуя с водяными парами белый туман паров хлористого водорода.

Вдыхание воздуха, содержащего 0,001 мг/л хлора, сильно раздражает дыхательные пути. Концентрация его 0,012 мг/л переносится с трудом, даже при кратковременном воздействии. Вдыхание воздуха, содержащего 0,1-0,2 мг/л вещества, в течение 30-60 мин уже опасно для жизни, т.к. может вызвать отек легких. Отравление высокими концентрациями может привести к молниеносной смерти из-за рефлекторного торможения дыхательного центра.

По совокупной потенциальной опасности объектов в республике 19 городов отнесены к химически опасным. Наиболее опасные объекты расположены в городах Гродно, Новополоцк и Минск. Так, например, объектом I степени химической опасности (в зону возможного химического заражения – ВЗХ попадает более 75 тыс. человек.) является «Минскводоканал».

Склады жидкого хлора, как правило, должны располагаться в более низких местах по отношению к другим зданиям и сооружениям и преимущественно с подветренной стороны преобладающих направлений ветров относительно места расположения ближайших населенных пунктов.

Система локализации газового хлорного облака водяной завесой должна быть обеспечена необходимыми запасами воды из расчета непрерывной работы в течение времени, достаточного для ликвидации утечки хлора с учетом наибольшего расхода воды на другие нужды предприятия. Представляется необходимым добавление в воду тиосульфата натрия из расчета получения 2 % раствора, с целью более полного связывания хлора.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА

*С. В. ДУБИНИН (студ. 6 к.), Г. А. ЧЕРНУШЕВИЧ (зав. кафедрой БЖ),
В. В. ПЕРЕТРУХИН (к.т.н., доц.), БГТУ*

Объектом исследования является химически опасный объект экономики Республики Беларусь.

Предметом исследования является аварийно химически опасное вещество – аммиак, его свойства условия хранения и масштабы химического заражения атмосферы в зависимости от метеорологических факторов.

Цель работы – проведение химического мониторинга окружающей среды вокруг потенциально опасных объектов экономики, для установления санитарно-защитных зон вокруг них, исключающих поражение населения при возникновении аварий с выбросом АХОВ.

Проведены исследования степени химического заражения и дана оценка возможной обстановки в условиях города, при аварии с выбросом аммиака в окружающую среду, на примере объекта экономики «Белмедпрепараты» г. Минска. Получены качественные и количественные данные о масштабах чрезвычайной ситуации и вероятных последствиях для персонала и населения, проживающего вблизи этого объекта.

При выполнении научно-исследовательской работы проведены:

- в качестве примера исследован масштаб аварии на химически опасном объекте экономики «Белмедпрепараты», который характеризуется глубиной и площадью заражения;
- определены зоны оповещения населения в зависимости от метеорологической обстановки;
- обоснована необходимость оснащения ХОО автоматизированными системами оповещения населения о ЧС.

Возможность использования результатов исследования:

- оценить степень опасности химических объектов для населения и объектов окружающей среды;
- разработка мероприятий по проведению аварийно-спасательных работ в очаге химического поражения;
- выявить особенности развития аварий с выбросом АХОВ в чрезвычайных ситуациях, к которым относятся: быстротечность, неконтролируемость, высокая степень опасности поражения населения;
- сократить время оповещения населения о ЧС за счет автоматизации процесса обработки данных и оценки обстановки, используя для этого автоматические датчики;
- научная продукция может быть использована при проектировании, строительстве и эксплуатации ХОО.

ПОЛУЧЕНИЕ НРК-УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ

С. И. АБЛОЖЕЙ (студ. 5к.), М. Т. СОКОЛОВ (к.т.н., доцент), БГТУ

Ситуация на фосфатно-сырьевом рынке Республики Беларусь такова, что необходим поиск альтернативных источников фосфатного сырья, т. к. единственный производитель фосфорных удобрений в Республике Беларусь ОАО «Гомельский химический завод» (ГХЗ) ориентируется на кислотную переработку высококачественного апатитового концентрата (РФ), запасы которого истощаются, а стоимость непрерывно растет. Альтернативным сырьем могли бы стать либо республиканские месторождения (Мстиславское, Лобковичское, Ореховское, Приграничное), либо фосфаты ближнего зарубежья - Полпинское, Егорьевское, Верхне – Камское (все РФ), при условии наличия эффективной технологии переработки. Такой технологией могла бы стать механохимическая активация фосфатной составляющей фосфоритов, основанная на замене химической энергии используемой в настоящее время серной кислоты, на механическую энергию, подводимую в систему посредством механического активатора.

В данной работе исследовалась возможность получения НРК-удобрений с микроэлементами путем механохимической активации первичного концентрата Полпинского фосфорита (РФ), сульфата аммония и хлористого калия с добавкой молибден- и борсодержащих компонентов. Источником молибдена служат шламы Брестского электролампового завода, а источником бора возгон, образующийся при обжиге фриты ЗАО «Керамин».

Предварительные опыты по наработке опытных образцов НРК-удобрений и анализ активированной смеси показал, что доля лимоннорастворимой пятиокиси фосфора возрастает с 30% (относительно общего содержания P_2O_5) до 98% (в активированной композиции). На основе активированной порошкообразной массы было получено гранулированное удобрение. Проведенный анализ показал, что выполняются все требования, предъявляемые к гранулированным НРК-удобрениям, а именно прочность, слеживаемость, гигроскопичность, что полностью соответствует требованиям ГОСТа и указывает на возможность использования данной композиции в качестве удобрений.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ОКСИДА ЦИНКА

О. В. МАШАРИПОВА (студ. 5 к.), П. В. МЛЕНИК (студ. 5 к.), БГТУ

Известны высокотемпературные способы получения оксида цинка, отличающиеся энергоемкостью и высоким расходом металлического цинка. Поэтому актуальным является поиск альтернативных методов синтеза, например, кристаллизацией ZnO из водных растворов солей цинка. Имеются сведения о получении оксида цинка путем гидротермальной обработки суспензии, полученной путем смешивания растворов сульфата цинка и щелочного агента. Данные о кристаллизации ZnO из растворов крайне ограничены, хотя этот метод и приобретает особое значение, так как позволяет тонко регулировать размер и форму частиц.

Целью данной работы явилось исследование природы щелочного агента, pH осаждения, продолжительности и температуры гидротермальной обработки на состав и свойства образующихся продуктов в системе ZnSO_4 –щелочной агент–вода.

Процесс получения проводили в несколько стадий: щелочной гидролиз при температуре 80°C в реакторе с перемешивающим устройством при медленной подаче основания, в процессе которого наблюдалось образование осадка белого цвета; гидротермальная обработка полученной суспензии в автоклавах; отделение осадка от жидкой фазы и его отмывка от водорастворимых солей; сушка осадка до постоянной массы при температуре 120°C.

Изучено влияние мольного соотношения сульфата цинка и осадителя, pH среды, температуры на химический и фазовый состав образующихся продуктов. Показано, что промежуточной фазой гидролиза сульфата цинка являются основные сульфаты цинка, в которых содержание сульфат ионов уменьшается с ростом количества осадителя. При гидротермальной обработке осадков, образующихся в системе ZnO–осадитель–вода, в зависимости от условий, может происходить формирование кристаллических фаз, идентифицированных, согласно рентгенофазовому анализу, как гидроксид цинка, оксид цинка, основной сульфат цинка. Кристаллизация ZnO происходит только при строго заданных условиях.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ

Е. В. СКОРБ (асп.), Д. В. СВИРИДОВ (д.х.н.), БГУ

Возникший в последние годы устойчивый интерес к фотокатализаторам на основе оксидных полупроводников в виде суспензий и пленок связан с возможностью создания на их основе высокоэффективных систем деструкции токсичных органических и неорганических соединений.

Целью настоящей работы являлась разработка новых подходов к повышению эффективности функционирования фотокаталитических покрытий на основе наноструктурированного диоксида титана за счет модифицирования его поверхности малыми частицами благородных металлов.

В рамках настоящей работы исследовалась фотокаталитическая активность наноструктурированных пленок на основе диоксида титана, полученных пульверизацией водных коллоидов TiO_2 с последующим прогревом при 450°C. Толщина пленок составляла ~200 нм, подложкой служила глазурованная керамическая поверхность. В качестве тестовой реакции использовался процесс фотообесцвечивания красителя Родамин 6G, при контролируемом уровне влажности под действием УФ-излучения ртутной лампы высокого давления. Металлические частицы наносились фотокаталитически.

Как показало выполненное исследование, основным фактором, лимитирующим фотокаталитическую активность рассматриваемых покрытий, является гидрофильность поверхности фотокатализатора. В результате переход к системам типа «оксид-малые частицы благородных металлов», наблюдаем повышение фотокаталитической активности, и значительное повышение гидрофильности поверхности (Табл.) (проявляется в уменьшении краевого угла).

Таблица Фотокаталитическая активность и гидрофильность наноструктурированных покрытий типа «диоксид титана-малые частицы благородных металлов»

Фотокаталитическое покрытие	Отношение скоростей фотоокисления Родамина 6G на покрытии и керамической подложке	Краевой угол (водяная капля), град
TiO_2	4,8	72
TiO_2/Ag	7,5	49
TiO_2/Pd	5,6	45
TiO_2/Pt	6,9	46

Полученные фотокаталитически-активные покрытия характеризуются высокой адгезией к подложке и не теряют своей фотоактивности и гидрофильных свойств при продолжительном УФ-облучении и обработке дезинфицирующими растворами, используемыми в медицинской практике, что открывает перспективы их использования для поддержания режима стерильности в помещениях медицинского назначения.

УЛУЧШЕНИЕ ГИДРОФОБНЫХ СВОЙСТВ УПАКОВОЧНОЙ БУМАГИ

О. В. ОЛЬХОВИК (студ. 4 к.), Н. В. ЧЕРНАЯ (к.т.н.), БГТУ

При производстве упаковочной бумаги возникают значительные технологические трудности, связанные с приданием готовой продукции требуемых гидрофобных свойств. Это объясняется нестабильными бумагообразующими свойствами применяемого макулатурного сырья. Кроме того, процесс проклейки волокнистой суспензии протекает в традиционной кислой среде (применяется укрепленный клей марки ТМ), что вызывает необходимость увеличения удельных расходных норм как проклеивающего материала, так и коагулянта.

К перспективным способам устранения указанных трудностей относится перевод процесса проклейки из кислой среды в нейтральную. Для этого на кафедре химической переработки древесины БГТУ разработана канифольная композиция ТМАС-3Н, представляющая собой высокосмоляной клей.

Цель работы – улучшение гидрофобных свойств упаковочной бумаги за счет осуществления процесса проклейки волокнистой суспензии в нейтральной среде.

Объектом исследования являлась пачечная бумага, изготовленная из 1%-ной макулатурной массы со степенью помола 45°ШР. Масса одного метра квадратного образцов бумаги составляла 60 г.

Качество образцов упаковочной бумаги оценивали по изменению гидрофобных (степень проклейки по штриховому методу и впитываемость при одностороннем смачивании), прочностных (разрушающее усилие в сухом и во влажном состояниях, разрывная длина) и специальных (влагопрочность и сопротивление излому) свойств.

Установлено, что замена традиционного укрепленного клея марки ТМ на разработанную канифольную композицию ТМАС-3Н позволяет улучшить гидрофобные свойства упаковочной бумаги на 15-20% отн., повысить ее прочностные и специальные свойства на 7-12% отн.

Получено, что степень проклейки по штриховому методу увеличилась до 1,8 мм, а впитываемость образцов упаковочной бумаги при их одностороннем смачивании водой снизилась до 20 г/м². Эти данные свидетельствуют об улучшении гидрофобных свойств образцов упаковочной бумаги за счет перевода процесса проклейки макулатурной массы из кислой среды в нейтральную.

Таким образом, к перспективным способам улучшения гидрофобных свойств упаковочной бумаги относится замена процесса проклейки макулатурной массы в традиционной кислой среде на более эффективный режим – проклейку в нейтральной среде. Установлено, что такой способ позволил значительно улучшить гидрофобные свойства упаковочной бумаги, изготовленной из 100%-ного макулатурного сырья.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОРБЦИИ ВЕРАПАМИЛА ГИДРОХЛОРИДА МОНОКАРБОКСИЛЦЕЛЛЮЛОЗОЙ

О. В. ЛАЗАРЕВИЧ (студ. 4 к.), БГУ

Лечение сердечно-сосудистых заболеваний во всех странах мира вынесено в разряд государственных проблем. Серьезным недостатком существующих кардиотропных веществ является их короткий период полувыведения из организма. Поэтому значительные усилия прикладываются для создания их новых лекарственных форм с целью получения препаратов пролонгированного и направленного действия. Одним из способов получения таких препаратов является иммобилизация биологически активных веществ на полимерных носителях.

В связи с этим, целью работы являлось изучение сорбции верапамила гидрохлорида (ВГ) из водных и водно-спиртовых сред в диапазоне исходных концентраций $5 \cdot 10^{-4}$ – $2 \cdot 10^{-2}$ ммоль/мл монокарбоксилцеллюлозой (МКЦ). Сорбция проводилась из ограниченного объема при перемешивании (100 колеб/мин) и без него при температуре 298 ± 1 К.

Показано, что в зависимости от условий проведения сорбции ВГ МКЦ (при перемешивании или без перемешивания) реализуются различные типы кинетики сорбции, так на основании анализа кинетических кривых в виде согласно [1], было показано, что при перемешивании реализуется внутридиффузионный тип кинетики сорбции, а без перемешивания – смешанно-диффузионный тип.

Установлено, что сорбция ВГ МКЦ из водных и водно-спиртовых сред описывается изотермой Лэнгмюра, а константы сорбционного процесса K_d (константа межфазного распределения), K_0 (константа предельной сорбционной емкости) уменьшаются с увеличением мольной доли спирта.

Показано, что основными факторами, определяющими параметры сорбции ВГ МКЦ в водно-спиртовых средах являются набухание МКЦ и особенности электролитической диссоциации сорбата и сорбента.

Полученные данные позволяют получить пролонгированную форму ВГ на основе МКЦ.

1. Шатаева Л.К., Кузнецова Н.Н., Елькин Г.Э. Карбоксильные катиониты в биологии / Наука 1979.

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ ПО ВОЛОКНУ НА ЕЕ ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА

С. М. ФЕДОСОВ (студ. 4 к.), Н. В. ЧЕРНАЯ (к.т.н.), БГТУ

В настоящее время в Республике Беларусь начато строительство завода по производству газетной бумаги. Предполагается, что для ее изготовления будут использованы целлюлоза и древесная масса собственного производства. Для снижения себестоимости газетной бумаги предполагается максимальное использование в ее композиции древесной массы.

Однако известно, что повышенное содержание древесной массы в композиции газетной бумаги снижает ее прочностные свойства. Поэтому научный и практический интерес представляют зависимости влияния этих видов волокнистых материалов на прочностные свойства газетной бумаги.

Цель работы – изучение влияния композиционного состава газетной бумаги по волокну на ее прочностные свойства.

Объектом исследования являлась газетная бумага массой одного метра квадратного 45 г. Полученные образцы газетной бумаги отличались композиционным составом по волокну; при этом долю целлюлозы уменьшали от 100% до 0, а долю древесной массы, наоборот, увеличивали от 0 до 100%.

Прочностные свойства образцов газетной бумаги оценивали по таким показателям качества, как разрушающее усилие и удлинение (в сухом и во влажном состояниях) и влагопрочность.

Установлено, что образцы бумаги, изготовленные из 100% целлюлозы, обладают повышенной прочностью. Такой запас прочности, достигающий 60%, позволяет использовать в композиции газетной бумаги такого более дешевого волокнистого сырья, как древесная масса.

Исследования показали, что введение в композицию газетной бумаги до 70% древесной массы позволяет обеспечить газетной бумаге требуемые прочностные показатели, в частности разрушающее усилие и удлинение (в сухом и во влажном состояниях) и влагопрочность. Этот важный факт позволяет производить газетную бумагу с пониженной себестоимостью и с обеспечением требуемых ей потребительских и эксплуатационных свойств.

Таким образом, изучено влияние композиционного состава газетной бумаги по волокну на ее прочностные свойства. Установлено, что замена в композиции газетной бумаги 70% дорогостоящей целлюлозы на такое же количество более дешевого волокнистого сырья, в частности, древесной массы) позволяет обеспечить готовой продукции требуемые прочностные свойства. Кроме того, присутствие в газетной бумаге древесной массы улучшает печатные свойства газетной бумаги; это свидетельствует о целесообразности изготовления газетной бумаги из 30% целлюлозы и 70% древесной массы.

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ПО ВОЛОКНУ НА СВОЙСТВА ОБОЙНОЙ БУМАГИ

М. В. ВАСИЛЕВСКАЯ (студ. 4 к.), Ж. В. БОНДАРЕНКО (к.т.н.), БГТУ

Существующая технология производства обоев в нашей республике предусматривает использование в композиции макулатурного сырья и проклеивающих материалов на канифольной основе. Однако рост благосостояния населения и повышение требований, предъявляемых к бумаге для производства обоев, приводит к необходимости использования для повышения качества в композиции обоев целлюлозных волокон и новых проклеивающих материалов.

Традиционная технология проклейки бумаги предусматривает использование продуктов модификации канифоли, содержащих нейтрализованные смоляные кислоты. К таким проклеивающим материалам относится укрепленный клей марок ТМ и ЖМ, полученных модификацией таловой и живичной канифолей соответственно. При этом проклейка волокнистой суспензии осуществляется, как правило, в кислой среде. Однако перспективным направлением гидрофобизации бумаги является использование высокосмоляных проклеивающих материалов на канифольной основе. Их применение в композиции бумаги позволяет перевести процесс канифольной проклейки из кислой среды в нейтральную, что улучшает качество бумаги, а также повышает технологичность и экологичность бумажного производства. К таким новым проклеивающим материалам относится канифольная композиция ТМАС-3Н, разработанная в БГТУ на кафедре химической переработки древесины.

Цель работы – установление влияния композиционного состава по волокну на свойства обоев. Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях были получены образцы обоев массой одного метра квадратного 80 г. В качестве волокнистых полуфабрикатов использовали целлюлозу сульфатную беленую из хвойных пород древесины и целлюлозу сульфитную беленую из лиственных пород древесины. Для проклейки бумажной массы применяли канифольную композицию ТМАС-3Н, расход которой составлял 1,5% от абсолютно сухого волокна, а в качестве коагулянта использовали сульфат алюминия, расход которого составлял 3% от абсолютно сухого волокна. При этом проклейка массы осуществлялась в области нейтральных значений pH. Проведенные исследования показали, что при расходе канифольной композиции ТМАС-3Н, равном 1,5% от абсолютно сухого волокна, обеспечиваются высокие гидрофобные и прочностные свойства обоев.

Таким образом, показана целесообразность замены процесса канифольной проклейки в кислой среде на нейтральную. Применение высокосмоляной канифольной композиции ТМАС-3Н позволяет уменьшить удельные расходные нормы химикатов на 20–35%, что способствует снижению себестоимости обоев.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

Л. С. ДЕГТЯРИК (студ. 4 к.), Т. В. СОЛОВЬЕВА (д.т.н.), БГТУ

Сырьем для производства древесноволокнистых плит и волокнистых полуфабрикатов является неделовая древесина с преимущественным содержанием лиственных пород. Древесина берёзы широко районирована по всей территории республики Беларусь и является одним из самых дешевых видов древесного сырья. Использование березовой щепы позволяет получать древесноволокнистые плиты с физико-механическими показателями, соответствующими требованиям ГОСТ 4598.

Прочность волокнистого полуфабриката можно значительно повысить обработкой щепы раствором карбамиды при пропаривании перед размолом. Проведенные исследования с применением метода математического планирования эксперимента (использовали план Коно) были посвящены определению оптимальных условий получения волокнистых полуфабрикатов из мягких древесных отходов древесины берёзы в виде щепы. Предварительно пропаренную щепу размалывали и изготавливали стандартные отливки бумаги из получаемого волокнистого полуфабриката. Результаты реализации плана эксперимента были обработаны на ЭВМ в электронных таблицах Excel и получены адекватные и эффективные уравнения регрессии, отражающих зависимость критериев оптимизации от исследуемых факторов.

Анализ уравнений показал, что максимальные значения разрывной длины, растяжение при разрыве, модуля эластичности (Юнга), жёсткости при разрыве, степени помола, а также минимальное значение впитываемости воды при одностороннем смачивании достигаются в случае разных значений исследуемых факторов. Так максимальное значение разрывной длины 3440 м достигается при температуре пропаривания (X_1) 90°C и времени (X_2) 10 мин. Наименьшее значение впитываемости воды при одностороннем смачивании 99,69 г/м² наблюдается при $X_1=190^\circ\text{C}$; $X_2=10$ мин. Максимальное значение степени помола 84 ШР достигается при $X_1=180^\circ\text{C}$; $X_2=10$ мин. Максимальное значение модуля эластичности 2,944 ГПа достигается при $X_1=190^\circ\text{C}$; $X_2=10$ мин. Максимальное значение жёсткости при разрыве 544,6 кН/м достигается при $X_1=190^\circ\text{C}$; $X_2=10$ мин. Максимальное значение растяжения при разрыве 0,49 % достигается при $X_1=180^\circ\text{C}$; $X_2=6$ мин. Применение надстройки «Поиск решения» электронных таблиц Excel позволило определить оптимальный режим процесса пропаривания щепы берёзы при получении волокнистого полуфабриката. Максимальное значение обобщенного критерия оптимизации $W = 0,832$ достигается при температуре пропаривания 190°C и времени пропаривания 10 мин.

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОСФАТА ДЕКСТРАНА

Е. В. АРТЕМОВА (студ. 4 к.), Н. К. ЮРКШТОВИЧ (науч. сотр.), БГУ

Одним из перспективно развивающихся направлений в современной химии высокомолекулярных соединений является разработка полимерных материалов медицинского назначения, в частности биодеструктирующих носителей лекарственных средств. В связи с этим наибольший интерес представляют производные полисахаридов содержащие в своем составе функциональные группы, имеющие высокую степень влагопоглощения и деструктирующие в организме без воспалительной реакции. К таким полисахаридам, прежде всего относится фосфат декстрана. Несмотря на большое количество публикаций посвященных синтезу фосфорилированных полисахаридов сведения в литературе о получении высокозамещенных фосфатов декстрана практически отсутствуют.

Целью исследований являлось оптимизация условий получения высокозамещенных фосфорнокислых эфиров декстрана, исследование физико-химических свойств полученных образцов и получение на их основе новой лекарственной формы темозаламида в виде гидрогелей для имплантации в головной мозг после удаления первичной мозговой опухоли.

Высокозамещенные фосфаты декстрана получали этерификацией в системе $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{P}_2\text{O}_5/\text{Bu}_3\text{PO}_4/\text{CCl}_4$. Для оптимизации процесса фосфорилирования было исследовано влияние времени и температуры проведения процесса фосфорилирования, соотношение компонентов в фосфорилирующей смеси, модуль ванны.

Установлено что оптимальными условиями синтеза, при которых фосфат декстрана имеет наибольшую степень влагопоглощения, являются время фосфориливания 24 часа и температура 33° С. при соотношении компонентов в фосфорилирующей смеси $\text{H}_3\text{PO}_4:\text{P}_2\text{O}_5:\text{Bu}_3\text{PO}_4:\text{CCl}_4=1,5:1,7:1,3:1$. Показано что полученные образцы характеризуются высокой степенью влагопоглощения (около 15000% по массе) и содержанием фосфора 7,2 мг-экв/г ($\text{OE}=9,52$ ммоль/г).

Таким образом, полученные в оптимальных условиях гидрогели на основе высокозамещенных фосфатов декстрана и содержащие в своем составе темозаламид были использованы для имплантации в головной мозг после удаления первичной мозговой опухоли. Было показано, что новая лекарственная форма темозаламида имеет существенные преимущества перед традиционно применяемой лекарственной формой темозаламида.

ВЛИЯНИЕ РАСХОДА НЕЙТРАЛЬНОГО КЛЕЯ НА СВОЙСТВА БУМАГИ-ОСНОВЫ ДЛЯ ГОФРИРОВАНИЯ

О. Н. СЕЛИВОНЧИК (студ. 4.к.), Ж. В. БОНДАРЕНКО (к.т.н.), БГТУ

Упаковка за последние десятилетия XX века стала наиболее важным, приоритетным продуктом в экономике индустриально развитых стран мира. Упаковочная отрасль интенсивно развивается и в белорусской экономике. Ее развитие приводит к росту рынка упаковочной продукции в нашей стране. Основными потребителями упаковки являются крупнейшие производители кондитерских изделий, молочные комбинаты, компании, связанные с изготовлением безалкогольных напитков, табачной и парфюмерно-косметической продукции.

В мировом рынке упаковки на долю бумаги и картона приходится более 30%. Особое место среди данной продукции занимает гофрированный картон. Качество гофрированного картона определяется качеством исходных материалов, а также технологическим процессом его получения. Во многом на него влияет качество исходной бумаги-основы, которая используется в качестве гофрированного слоя картона. Поэтому улучшение свойств бумаги-основы для гофрирования является актуальной задачей как для предприятий ее изготавливающих, так и для изготовителей и потребителей гофрированного картона.

Цель работы – изучение влияния расхода нейтрального клея на гидрофобные и прочностные свойства бумаги-основы для гофрирования.

Для проведения исследований в качестве волокнистого полуфабриката использовали целлюлозу бисульфитную со степенью помола 40 оШР. Для проклейки волокнистой суспензии применяли 2%-ный нейтральный клей, в частности укрепленный клей-пасту ТМ, выпускаемый на ОАО «Лесохимик»; из этого пастообразного продукта получали гидродисперсию модифицированной канифоли (ГМК).

Содержание ГМК в волокнистой суспензии увеличивали от нуля до 1,5% от абсолютно сухого волокна. Для осуществления процесса электролитной коагуляции ГМК применяли 5%-ный раствор сульфата алюминия; его дозировали в волокнистую суспензию до достижения pH 5,0. Процесс проклейки волокнистой суспензии проводили в кислой среде. Масса одного метра квадратного получаемых образцов бумаги-основы для гофрирования составляла 90 г.

Проведенные исследования показали, что при расходе нейтрального ГМК, равного 1,0% от абсолютно сухого волокна, обеспечиваются высокие гидрофобные и прочные свойства бумаги-основы для гофрирования. Об этом свидетельствуют следующие факты: степень проклейки по штриховому методу составляет 2,0 мм, впитываемость при одностороннем смачивании не превышает 25 г/м², разрушающее усилие в сухом и влажном состояниях составляют 12,4 и 6,0 кгс соответственно.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СКЛЕЙКИ МЕШОЧНОЙ БУМАГИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА АДГЕЗИВА

Т. В. ЗВАНКОВИЧ (студ. 4 к.), Н. В. ЧЕРНАЯ (доц., к.т.н.), Н. В. ЖОЛНЕРОВИЧ (ассист., к.т.н.), БГТУ

Одним из способов повышения конкурентной способности продукции в настоящее время является разработка высококачественных упаковочных материалов для придания эстетичного вида выпускаемому товару. Бумажные мешки являются наиболее дешевым, доступным и не требующим специальных способов утилизации видом упаковки различных товаров. Однако их производство требует одновременно получение высокопрочной упаковки при минимальных затратах исходных материалов. Прочность бумажных мешков зависит от количества слоев мешочной бумаги используемых для их изготовления, а также от вида склеивающего адгезива и условий процесса склейки.

Цель работы – исследование прочности склейки мешочной бумаги в зависимости от вида адгезива.

Объектом исследования являлись образцы мешочной бумаги, склеенные различными адгезивами.

Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях были получены и испытаны образцы мешочной бумаги, склеенные с использованием силикатного и поливинилацетатного (ПВА) клеев, в зависимости от концентрации используемого адгезива и площади склейки. Образцы испытывали по стандартным методикам. Определяли разрушающее усилие в сухом и во влажном состоянии, разрывную длину, удлинение, а также место разрыва испытываемого образца.

Полученные результаты позволили установить влияние вида и расхода адгезива на прочностные показатели качества бумажных мешков в зависимости от условий склейки.

Установлено, что при снижении концентрации наносимого адгезива его расход, необходимый для склейки увеличивается. При этом прочность склейки, оцениваемая по величине разрушающего усилия в сухом состоянии, зависит от площади склейки. Получено, что максимальной прочностью характеризуются образцы, склеенные силикатным клеем при концентрации наносимого адгезива 45% и площади склейки 450 мм².

Таким образом, при одновременном увеличении площади склейки и концентрации адгезива возможно получение трехслойных бумажных мешков, обладающих теми же прочностными характеристиками, что и четырехслойные. Уменьшение количества слоев приведет к снижению стоимости упаковочных материалов и, следовательно, к повышению конкурентной способности продукции.

ВЛИЯНИЕ ОТБЕЛКИ ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА НА СВОЙСТВА БУМАГИ

И. В. БАРАШКО (студ. 4 к.), И. А. ХМЫЗОВ (к.т.н.), БГТУ

Волокнистые полуфабрикаты высокого выхода (ВПВВ), полученные из древесных отходов лиственной древесины, находят в настоящее время все большее применение в производстве различных видов бумаги и картона. В настоящее время наметилась тенденция использования волокнистых полуфабрикатов в производстве бумаги и покровного слоя картона. Однако белизна ВПВВ недостаточна для этих целей, поэтому возникает необходимость в его отбелке и проведения исследований в этом направлении.

Основная цель отбелки механической массы – придание стабильного белого цвета путем обесцвечивания компонентов, в частности экстрактивных веществ и лигнина, исключая распад его на низкомолекулярные фракции и удаление из полуфабриката.

При проведении исследований отбеливающий реагент – пероксид водорода загружался вместе с дефибраторной массой в размольные стаканы центробежного размалывающего аппарата. Размол проводился по следующему режиму: 60 мин при 80 об/мин, и 20 мин при 150 об/мин в нормальных условиях. Для определения режима отбелки варьировали расход пероксида водорода от 5 до 20 % от абсолютно сухого волокна. В качестве стабилизатора был использован силикат натрия в количестве 3 % от расхода перекиси водорода. Для достижения необходимого значения pH среды добавляли гидроксид натрия. По окончании размола проводили заключительную стадию кисловки до pH 5,0–5,5. Для этого использовали 70 %-ный раствор серной кислоты.

Результаты исследований показали, что наилучшие показатели качества достигаются при расходе перекиси в 15 %, т. к. при этом расходе достигалась наибольшая степень помола и соответственно наивысший показатель разрывной длины, достаточная белизна и впитываемость по Коббу. В то же время, полученные образцы бумаги не обладают необходимыми прочностными свойствами и использование такого полуфабриката в бумажно-картонной промышленности неприемлемо. Для повышения качества волокнистого полуфабриката были использованы различные добавки. Среди них – канифольный клей ТМАС-3н, модифицированный аминокспиртами, фенолоформальдегидная смола СФЖ-3014 и водамин-115.

Как показали исследования, наилучшие результаты были получены при использовании водамина-115. При увеличении расхода упрочняющей добавки свыше 2% происходит резкое возрастание разрывной длины более чем в 2,5 раза. При этом максимальному значению показателя разрывной длины соответствует минимальное значение впитываемости при одностороннем смачивании и наибольшее значение плотности. Следовательно, можно рекомендовать расход водамина-115 от 4 до 5 % для отбеленного в процессе размола полуфабриката.

ФИЗИКО–ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАКРОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ВОДОРАСТВОРИМОГО ПРОИЗВОДНОГО ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Т. Н. ШИБАЙЛО (асп.), Т. А. САВИЦКАЯ (доц., к.х.н.), БГУ

Хитозан - высокомолекулярный линейный полисахарид, построенный из остатков β -D-глюкозамина с 1→4 связями между ними. Уникальные физиологические и экологические свойства хитозана, такие как биосовместимость, биодеструкция, физиологическая активность при отсутствии токсичности, способность к связыванию металлов и органических соединений, определяют широкий спектр областей его применения. К недостаткам материалов на основе хитозана относятся хрупкость, недостаточная прочность, способность к набуханию в разнообразных жидких средах. Одним из способов улучшения свойств хитозана является получение макромолекулярных комплексов в результате химических реакций с другими полимерами. При этом особый интерес представляют продукты его взаимодействия с ионогенными производными целлюлозы.

Целью работы явилось изучение реакции хитозана с анионогенным сложным эфиром целлюлозы и физико-химических свойств образующегося интерполиэлектrolитного комплекса (ИПЭК).

Методом рК–спектроскопии проведён анализ кислотно–основных свойств исходных полиэлектролитов и на основании результатов коллоидного титрования установлена зависимость состава и концентрации дисперсии ИПЭК от содержания ионизированных групп в образцах производного целлюлозы. С помощью рентгенофазового и термического анализов установлено, что ИПЭК является индивидуальным соединением, которое характеризуется неупорядоченной структурой и промежуточной термостойкостью по сравнению с исходными полимерами. Он не растворим в воде и щелочных средах, но растворим в кислотах.

Показано, что физическая форма ИПЭК зависит от концентрации растворов исходных полимеров, соотношения в образцах протонированной и солевой форм ионогенных групп и состава растворителя. В качестве растворителя использовали уксусную кислоту, ацетатный буфер и водные растворы хлорида цинка. Построены концентрационные диаграммы, на которых указаны области существования ИПЭК в виде микросфер, эритроцитов, частиц неопределенной формы, фибриллярной массы, коацерватов и т.п.

Синтезированный в данной работе ИПЭК представляет несомненный интерес как объект для научных исследований, поскольку состоит из полимеров, способных в индивидуальном состоянии к проявлению лиотропного мезоморфизма. Примеры образования таких ИПЭК неизвестны.

В качестве возможных областей практического использования ИПЭК предлагается получение микрогранул, содержащих различные наполнители, например, сорбенты типа активированного угля или лекарственные препараты и флокуляция суспензий активированного угля в процессах очистки сильно загрязненных вод.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ В КОМПОЗИЦИИ ОФСЕТНОЙ БУМАГИ

А. О. НОВИКОВ (студ. 5 к.), Н. В. ЧЕРНАЯ (к.т.н.), БГТУ

Современное развитие полиграфической промышленности характеризуется повышением требований к качеству офсетной бумаги. Этот вид бумажной продукции должен обладать, с одной стороны, высокими гидрофобными свойствами, а с другой стороны, хорошей восприимчивостью к печатным краскам. В первом случае для изготовления высококачественных видов офсетной бумаги необходимо применять проклеивающие материалы на канифольной основе, а во втором случае в ее композицию целесообразно дополнительно вводить наполнители, к числу которых относится карбонат кальция. Однако применение последнего становится возможным только при проклейке волокнистой суспензии в нейтральной среде.

Цель работы – изучение особенностей применения карбоната кальция в композиции офсетной бумаги.

Объектом исследования являлись образцы офсетной бумаги, проклеенные в нейтральной среде и отличающиеся содержанием в них карбоната кальция. Для проклейки волокнистой суспензии применяли клеевую канифольную композицию ТМВС-2Н, разработанную на кафедре химической переработки древесины БГТУ и выпускаемую по ТУ РБ 00280198029–97. Расход этого проклеивающего материала был постоянным и составлял 1,5% от абсолютно сухого волокна, а расход карбоната кальция увеличивали от нуля до 30% от абсолютно сухого волокна.

Установлено, что при расходе карбоната кальция более 15% снижаются гидрофобные свойства офсетной бумаги, так как степень проклейки по штриховому методу уменьшается от 2,0 до 1,6 мм, а впитываемость при одностороннем смачивании, наоборот, возрастает от 23,2 до 27,3 г/м². При этом ухудшаются прочные свойства офсетной бумаги. Так, например, уменьшаются, разрушающее усилие в сухом состоянии от 5,2 до 5,0 кгс и разрушающее усилие во влажном состоянии от 0,06 до 0,04 кгс. Это можно объяснить повышением зольности офсетной бумаги от 7,26 до 10,87%. Поэтому при проклейке волокнистой суспензии в нейтральной среде оптимальное содержание карбоната кальция в композиции офсетной бумаги должно быть максимальным и не должно превышать 15% от абсолютно сухого волокна.

Таким образом, при изготовлении офсетной бумаги с использованием в ее композиции карбоната кальция необходимо учитывать влияние этого наполнителя не только восприимчивость этой бумаги к печатным краскам, но и ее гидрофобные свойства. Установлено, что оптимальное содержание карбоната кальция в композиции офсетной бумаги составляет 15 % от абсолютно сухого волокна. При этом проведение процесса проклейки в нейтральной среде приводит к повышению степени удержания карбоната кальция в структуре офсетной бумаги на 8–12%, что положительно отражается на ее печатных свойствах.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ОБУВНЫХ КАРТОНОВ

*И. В. ГУСАКОВ (студ. 4 к.), Д. В. ТРУЩЕНКО (студ. 4 к.),
В. К. СМЕЛКОВ (к.т.н., доц.), Г. Н. СОЛТОВЕЦ (к.х.н., доц.), БГТУ*

С целью улучшения эксплуатационных свойств обувных картонов, направленного изменения их физико-механических свойств была осуществлена структурная модификация стелечных картонов марки С–1 и импортного картона KARIBOARD путём обработки их водными растворами поливинилового спирта (ПВС) в присутствии сшивающего агента – щавелевой кислоты.

Разработаны технологические режимы модификации картонов, выбраны оптимальные температурные режимы структурирования ПВС: картон выдерживали 30 с. при 40 °С в 4 %-ном водном растворе ПВС с добавлением 2,5 % от содержания ПВС щавелевой кислоты; затем картон сушили до воздушно-сухого состояния при нормальных условиях 24 часа и структурировали в течение 5 минут при 120 °С.

Выполнены исследования физико-механических свойств немодифицированных и модифицированных стелечных картонов по следующим показателям: предел прочности и удлинение при растяжении в воздушно-сухом и влажном состояниях, жёсткость при изгибе, пластичность, коэффициент мокростойкости. Проведена их сравнительная характеристика.

Установлено, что в результате модификации прочность картонов существенно не меняется, увеличивается их влагостойкость и формоустойчивость; изгибная жёсткость картона KARIBOARD увеличилась в 2,5 раза.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ГИДРОФОБНОСТИ И ПРОЧНОСТИ ОБОЙНОЙ БУМАГИ

В. В. РОМАНОВ (студ. 5 к.), Н. В. ЧЕРНАЯ (к.т.н.), БГТУ

Обойная бумага пользуется повышенным потребительским спросом на отечественном рынке и за рубежом. К ее качеству предъявляются высокие требования. Обойная бумага должна иметь высокую гидрофобность и повышенную прочность. Гидрофобность обойной бумаги характеризуют впитываемостью при одностороннем ее смачивании водой, а прочность – разрывной длиной и влагопрочностью.

Современная технология обойной бумаги базируется на проведении процесса канифольной проклейки в кислой среде, что обеспечивает ей требуемые гидрофобные свойства. В то же время для придания обойной бумаге необходимой прочности применяют вспомогательные химические добавки, например влагопрочные смолы. Однако себестоимость такой бумаги является высокой из-за повышенных расходов химикатов, а гидрофобность и прочность обойной бумаги не имеют запаса, то есть находятся на пределе требуемых значений.

Цель работы – разработка способа повышения гидрофобности и прочности обойной бумаги на основе изменения режимов проклейки и наполнения волокнистой суспензии.

Объектом исследования являлись образцы обойной бумаги, отличающиеся содержанием проклеивающего материала на канифольной основе и наполнителя. В качестве проклеивающего материала применяли клеевую канифольную композицию ТМВС-2Н. Процесс проклейки волокнистой суспензии проводили в нейтральной среде (рН 6,5–7,2). Расход проклеивающего материала увеличивали от 0,5 до 2,5% от абсолютно сухого волокна. В качестве наполнителя применяли карбонат кальция; его расход повышали от нуля до 20% от абсолютно сухого волокна. Качество образцов обойной бумаги оценивали по таким показателям качества, как впитываемость при одностороннем смачивании, разрывная длина, влагопрочность, белизна и зольность. Кроме того, определяли степень удержания наполнителя в структуре обойной бумаги.

Проведенные исследования показали, что режимы проклейки и наполнения оказывают заметное влияние на гидрофобность и прочность обойной бумаги. Впитываемость при одностороннем смачивании образцов обойной бумаги уменьшается от 21 до 15 г/м². Разрывная длина и влагопрочность возрастают на 10–15% отн. При этом повышается белизна обойной бумаги от 83 до 85 ед. белого и увеличивается ее зольность на 12–15% отн.

Таким образом, разработан способ повышения гидрофобности и прочности обойной бумаги. Установлено, что замена процесса проклейки в традиционной кислой среде на более эффективный режим в нейтральной среде способствует улучшению гидрофобности бумаги, а применение карбоната кальция вместо каолина позволяет уменьшить себестоимость обойной бумаги.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЖИВИЦЫ СОСНЫ

В. В. ВЛАСОВА (студ. 3 к.), С. А. ЛАМОТКИН (ст. преп.), БГТУ

В результате аварии на Чернобыльской АЭС территория площадью около 40 тыс. кв. км была загрязнена радиоактивными выбросами. Половину этой территории занимают естественные фитоценозы (леса, болота, луга), выполняющие не только важные рекреационные и средообразующие функции, но составляющие сырьевую базу лесопромышленной отрасли. Поэтому исследование способов использования таких ресурсов является важной научной и практической задачей. Канифольно-терпентинное производство является одним из важнейших направлений использования лесных ресурсов. В настоящей работе проведено изучение влияния остаточной радиации на качество живицы сосны, используемой при производстве канифоли и скипидара.

Образцы отбирали с деревьев 40 летнего возраста, в период проведения летних подсосных работ, без использования химических стимуляторов. Из отобранных образцов живицы составляли сборную пробу от 10-15 деревьев, с которой и проводили эксперименты.

Радиационное загрязнение территории контролировали путем измерения мощности дозы гамма-излучения радионуклидов с помощью дозиметра РКСБ-104. Результаты измерений усредняли по 10 точкам. Степень загрязненности территории радионуклидами определяли по величине удельной активности Cs^{137} . Содержание Cs^{137} в почве контролировалось по стандартной методике на радиометре РУГ-91М.

Разделение живицы на смоляные кислоты и скипидар проводили методом гидродистилляции, а количественный выход скипидара определяли волуметрически.

Качественный и количественный анализ компонентов проводили методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе Цвет-800. Для разделения компонентов использовали кварцевые капиллярные колонки длиной 70 м с жидкими фазами ПЭГ-2000 и SE-70. Идентификацию отдельных компонентов проводили с использованием эталонных соединений, а также на основании известных литературных данных по индексам удерживания отдельных соединений. Запись спектров ЯМР проводилась на спектрометрах BS-587 А, BS-567 А (Чехия) и AVANCE-500 (Германия) с рабочими частотами для ядер ^1H – 80, 100 и 500 МГц, соответственно, и для ядер ^{13}C – 20, 25 и 125 МГц, соответственно.

Для проведения сравнительного анализа пробы брались с радиационно и промышленно загрязненных территорий, а также с территорий с минимальным загрязнением. Результаты проведенных исследований были сведены в таблицы, что позволило объективно оценить воздействие различных техногенных факторов на химический состав живицы. Было определено, что максимальное содержание скипидара и канифоли в живице было в образцах отобранных с территорий с минимальной загрязненностью. Таким образом, проведенные исследования показывают, что радиация влияет на качество производимой канифоли и скипидара.

РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА ОБУВНЫХ ТКАНЕЙ ПУТЁМ ИХ МОДИФИКАЦИИ

*Е. В. ЗИМИЧЕВА (студ. 4 к.), И. Н. БУРКО (студ. 4 к.),
Г. Н. СОЛТОВЕЦ (к.х.н., доц.), В. К. СМЕЛКОВ (к.т.н., доц.), БГТУ*

При изготовлении обуви и кожгалантерейных изделий широко используют текстильные материалы: ткани, трикотаж, нетканые материалы, искусственный мех. В настоящее время сырьевая база обувной промышленности Беларуси недостаточна для удовлетворения спроса населения в развитии ассортимента обуви. Текстильные материалы для обуви в Белоруссии также не выпускаются.

Для решения сырьевой проблемы и для расширения ассортимента выпускаемой обуви предлагается применять необувные текстильные материалы после их модификации.

Проведены исследования по модификации текстильных одежных материалов путём обработки их растворами высокомолекулярных соединений. Выбраны оптимальные составы растворов для модификации, определены концентрации и вид структурирующих агентов, разработаны технологические режимы обработки тканей. Исследованы физико-механические свойства модифицированных текстильных материалов: разрывная нагрузка, разрывное удлинение, пластичность, коэффициент поперечного сокращения, истираемость, формоустойчивость.

Установлено, что в результате модификации в тканях значительно повышается истираемость, изгибная жёсткость, пластичность, прочность, формоустойчивость.

Ткани, обработанные модифицирующим составом, могут быть использованы в качестве декоративных деталей в обувном производстве.

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО КАРТОНА ПО ВОЛОКНУ НА ЕГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА

Л. Н. РАКУТЬ (студ. 5 к.), Ж. В. БОНДАРЕНКО (к.т.н.), БГТУ

Развитие целлюлозно-бумажной промышленности в последние годы характеризуется ростом объёмов производства, что связано с возрастанием потребностей народного хозяйства. Создаются и осваиваются технологические процессы и материалы, обеспечивающие расширение ассортимента и улучшение качества бумаги и картона, появляются методы целенаправленного изменения свойств бумаги и картона, в результате чего более половины продукции подвергается обработке и переработке. К числу перерабатываемой продукции относится картон для полиграфической промышленности.

Полиграфический картон используется для изготовления упаковочной тары народного потребления, пищевых продуктов, продукции фармацевтической промышленности и других промышленных нужд. Показатели качества полиграфического картона должны соответствовать требованиям, предъявляемым полиграфической промышленностью на сегодняшний день и ориентироваться на перспективные направления ее развития.

В Республике Беларусь полиграфический картон производят способом многослойного формования с использованием для покровного слоя беленой целлюлозы, проклейка массы осуществляется в кислой среде.

Одним из направлений улучшения качества полиграфического картона и снижения его себестоимости является использование вторичного волокнистого сырья, а также переход от проклейки массы в кислой среде на проклейку в нейтральной среде. Важную роль при этом играет использование проклеивающих материалов.

На кафедре химической переработки БГТУ разработана канифольная композиция ТМАС-3Н. Было изучение ее влияние на свойства покровного слоя полиграфического картона. Отсутствие в республике производства беленой целлюлозы, необходимость импорта данного волокнистого полуфабриката из-за рубежа ставит задачу разработки композиционного состава покровного слоя полиграфического картона с использованием в качестве волокнистого сырья макулатуры марки МС-1А.

Установлено влияние макулатуры и расхода канифольной композиции на свойства покровного слоя картона. Замена целлюлозы на макулатуру в покровном слое позволяет экономить беленую целлюлозу. Лучшие прочностные и гидрофобные показатели покровного слоя полиграфического картона достигаются при расходе клеевой канифольной композиции 2 % от абсолютно сухого волокна. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности замены целлюлозы на макулатуру в покровном слое полиграфического картона и использования для проклейки клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Н. В. ШПАРУН (студ. 4 к.), Л. А. ШИБЕКА (к.х.н.), БГТУ

Древесные опилки, стружка, пыль являются крупнотоннажными отходами многих деревообрабатывающих производств. Наиболее часто предприятия размещают эти отходы на полигонах для захоронения или используют их в качестве топлива. Поиск путей использования древесных отходов продолжается до настоящего времени.

Целью работы является определение дисперсного состава древесных отходов, образующихся при производстве древесностружечных плит, и исследование процессов биологического разложения древесных отходов в почве.

Объектом исследования является древесная стружка, опилки и пыль, образующиеся на различных стадиях производства древесностружечных плит на ОАО «Мозырьдрев».

Определение дисперсного состава древесных отходов проводили ситовым методом и методом микроскопии.

Изучение процессов биологического разложения древесных отходов осуществляли путем смешения древесной массы (опилок, стружки, пыли) с почвой в массовом соотношении 2:3. Сравнивая количество диоксида углерода, образовавшегося в процессе биологического разложения древесных материалов в почве, и количество диоксида углерода, выделившегося в процессе «дыхания» почвы («холостая» проба), судили об интенсивности процессов биологической деструкции древесины. Выделившийся диоксид углерода поглощали раствором гидроксида натрия. Количество прореагировавшей щелочи определяли титриметрическим методом. По количеству израсходованного гидроксида натрия оценивали количество диоксида углерода. Исследование проводили в аэробных условиях.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что процессы биологического разложения для разных видов отходов протекают с различной скоростью. Вероятно, это обусловлено размерами частиц отходов и площадью контакта древесной массы с почвой. На начальной стадии эксперимента (в течении месяца) наибольшее количество диоксида углерода выделяется для пробы почвы, смешанной с древесной массой, характеризующейся наименьшим размером частиц.

Полученные результаты могут быть использованы при выборе способа утилизации древесных отходов; определении степени воздействия полигонов захоронения древесных отходов на атмосферный воздух; при оценке вклада природных процессов разложения древесной массы в валовый выброс диоксида углерода в атмосферный воздух.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА ОБУВИ

В. В. ЗАКИРОВА (студ. 4 к.), О. М. АНУФРИЕВА (студ. 4 к.), К. Ф. ПОТАПОВА (к. т.н.), Г.Н. СОЛГОВЕЦ (к.х.н.), ВГТУ

В работе была поставлена задача, исследовать свойства модифицированных тканей с точки зрения возможности использования их в качестве материала верха обуви с целью расширения сырьевой базы для обувной промышленности.

В качестве объекта исследования использованы 7 видов тканей, которые отличались по толщине, виду переплетения, составу нитей, плотности и свойствам: 3 вида джинсовой ткани, 2 вида технической ткани из натуральных нитей (хлопок) с полотняным переплетением, ткань одежная - лавсановые нити, рубчиковое переплетение, ткань – полиэфирные нити с лайкрой, переплетение - диагональ большой плотности.

Модифицирование тканей проводилось 1,0-3,0%-ным водным раствором поливинилового спирта (ПВС) и 0,15% щавелевой кислоты. Ткани после погружения в раствор и сушки подвергали термообработке, при этом происходит структурирование линейных молекул ПВС в сетчатые структуры молекулами щавелевой кислоты. Это приводит к повышению прочности, жесткости, формоустойчивости и толщины тканей.

В работе исследовались адгезионные свойства модифицированных тканей. Проводилось склеивание модифицированных и контрольных образцов тканей с кожволоном в производственных условиях полиуретановым клеем по типовой технологии.

Установлено, что для всех исследуемых модифицированных тканей их адгезионная способность находится на уровне контрольных образцов и в ряде случаев наблюдается увеличение прочности склеивания на 15,0-23,0% - при обработке тканей 3%-ным раствором ПВС. Таким образом, установлена возможность использования модифицированных тканей в качестве материалов верха обуви химическими методами крепления.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТАРНОГО СЛОЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО КАРТОНА

И. Н. КАШТЕЛЯН (студ. 4 к.), Ж. В. БОНДАРЕНКО (к.т.н.), БГТУ

Развитие полиграфической промышленности в Республике Беларусь в последние годы привело к росту ассортимента бумаги и картона для данного производства. При этом возросли и требования к качеству продукции картонно-бумажных предприятий, используемых в полиграфии, так как качество печати во многом зависит от качества запечатываемого материала (бумаги или картона). Поэтому показатели качества полиграфического картона должны соответствовать требованиям, предъявляемым полиграфической промышленностью.

В нашей республике полиграфический картон изготавливается методом многослойного формования: покровный слой – из белой целлюлозы, нижний и средние слои – из фракционированной макулатуры. Используется полиграфический картон при изготовлении упаковочной тары для различных отраслей народного хозяйства. Для нанесения на его поверхность печати используются офсетный, типоофсетный, высокий и глубокий способы печати.

Независимо от вида применяемой печати на печатные свойства картона оказывают влияние его однородность, способность воспринимать печатную краску, белизна, непрозрачность, гладкость и плоскостность поверхности, лоск, микрогеометрия поверхности, мягкость (сжимаемость), сопротивление пылению и другие показатели качества. Эти свойства картона определяются во многом его композиционным составом. При этом немаловажное значение играет наполнитель.

Тенденция перехода картонно-бумажных предприятий на проклейку массы в нейтральной среде привела к использованию новых проклеивающих материалов, к которым относится канифольная композиция ТМАС-3Н, разработанная на кафедре химической переработки древесины БГТУ. Было изучено влияние расхода карбоната кальция на свойства покровного слоя (на него наносится отпечаток) полиграфического картона при использовании канифольной композиции ТМАС-3Н. В качестве волокнистого полуфабриката использована макулатура белая. Расход канифольной композиции ТМАС-3Н составлял 0,7 % от абсолютно сухого волокна. Расход наполнителя (карбоната кальция) изменяли от 0 до 25 % от абсолютно сухого волокна. Установлено, что при расходе карбоната кальция 10–15% от абсолютно сухого волокна полученные образцы покровного слоя полиграфического картона отвечают требованиям, предъявляемым к данному виду картонной продукции.

Таким образом, проведенные исследования и полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования для покровного слоя полиграфического картона белой макулатуры, канифольной композиции ТМАС-3Н и карбоната кальция.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МЕШОЧНОЙ БУМАГИ

Д. А. ОМЕЛЬЯНОВИЧ (студ. 4 к.)

Н. В. ЧЕРНАЯ (доц., к.т.н.), Н. В. ЖОЛНЕРОВИЧ (ассист., к.т.н.), БГТУ

Широкое применение мешочной бумаги в качестве упаковочного материала для различных видов продукции обуславливает постоянное наращивание объемов ее производства. Условия и виды продукции для которых она применяется в качестве упаковки весьма различны. Мешочная бумага должна обладать высокими физико-механическими свойствами и определенной степенью влагопрочности для сохранения упаковываемой продукции в надлежащем виде. Это обуславливает интерес к проблеме повышения прочности мешочной бумаги при минимальных затратах и без существенного изменения традиционных технологий. Одним из способов решения данной проблемы является упрочнение мешочной бумаги путем изменения ее композиционного состава по волокну.

Целью настоящей работы являлось разработка способа повышения прочности мешочной бумаги за счет использования в ее композиции хлопковой целлюлозы.

Объектом исследований являлась мешочная бумага массой 70 г/м², изготовленная из различных видов волокнистых полуфабрикатов.

Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях были изготовлены образцы бумаги с различным содержанием в композиции хлопковой и бисульфитной небеленой целлюлозы. Степень помола волокнистых полуфабрикатов составляла 40°ШР. Полученные образцы бумаги испытывали в соответствии со стандартными методиками и определяли разрушающее усилие в сухом и во влажном состоянии, разрывную длину, влагопрочность, удлинение, сопротивление излому и др.

Сравнительный анализ полученных данных свидетельствует о повышении разрывной длины мешочной бумаги при увеличении в ее композиции доли хлопковой целлюлозы, что объясняется морфологическим строением волокон. При этом, одновременно наблюдалось увеличение удлинения образцов бумаги на 3–4 мм и сопротивления излому на 7%.

Таким образом, в ходе проведения лабораторных исследований было установлено, что использование в композиции мешочной бумаги хлопковой целлюлозы в количестве 15–20% позволяет увеличить ее разрывную длину на 15–18% при одновременном повышении влагопрочности на 4–5%. Полученные результаты позволили разработать метод повышения прочности мешочной бумаги путем использования в ее композиции хлопковой целлюлозы, что способствовало увеличению физико-механических показателей качества изготавливаемой продукции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ САХАРОЗЫ В САХАРНОМ СИРОПЕ И РАСТВОРЕ МЕТОДАМИ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКОГО И РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМАХ ПИЩЕВЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

*О. А. КОЛЕНЧУК (студ. 4 к.), А. Б. АРТЕМЕНКО (студ. 4 к.),
С. Г. КОНСТАНТИНОВ (к.х.н.), МГУП*

Несмотря на то, что в последние годы в пищевой промышленности республики разрабатываются новые рецептуры на основе сахарозаменителей, сахар по-прежнему находит очень широкое применение как в качестве основного подсластителя, так и как превосходный природный консервант. Чаще всего в технологическом процессе его вводят в виде сахарного сиропа или сахарного раствора определенной концентрации.

Существуют различные методы определения концентрации сахарозы в сиропе или растворе, но чаще всего используются рефрактометрический и поляриметрический методы благодаря их доступности, простоте и дешевизне анализа. В связи с этим в нашей работе предпринята попытка сопоставить возможности указанных методов в рамках лабораторного практикума аналитической и физколлоидной химии.

Поляриметрический метод основан на свойстве оптически активных растворов вращать плоскость поляризованного света. Существует область концентраций раствора оптически активного вещества, где имеет место линейная зависимость между углом вращения плоскости поляризованного света и концентрацией его раствора. Рефрактометрия является одним из старейших и, следовательно, простейших оптических методов, позволяющих решать многие задачи, в том числе и вопросы химического анализа. С точки зрения количественного анализа представляет интерес зависимость показателя преломления от концентрации анализируемого раствора.

Поляриметрические измерения осуществляли на поляриметре СУ-4, а рефрактометрические – на рефрактометре РПЛ-3. Был приготовлен ряд стандартных растворов сахарного сиропа и сахарного раствора концентраций в области от 0,1 до 15 масс.%, для которых выполнен ряд серий измерений для сахарного сиропа и сахарного раствора.

В обоих методах наблюдается хорошая воспроизводимость результатов измерений; линейный характер зависимости между измеряемым свойством и концентрацией раствора соблюдается во всем изучаемом интервале концентраций, как для сахарного сиропа, так и для сахарного раствора. Сопоставление результатов измерений сахарного сиропа и сахарного раствора между собой показало, что при рефрактометрических измерениях разница значений для 15 масс.% раствора не превышает 0,1%, а для поляриметрического метода – чуть более 1%. Наблюдаемое различие для обоих растворов в поляриметрическом методе может быть объяснено с позиций зависимости угла вращения поляризованного света не только от концентрации раствора, но и его состава. Таким образом, данные методы могут быть использованы в лабораторных практикумах аналитической и физколлоидной химии, а также спецкурсов в вузах пищевого профиля.

ПОЛУЧЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОСФАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Д. А. АДАМЧИК (студ. 2 к.), БГУ

Одним из наиболее перспективных производных целлюлозы является фосфат целлюлозы (ФЦ), применяемый в медицине в качестве сорбента для стабилизации донорской крови и связывания ионов Ca^{2+} . Однако область его применения может быть расширена благодаря его свойствам: рассасываемость в тканях живого организма, отсутствие раздражающего и токсического действия, наличие ионогенных групп, разветвленная внутренняя структура.

В связи с этим целью данной работы являлось определение оптимальных условий получения ФЦ из хлопковой целлюлозы в системе фосфорная кислота / мочевины / вода и изучение их физико-химических свойств.

В ходе работы было показано, что количество введенных фосфорнокислых групп (ФКГ) в целлюлозу прямо пропорционально зависит от количества фосфорной кислоты, участвующей в реакции фосфорилирования. Отмечено, что с ростом содержания ФКГ, соотношение обменная емкость / ФКГ отлично от 2, что может свидетельствовать об образовании сшивок. Максимальное накопление ФКГ происходит при концентрации мочевины в растворе 5 ммоль/г.

Показано, что степень набухания ФЦ уменьшается при переходе от водных к водно-спиртовым средам, а избирательность поглощения воды из этих сред увеличивается с ростом молекулярной массы спирта.

Проведенные исследования позволяют получать ФЦ с заданными физико-химическими свойствами.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ СТЕПЕНИ УДЕРЖАНИЯ МЕЛКОГО ВОЛОКНА В СТРУКТУРЕ ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ

А. В. КОСТЮКЕВИЧ (студ. 4 к.), Н. В. ЧЕРНАЯ (к.т.н.), БГТУ

Применение в композиции газетной бумаги древесной массы приводит к возникновению технологических трудностей, связанных с пониженным удержанием мелких волокон в структуре данной бумаги. Это связано с тем, что мелковолокнистая фракция, содержащаяся в древесной массе, не способна удерживаться в структуре газетной бумаги. Следствием этого являются не только повышенные потери волокна, но и увеличенное содержание взвешенных веществ в регистровой воде. Все это приводит к снижению экологичности бумажного предприятия.

К перспективным способам устранения указанных трудностей относится дополнительное введение в композицию газетной бумаги катионных полиэлектролитов (КП), проявляющих флокулирующее действие. В Республике Беларусь производится такой КП, в частности полиамидполиаминэпихлоргидриновая смола в виде товарного продукта Водамин-115. Однако в настоящее время этот КП применяется на бумажных предприятиях в качестве влагопрочной добавки.

Цель работы – разработка способа повышения степени удержания мелкого волокна в структуре бумаги за счет дополнительного введения в ее композицию катионного полиэлектролита.

В качестве объекта исследования выбрана газетная бумага массой одного метра квадратного 45 г. Ее изготавливали из 1%-ной волокнистой суспензии, состоящей из 30% целлюлозы и 70% древесной массы. Содержание Водамина-115 в композиции газетной бумаги увеличивали от нуля до 1,0% от абсолютно сухого волокна.

Установлено, что присутствие Водамина-115 в композиции газетной бумаги в количестве 0,3% от абсолютно сухого волокна способствует снижению содержания взвешенных веществ в регистровой воде от 1530 до 750 мг/л. Кроме того, заметно улучшаются прочностные показатели качества газетной бумаги. Так, например, разрушающее усилие в сухом и во влажном состояниях возрастают на 10 и 7% отн. соответственно. При этом степень удержания мелкого волокна в композиции газетной бумаги повышается от 76 до 97%.

Таким образом, разработан способ повышения степени удержания мелкого волокна в структуре газетной бумаги. Установлено, что дополнительное введение в ее композицию Водамина-115 в количестве 0,3% от абсолютно сухого волокна позволяет повысить степень удержания мелкого волокна на 21%. При этом повышаются прочностные показатели газетной бумаги на 7–10%.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭФИРНОГО МАСЛА ЕЛИ МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Н. М. ДРОЗД (студ. 3 к.), С. А. ЛАМОТКИН (ст. преп.), БГТУ

В современных условиях наряду со стремительно развивающейся промышленностью отмечается резкая ухудшение экологической обстановки во всем мире. В связи с этим в последнее время весьма актуальной является проблема поиска надежных биологических индикаторов способных отображать влияние различных техногенных нагрузок на биологические объекты. В ряде работ указывается, что в качестве индикаторов состояния окружающей среды могут использоваться физико-химические показатели древесной зелени хвойных пород, а также данные по количественному составу, содержащихся в ней химических веществ.

В г. Минске сосредоточено значительное количество промышленных объектов разнообразных не только по производимой продукции, но и по выбрасываемым в окружающую среду промышленных отходов, оказывающих неблагоприятное воздействие на экологическую систему в целом. Леса города, занимая значительные площади 1083 га, выполняют важные рекреационные и средообразующие функции. Лесной массив г. Минска практически на 90% состоит из сосновых и еловых насаждений различных по возрасту и плотности посадки, занимающих порядка 987,8 Га.

Целью данной работы было изучение изменения количества отдельных компонентов эфирных масел древесной зелени елей, произрастающих вдоль кольцевой дороги г. Минска, в зависимости от степени их загрязненности. При исследовании образцы хвои ели были отобраны с 8-ми участков с таким расчетом, чтобы полностью охватить периметр города. Затем в каждом образце определяли содержание тяжелых металлов (Pb, Cr, Zn), показатель преломления эфирного масла, содержание основных компонентов % в нем. Причем, как правило, содержание эфирного масла в более загрязненных образцах превышает на 20-30% содержание эфирного масла в «чистых» образцах. Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции, а количественный выход определяли волюметрически. Качественный и количественный анализ выделенных эфирных масел проводили методом газожидкостной хроматографе Цвет-800. Определение содержания Pb, Cr, Zn в зольных остатках хвои проводили методом атомноадсорбционного анализа.

Таким образом, в настоящей работе проведен анализ хвои и эфирных масел, елей произрастающих вдоль кольцевой дороги г. Минска. Данные по компонентному составу эфирных масел и содержание отдельных компонентов существенно зависят от степени загрязненности территории и могут использоваться в качестве индикатора экологической обстановки региона. Проведен качественный и количественный анализ эфирных масел, елей, а также определено содержание токсичных элементов в хвое пригородных хвойных лесов. Компонентный состав масла существенно зависит от степени загрязненности хвои и может использоваться в качестве индикатора экологического состояния региона.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ ГЖХ

*И. В. ШУЛЯК (студ. 2 к.), Н. А. АНОСОВА (студ. 2 к.), Г. Н. СУПИЧЕНКО (к.х.н.),
Н. А. КОВАЛЕНКО (к.х.н.), БГТУ*

Ухудшение состояния окружающей среды приводит к возникновению заболеваний, связанных с экологическими нарушениями, появлению новых болезней и штаммов возбудителей различных инфекционных заболеваний. Поэтому в последние годы разрабатываются эффективные и экологически безопасные средства растительного происхождения, обладающие лечебным и лечебно-профилактическим действием. Эфирные масла лекарственных растений проявляют различную биологическую активность, зависящую от содержания и соотношения основных компонентов. Качественный и количественный состав эфирных масел лекарственного сырья зависит от многих факторов, таких как различие в хемотипах и условиях произрастания лекарственных растений, технологии производства и хранения и т.п. В этой связи необходимость совершенствования существующих и разработки новых методов определения качественного и количественного состава эфирных масел как в растительном сырье, так и в фитопрепаратах на его основе является актуальной. Успешное решение задачи идентификации эфирных масел возможно лишь при наличии баз данных, включающих важнейшие аналитические параметры исследуемых образцов. По литературным данным, основным методом исследования компонентного состава эфирных масел и контроля качества эфирномасличной продукции является газожидкостная хроматография (ГЖХ).

Целью настоящей работы является газохроматографическое определение основных компонентов эфирных масел. Объектом исследования являлись эфирные масла душицы обыкновенной (цветы и листья) и мяты лимонной (листья).

ГЖХ-анализ образцов эфирных масел выполнен на хроматографе «Цвет-800» с пламенно-ионизационным детектором и стеклянной капиллярной колонкой. В качестве реперных компонентов для расчета индексов удерживания использованы n -алканы C_6 – C_{10} .

В результате анализа литературных данных и проведенных исследований оптимизированы условия хроматографических определений образцов эфирных масел. Определены аналитические параметры основных компонентов эфирных масел для их газохроматографической идентификации.

Полученные результаты могут быть использованы для создания хроматографической базы данных с целью идентификации, стандартизации и установления подлинности эфирных масел и фитопрепаратов на их основе.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОТХОДОВ ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСКРОЕ

И. И. КОЖАН (студ. 3 к.), Ж. Н. САХАНЧУК (студ. 6 к.), В. Д. ДЕЛЬЦОВА (к.т.н.), БГТУ

Стоимость основных материалов швейных изделий продолжает составлять около 90% их себестоимости. Поэтому снижение материалоемкости является одним из способов снижения себестоимости этих изделий. При этом наиболее важными показателями являются расход материала на единицу изделия, на который влияют межлекальные отходы. Особенно это актуально для изделий из трикотажных полотен.

Исследования проводились в производственных условиях ОАО «Полесье» с использованием трикотажных основовязальных полотен кулирной глади, комбинированного переплетения. При этом использовались специально разработанная методика исследований и математические методы обработки результатов.

Направления исследований:

- сравнительный анализ планового и фактического расхода материалов на изделие;
- анализ раскладок с целью установления фактического процента межлекальных отходов;
- разработка мероприятий, сокращающих процент межлекальных отходов в раскладках лекал изделий;
- оценка экономичности моделей с учетом предлагаемых мероприятий.

Сравнительный анализ выполнен по данным карт раскроя. В результате установлены оптимальные проценты межлекальных отходов при изготовлении изделий из рассматриваемых полотен.

Анализ раскладок проводился в производственных условиях в лаборатории нормирования материалов. Установлены нерациональные раскладки, в которые были помещены лекала разработанных моделей детской одежды.

Оценку экономичности моделей проводили по коэффициенту экономичности, учитывающему влияние процента межлекальных отходов на расход материала на трикотажные изделия. По его значению можно производить оценку экономичности любой модели на стадии нормирования расхода материала.

В результате:

- достигнуто снижение норматива межлекальных отходов при выполнении раскладок лекал;
- предложена методика определения экономичности моделей на основе процента межлекальных отходов, разработанная с помощью математических методов;
- разработана серия моделей из межлекальных отходов трикотажного полотна;
- результаты внедрены в производство с экономическим эффектом.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭСКИЗОВ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИХ ИЗ ОТХОДОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю. С. САВОСТЬЯНОВА, А. Н. ЮРЧЕНКО (студ. 3 к.), Л. И. ТРУТЧЕНКО (к.т.н.), П. И. СКОКОВ (к.т.н.), ВГТУ

Переработку маломерных отходов текстильных материалов предлагается производить с учетом взаимосвязи их видов и размеров с размерами основных деталей отдельных видов одежды и их членений. На первом этапе проектирования коллекции моделей модельер-художник создает технические эскизы серии моделей одежды с учетом цветовой гаммы и размеров остатков материалов, информация о которых хранится в предварительно созданной базе данных;

Одним из возможных путей решения данной задачи может быть использование предложенной ниже интеграции конструкторской подсистемы САПР с принципиально новой системой обеспечивающей комбинаторный синтез технического эскиза модели одежды.

Чем точнее технический эскиз, тем легче работать конструктору и без искажений воспроизвести в материале изначальный замысел художника. Наибольшую информацию для конструктора дает изображение изделия на фигуре базового размеро-роста в масштабе с соблюдением реальных пропорций, размеров и взаимного расположения всех модельных особенностей. Эскизы (как технический так и творческий) можно просто нарисовать с применением чертежных средств, ввести с дигитайзера или сканера. Нарисованные или введенные элементы (абрис фигуры, силуэты, детали, конструктивно-декоративные элементы, отдельные линии) используются для комбинаторного синтеза эскизов. Однако, наибольшую гибкость, удобство и скорость при создании технического эскиза обеспечивает использование параметрических сценариев в сочетании с комбинаторикой и чертежными средствами. Например, абрис фигуры и силуэт изделия строятся параметрически, часть модельных особенностей наносится по средствам комбинаторного синтеза (типовые элементы), часть – рисуется (фантазийные и редко встречающиеся элементы).

При создании технического эскиза требуется строить абрисы фигур и силуэтов изделий, состоящие из большого числа сложных криволинейных контуров, зависящих от размерных признаков, выбранной фигуры. В этом случае использование записанных сценариев особенно актуально. Например, один раз записав построение технического эскиза полупальто женского с рельефами из проймы на спинке и перед, можно менять параметры: длину изделия, степень приталенности, расположение рельефов, членение деталей, форму карманов и т.д. и автоматически получать различные варианты технических эскизов полупальто на выбранные фигуры.

Для построения абриса фигуры используется база данных (БД) размерных признаков типовых фигур женщин, в которой основную роль имеют проекционные размерные признаки.

ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГОВОГО ОБОСНОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е. В. ГОРБАЧЕВА (студ. 3 к.), А. И. БАРАНОВА (инж.), Л. М. ЧОНГАРСКАЯ (к.т.н.), ВГТУ

Уровень развития отечественного производства товаров народного потребления (одежды, обуви и др.) определяется в основном спросом населения со средним уровнем дохода. При этом лишь около 15% своих доходов потребители тратят на приобретение этих товаров. Важнейшим направлением повышения эффективности работы предприятий является активизация инновационной деятельности с целью создания конкурентоспособной продукции для последующей ее реализации на внутреннем и внешнем рынках.

Немаловажное влияние на формирование типологии потребления оказывает предметная среда, в которую входит и сама одежда. Национальная среда пребывания, среда условий жизнедеятельности, уровень общественной жизни, формирующиеся требования в отношении стиля, моды – все это, с одной стороны, формирует одежду и, с другой, – обеспечивает посредством этой одежды наилучшую адаптацию человека в конкретном обществе.

По мере прогрессивного развития общества растут и потребности его членов. Производители со своей стороны пытаются сформировать связь между выпускаемыми товарами и нуждами людей. Для устранения несбалансированности спроса и предложения необходимо проведение анализа реальных потребностей человека, изучение спроса на одежду и обувь, исследование механизма формирования гардероба.

Проектирование одежды и обуви есть сложный творческий процесс объединения научно-исследовательской, экономико-производственной деятельности и сферы искусства. При этом первые два направления проектирования реализуют создание утилитарных функций изделия, последнее же формирует его социально-культурную значимость. В результате их взаимодействия формируется система потребительских свойств изделий: гигиенических, антропометрических, эстетических, психофизиологических и т.д.

Маркетинговое обоснование инновационных проектов предполагает изучение спроса потребителей с учетом факторов социокультурной среды, определяющих потребительские предпочтения. Основными этапами маркетингового обоснования являются:

- опрос респондентов с использованием традиционных коммуникативных методик;
- оценка отношения потребителей к инновациям с использованием метода табуляции;
- выявление наиболее значимых факторов, влияющих на позитивное отношение потребителей к новшествам путем перекрестной табуляции.

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ МОДЕЛЕЙ ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ ДЖИНСОВЫХ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

О. В. ПИЛИПУК (студ. 4 к.), Н. Х. НАУРЗБАЕВА (к.т.н.), ВГТУ

Одной из составляющих гибкого производства является формирование упорядоченной промышленной коллекции одежды с учетом перспективного направления моды и потребительского спроса. Наиболее приемлемым методом изучения спроса, в том числе и на одежду, является опрос потребителей.

Так как основным потребителем модной джинсовой одежды всегда являлась молодежь, то в качестве респондентов выбраны женщины младшей возрастной группы (до 29 лет).

Анкета была разбита на два блока: ответы на вопросы первого блока дают представление об отношении опрошиваемых к моде вообще и джинсовой одежде в частности; во втором блоке вопросы касаются художественно-конструктивного решения моделей одежды.

По назначению джинсовую одежду большинство женщин отнесли к повседневной (92%). Интересно, что к нарядной одежде джинсовую одежду отнесли 8% опрошенных, и к деловой – 4%. Это говорит о том, что назначение джинсовой одежды расширяется и выходит за рамки традиций.

Из ассортимента одежды можно выделить два безусловных лидера: брюки (98%) и куртку (80%). За ними следуют жакет (56%) и юбка (46%). По-прежнему популярны плащи (32%), возвращаются шорты (24%).

Самым популярным комплектом оказались сочетания: брюки-куртка – 48%, брюки-жакет – 36%, юбка-куртка – 22%. Сочетания юбка-жакет и брюки-плащ выбрали по 16% опрошенных женщин. Интересно, что на третьем месте оказались шорты в сочетании с курткой (10%) или плащом (12%).

Предпочтения в цветовой гамме джинсовой одежды разделились так: в теплой гамме лидером оказался красный цвет (42%) и коричневый (26%), в холодной гамме – голубой (42%) и синий (36%), а также серый (26%). Черный цвет, как наиболее практичный по сравнению с белым выбрали 64% молодых женщин.

Сочетания тканей в комплекте одежды молодой женщины могут быть разные, но предпочтительны сочетания однотонной ткани и ткани с рисунком (46%), сочетание однотонных тканей (44%), сочетание различных видов тканей (40%).

По художественно-конструктивному решению женщины предпочитают укороченный (60%) жакет прилегающего силуэта (66%) с втачным рукавом (70%) и застежкой на молнию (52%) или пуговицы (50%); и длинные (84%) брюки прилегающего силуэта (52%) расширенные книзу (52%). Из карманов можно выделить накладной карман брюк на задних частях (70%).

На основе маркетинговых исследований и направления моды было сформулировано техническое задание на проектирование широкого ассортимента женской одежды.

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОДЕЖДЫ ИЗО ЛЬНА

Ю. С. КОВАЛЕВА (студ. 5 к.), М. И. КРАВЧЕНОК (студ. 6 к.), Л. А. БОТЕЗАТ (к.т.н.), ВГТУ

На современном этапе развития проектирования одежды важной проблемой является создание новых, высокоэффективных, экономически целесообразных швейных изделий, отражающих имидж страны, и выведения их как товара на рынок. Целью работы явилась разработка нового ассортимента одежды – универсальных моделей и конструкций (УМКО), адаптированных, с одной стороны, к экономически выгодному производству, и, с другой – к внешнему облику, антропометрическим, психофизиологическим, социальным особенностям потребителей. В ряде случаев УМКО могут быть представлены как унифицированные конструкции одежды, предназначенные для ношения мужчинами и женщинами, мальчиками и девочками.

В качестве объекта исследования принят процесс принятия решений при проектировании одежды. Предметом исследования явился белорусский народный костюм (БНК).

Поставленные задачи: систематизация материала, отражающего особенности традиционного БНК; разработка базы данных для проектирования новых моделей одежды из льна на его основе; обоснование принципов выбора проектно-конструкторских решений (ПКР).

Для решения поставленных задач была получена маркетинговая информация о требованиях различных возрастных групп потребителей к одежде, осуществлено прогнозирование функций и свойств соответствующего ассортимента проектируемых изделий, выполнена оценка рыночной адекватности принимаемых ПКР.

Процесс проектирования одежды предложено представить в виде последовательных задач принятия решения и осуществлять с привлечением табличной техники. Для выбора ПКР рекомендовано использовать таблицы выбора решений, где в качестве входной информации приняты художественно-конструктивные признаки современной одежды и характерные элементы базовых вариантов БНК. Предлагаемые таблицы решений отражают анализ возможных ситуаций, возникающих в практике конструирования одежды. В результате получается модель одежды, адекватная замыслу художника и соответствующая особенностям БНК.

Выполненная работа показала, что использование традиций БНК для создания современной одежды способствует совершенствованию технологии проектирования и повышению эффективности проектно-конструкторских работ. Указанное создает предпосылки для развития принципов конструирования одежды на основе положений теории принятия решений.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Н. Г. МАКЕЕНКО (студ. 4 к.), К. С. МАТВЕЕВ (ст. преп.), ВГТУ

Надежность и долговечность таких изделий как обувь, во многом определяется прочностью крепления подошв, что непосредственно зависит от метода крепления. Наиболее распространенный в настоящее время – клеевой метод, что объясняется наиболее высокими эксплуатационными свойствами и технико-экономическими показателями.

Цель данной работы заключается в исследовании прочности клеевого соединения от времени.

Объектом исследований являются клеевые соединения системы натуральная кожа – полимер. Для решения проблемы обеспечения надежности подобной системы необходимо располагать методами прогнозирования прочности клеевых соединений еще на стадии их создания. В настоящее время имеется некоторое противоречие между действующими ТНПА и потребностями производства.

Методы оценки прочностных параметров, приведенные в стандартах, предусматривают проведение испытаний через достаточно большой промежуток времени после приклеивания подошв. Например, в соответствии с ГОСТ 10241-62, испытания можно проводить не ранее чем через 24 часа после приклеивания подошв. По результатам таких испытаний в соответствии с ГОСТ 21463-87 судят о соответствии прочности крепления изготовленной продукции, требованиям, указанным в стандарте. В условиях производства подобные испытания желательно было бы проводить в течение 10-60 мин после склеивания.

Необходимость проведения подобных экспериментов объясняется разработкой в настоящее время методики применения экспресс-метода определения прочности крепления низа обуви.

Определено, что при использовании прибора для проведения экспресс-метода, в течение промежутка времени не менее 20 минут от момента склеивания, полученные результаты можно адекватно сопоставлять с результатами, полученными по стандартным методикам.

Таким образом, применение прибора в указанный промежуток времени не влечет за собой никаких негативных последствий, вызванных снижением прочностных характеристик клеевого соединения. В результате экспериментально подтвержден временной диапазон допустимого применения прибора в разрабатываемой методике проведения испытаний.

КОМПРЕССИОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ОНКОБОЛЬНЫХ

В. А. КРУЧКО (студ. 5 к.), А. В. ЧАРКОВСКИЙ (к.т.н., доц.), В. П. ШЕЛЕПОВА (к.т.н., доц.), ВГТУ

Компрессионная одежда в мировой медицинской практике широко используется при лечении заболеваний, связанных с нарушениями кровообращения, травм конечностей, послеоперационных осложнений у ожоговых и онкобольных. Для республики Беларусь актуальной задачей является реабилитация онкобольных женщин, страдающих от рака молочной железы и перенесших операцию на молочной железе – мастоэктомию. У значительной части таких больных развивается нарушение функции верхней конечности со стороны операции. Применение компрессионных изделий типа жилет и рукав в послеоперационном периоде способствует улучшению состояния больных, сокращению продолжительности госпитализации, восстановлению трудоспособности.

Мировым лидером по производству компрессионных изделий многоцелевого назначения является фирма Jobst (Ирландия). В республике Беларусь компрессионные изделия для реабилитации онкобольных не производятся, централизованно не закупаются, исследования в этом направлении не проводятся, в то же время отмечается рост заболеваемости раком молочной железы. По литературным источникам заболеваемость составляет 38,4 случая на 100000 населения.

Цель работы – создание компрессионных трикотажных изделий типа жилет и рукав для реабилитации онкобольных. Работа носит поисковый характер.

Объект исследования: конструкция, технология изготовления компрессионных изделий, свойства высокоэластичного трикотажа.

В работе используются методы теории вязания и теории переплетений, проектирования и исследования свойств трикотажа и трикотажных изделий.

Особенность проведения исследований и их новизна заключается в разработке нового вида отечественных компрессионных медицинских изделий.

В результате проведения исследований получены опытные образцы компрессионного жилета и рукава, проводятся исследования особенностей процессов вязания и пошива компрессионных изделий. Опытные образцы прошли предварительную апробацию в Витебском областном онкологическом диспансере с положительной оценкой. Планируется проведение комплекса медико-технических и клинических исследований с целью промышленного выпуска компрессионных изделий.

ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

М. В. МИХАЙЛОВА (студ. 5 к.), И. М. ТХОРЕВА (ассист.), А. В. ЧАРКОВСКИЙ (к.т.н., доц.), ВГТУ

Сердечная недостаточность представляет собой синдром, при котором сердечно-сосудистая система не способна выполнять свою важнейшую функцию – доставку к тканям биологически активных веществ и удаление из тканей продуктов обмена. Из-за нарушения этой функции происходит расширение полостей сердца, в результате чего стенки камер утончаются и сердце принимает сферическую форму. Традиционные методы лечения сердечной недостаточности включают: консервативную терапию и хирургические способы. Неудовлетворенность результатами консервативного лечения заболевания ведет к поиску альтернативных, хирургических способов лечения. На сегодняшний день используются: трансплантация донорского сердца, методы ремоделирования полости левого желудочка, имплантация различных вариантов механических устройств вспомогательного кровообращения и динамическая кардиомиопластика, замещающие насосную функцию сердца или поддерживающие ее. Однако в Республике Беларусь отсутствует возможность использования большинства из этих методов в связи с необходимостью их импорта и высокой стоимостью, а некоторые из них рассматриваются в настоящее время как малоэффективные. Литературные источники говорят о постоянном росте числа больных с синдромом острой сердечной недостаточности как в Республике Беларусь, так и за ее пределами.

В 1999 году фирма ACORN (США) разработала сетчатый каркас для сердца из текстильного материала. Изделия прошли клинические исследования, получены положительные результаты. В Республике Беларусь исследования в этом направлении не проводятся.

Цель работы – создание поддерживающего устройства желудочков сердца, обеспечивающего поддержание и укрепление стенок желудочков. Объектом исследований является технология изготовления и конструкция поддерживающего устройства желудочков сердца.

При разработке поддерживающего устройства желудочков сердца использованы методы проектирования, прогнозирования и исследования свойств трикотажа, методы обработки трикотажа для повышения биологической совместимости. Научная новизна заключается в разработке отечественного поддерживающего устройства желудочков сердца и метода его применения.

В результате проведенных исследований изготовлены опытные образцы поддерживающих устройств желудочков сердца, которые прошли апробацию в Республиканском научно-практическом центре «Кардиология», разработана методика применения изделия на секционном материале. Планируется проведение экспериментальных и клинических исследований.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОНКОСУКОННЫХ ТКАНЕЙ

Н. Н. САМУТИНА (асп.), Г. В. КАЗАРНОВСКАЯ (к.т.н.), ВГТУ

Решение проблемы создания отечественных шерстяных тканей, которые были бы востребованы и конкурентоспособны на внутреннем и внешнем рынках, в настоящее время является актуальным. Выпуск шерстяных тканей имеет большое значение, принимая во внимание климатические условия нашей республики. В результате анализа тенденций развития текстиля, было установлено, что шерстяные ткани являются перспективными для современного стиля в одежде потребителей.

Целью данного исследования являлась разработка структуры и технологии выработки полушерстяной палтовой ткани нового вида. В качестве аналога-образца был использован образец ткани женского ассортимента палтовой группы, вырабатываемый в условиях ОАО «Сукно» г. Минск.

Задачей исследования явилось изменение переплетения и сырьевого состава нитей с целью уменьшения поверхностной плотности ткани-аналога. Для этого предприятию было предложено использовать нити, вырабатываемые на предприятии, а также новый вид одиночных и крученых нитей, разработанных в УО «ВГТУ» на кафедре прядения.

В качестве объекта исследования принята структура тонкосуконных тканей новых видов. Предметом исследования явились физико-механические показатели суровых и готовых тканей.

Замена нитей производилась для улучшения внешнего вида ткани-аналога, уменьшения её стоимости и поверхностной плотности. В состав новых образцов введены крученые нити меньшей линейной плотности, содержащие волокна полипропилена, ПАН, ПА, лавсана для сохранения светостойкости, прочности на разрыв, сопротивления истиранию, уменьшения пиллингуемости. На основе современных колористических решений, с учетом назначения проектируемых тканей были выбраны цвета, несущие в себе большой энергетический ресурс. На основе анализа истории ремизного ткачества, с учетом этнографических особенностей белорусской народной одежды для проектируемых тканей был выбран наиболее распространенный рисунок – клетка.

Разработана схема техпроцесса, учитывающая сырьевой состав нитей основы и утка, вид и размеры паковок и включающая минимальное количество технологических переходов, их рациональное сочетание. Выбраны технологические параметры, обеспечивающие высокую производительность процессов подготовки основы и утка к ткачеству, самого ткачества с минимальным количеством отходов.

Расчет экономических показателей показал, что вследствие указанной замены нитей снизилась материалоемкость и себестоимость спроектированных тканей по сравнению с аналогом. Внедрение результатов работы способствует улучшению внешнего вида выпускаемой продукции, повышению объемов ее реализации, расширению рынков сбыта, улучшению финансового положения предприятия.

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА ВТОРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Е. А. НИКИТИНА (студ. 5 к.), Г. Н. СОЛТОВЕЦ (доц.), Е. А. ЕГОРОВА (ассист.),
К. С. МАТВЕЕВ (ст. преп.), ВГТУ*

Для решения проблемы образующихся отходов искусственных кож необходимо не только уменьшать их количество, но и разрабатывать и изучать процессы их вторичного использования. Актуальность и практическая значимость проблемы переработки отходов искусственных кож и исследования свойств полученных композиционных материалов усиливаются в настоящее время в связи с ростом их использования в обувной и галантерейной промышленности.

Целью работы являлось исследование влияния длины волокон на свойства композиционных материалов из отходов искусственных кож. Объекты исследования – вторичные композиционные материалы. Для определения значений показателей свойств использованы действующие стандартные методики и приборы.

По разработанной технологии были получены вторичные композиционные материалы при изменении степени диспергирования и кратности переработки. На основании полученных экспериментальных данных было установлено, что с увеличением кратности переработки и степени диспергирования прочностные характеристики композиционных материалов значительно снижаются. Было выдвинуто предположение о влиянии на прочность получаемых материалов длины волокнистого наполнителя, образованного нитями основы искусственной кожи. Для определения длины волокон была использована разработанная методика, заключающаяся в обработке объектов растровой графики средствами графического пакета с последующим переводом в векторный формат и определением количества объектов и их длин. На основании полученных результатов установлено, что для получения материалов с повышенными прочностными характеристиками необходимо сократить до минимума диспергирующее влияние оборудования. Разработана технологическая схема переработки, которая предполагает объединение отдельных операции измельчения и экструзии при осуществлении резки отходов валковыми ножами в загрузочном бункере экструдера. Это позволяет значительно материальные и энергетические расходы на эксплуатацию излишнего оборудования и трудовые затраты. Кроме того, значительно расширяется ассортимент материалов для изготовления низа обуви. Полученные композиционные материалы прошли производственную апробацию на ОАО «ВИККО», ОАО «Красный Октябрь», ЭОП УО «ВГТУ».

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТОП И ГОЛЕНЕЙ ЖЕНЩИН РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Т. М. БОРИСОВА (студ. 5 к.), К. В. ПАУС (студ. 5 к.), В. Е. ГОРБАЧИК (д.т.ч., проф.),
С. В. СМЕЛКОВА (к.т.н, доц.), А. И. ЛИННИК (к.т.н, доц.), ВГТУ*

Основой для разработки принципов изготовления рациональной обуви являются результаты антропометрических исследований стоп. Только комплексный подход к исследованиям стопы гарантирует получение информации, необходимой для создания рациональной обуви.

Производитель, безусловно, должен знать, обувь каких размеров он должен изготавливать, а также каким должно быть процентное соотношение размеров и полнот обуви, что делает возможным правильно обеспечить рынок, а также предотвращает накопление обуви несоответствующих размеров.

В Республике Беларусь за последние 30 лет не проводились подобные исследования, т.е. существующие данные по параметрам стоп и голени используемые при проектировании обуви не отражают акселерацию населения.

Была отработана методика проведения обмеров стоп и голеней. В данном исследовании производился обмер женщин в возрасте от 18 до 60 лет, проживающих в городе Витебске. Было обмерено 100 человек. В результате исследования было установлено, что длина стопы колеблется от 220 мм до 270 мм, высота голени от 370 до 460 мм. По обхвату в области пучков колебание параметра от 186 до 280 мм, в месте наибольшего развития икроножной мышцы от 312 до 478 мм.

Проведена статистическая обработка результатов исследования и определены основные статистические закономерности в распределении размерных признаков.

Анализ размеров выпускаемой обуви предприятиями Республики Беларусь показал, что существующие ростовки не удовлетворяют в полной мере женское население. Кроме того, существуют сложности при подборе сапожек по обхвату голенища. Полученные результаты позволят уточнить размерно-полнотный ассортимент обуви и внести корректировку в методику проектирования женских сапожек.

ПОЛУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ ПЛАНТАРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТОП ПРИ ПОМОЩИ ЭВМ

С. В. АНТОНОВ (студ. 3 к.), В. Е. ГОРБАЧИК (д.т.н., проф.), А. Л. КОВАЛЕВ (к.т.н, доц.), ВГТУ

В отличие от описанных ранее методов получения размерных характеристик плантарной поверхности стопы, нами предлагается более современный, простой, быстрый и наиболее точный метод получения и обработки данных о стопе. Метод заключается в том, что с помощью сканера снимается изображение стопы, далее это изображение обрабатывается с помощью автоматизированного программно-методического комплекса. В результате автоматизации процесса обследования уменьшается численность занятого персонала, снижается расход используемого материала и не требуется громоздкого и дорогостоящего оборудования. Используемому программный комплекс оператору не требуются специальные знания в области компьютерных технологий и получения антропометрических данных о стопе.

Для достижения поставленной цели нами решались следующие задачи: определение оптимальных режимов сканирования; получение, ввод и хранение изображения; переход от растрового изображения к векторному: ориентация, сглаживание, фильтрация-оптимизация точек и т. д.

В работе для получения плантограмм следа стопы использован планшетный сканер марки HEWLETT PACKARD.

Методика измерения следа стопы проста и сводится к следующему. Перед началом измерения включают аппаратуру и вызывают программу сканирования. Человек встает одной или двумя ногами (в зависимости от типа сканера, и размера сканирующего стола) на стекло сканирующего устройства. Включают режим сканирования. После сканирования, полученная цифровая информация, в виде файла, записывается в соответствующую папку, на жесткий носитель системного блока. Процесс сканирования и, следовательно, записи информации протекает в течение 60 с.

Применяя программу PHOTOSHOP, при помощи принтера получают изображение следа стопы. Распечатка следа плантарной части стопы может быть получена, в зависимости от режима сканирования и вида принтера, цветной или черно-белой. Время всего процесса измерения и получения распечатки плантограммы занимает не более 2 мин.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА

*Ю. В. АФАНАСЕНКО (студ. 5 к.), В. В. МАХОНЬ (студ. 4 к.), М. П. БАШМАКОВА (ассист.),
С. Л. ФУРАШОВА (ассист.), В. Е. ГОРБАЧИК (д.т.н., проф.), ВГТУ*

Необходимость изучения факторов, влияющих на формоустойчивость обуви, обусловлена ее высокой значимостью в оценке качества. Целью работы явилось исследование влияния на формоустойчивость систем различных материалов межподкладки и технологической последовательности выполнения операции охлаждения полуфабриката обуви. Методика проведения эксперимента моделировала реальные современные технологические процессы производства обуви. В первом варианте охлаждение систем материалов осуществлялось через 90 мин после влажно-тепловой обработки (ВТО), а во втором сразу после камеры ВТО. Для растяжения образцов использовался прибор, который обеспечивал деформирование систем полусферой и позволял осуществлять его транспортирование в установках термофиксации проходного типа.

Исследовались системы натуральной кожи в комбинации с межподкладкой из трикотажного полотна, термобязи, нетканого полотна и с подкладкой из трикотажа. Формоустойчивость оценивалась величиной остаточной деформации, замеренной сразу после снятия образца с прибора и через определенные периоды «отдыха». Коэффициенты формоустойчивости рассчитывались как по изменению площади образцов, так и по высоте полусферы. Расчеты коэффициентов формоустойчивости велись в программе AutoCAD. Проведенный корреляционный анализ экспериментальных данных выявил тесную взаимосвязь коэффициентов формоустойчивости, рассчитанных двумя способами, следовательно, можно рекомендовать расчет коэффициента по высоте полусферы, так как он является менее трудоемким.

Среди исследованных межподкладочных материалов лучшей формоустойчивостью обладают системы с термобязью. Так как, технологическая последовательность выполнения операции охлаждения не оказала существенного влияния на формоустойчивость систем, то в качестве оптимального варианта можно рекомендовать охлаждение полуфабриката после приклеивания подошв, так как в этом случае решается вопрос не только повышения формоустойчивости, но и снижения релаксируемых напряжений в клеевом шве.

РАЗРАБОТКА НОМОГРАФИЧЕСКОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

Т. А. КЛУНЕЙКО (студ., 4 к.), Т. М. ВАНИНА (к.т.н.), ВГТУ

Одной из основных составляющих при разработке технологических процессов (ТП) изготовления новых моделей является определение затрат времени на выполнение технологических операций (ТО). Для этого наряду с хронометражным способом в швейной промышленности широкое распространение получил расчетно-аналитический способ [1]. Из-за субъективности результатов первый способ имеет ограниченное применение, а второй способ трудоемок. В этом случае на машинно-ручных работах оперативное время выполнения ТО определяется по формуле (1):

$$t_{\text{ОП}} = t_{\text{МП}} + t_{\text{ПЕР}} + t_{\text{ПОВ}} + t_{\text{В}} + t_{\text{КАЧ}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{МП}}$ – основное машинно-ручное время на операцию, с; $t_{\text{ПЕР}}$ – время на перехваты, с; $t_{\text{ПОВ}}$ – время на повороты, с; $t_{\text{В}}$ – время на выполнение вспомогательных приемов, с; $t_{\text{КАЧ}}$ – норматив времени на проверку качества, с.

При этом наиболее трудоемким является определение составляющей $t_{\text{МП}}$, которая согласно методике [1] устанавливается с использованием 4-х таблиц в 4 этапа. На 1-ом этапе по группам операций в зависимости от вида, конфигурации, длины шва или строчки, способа и режимов их выполнения, скорости машины на холостом ходу ($n_{\text{ХХ}}$) определяют коэффициент использования скорости машины на холостом ходу ($K_{\text{ИС}}$), длину строчки без перехвата ($l_{\text{Б.П}}$), время на перехват ($t_{\text{ПЕР}}$).

На 2-ом этапе по значениям $K_{\text{ИС}}$ и $n_{\text{ХХ}}$ устанавливают скорость машины на рабочем ходу ($n_{\text{РХ}}$). На 3-ем этапе определяют подачу материала под иглой, пользуясь соответствующей таблицей или формулой $\Pi = n_{\text{РХ}} / m$, где m – число стежков в 1 см строчки.

На 4-ом этапе по величине подачи материала под иглой и длине строчки без перехвата определяется табличное значение $t_{\text{МП}}$.

Трудоемкость такого подхода очевидна. Для ее устранения предлагается графическая интерпретация табличных данных справочника [1].

В целях сокращения трудоемкости описанного процесса на основании выявления математических зависимостей между названными факторами предлагается два графика-номограммы, существенно упрощающие процесс нормирования времени ТО, облегчающие труд нормировщиков и делающие их труд более престижным.

1. Отраслевые поэлементные нормативы времени по видам работ и оборудования при пошиве верхней одежды. Москва : ЦНИИТЭИ-легпром, 1983. 266 с.

ПРИРОДНЫЕ ЛИГНАНЫ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

О. В. СТАСЕВИЧ (магистрант), В. Н. ЛЕОНТЬЕВ (к.х.н.), ВГТУ

Лигнаны – биологически активные вещества, обладающие антиоксидантным действием. Они положительно влияют на иммунитет, уменьшают процессы воспаления, сердечно – сосудистую патологию (снижают гиперхолестеринемический атеросклероз) и процессы канцерогенеза.

Было замечено, что некоторые лигнаны демонстрируют ингибирующую активность против вирусной обратной транскриптазы, обладают антигрибковым действием. Лигнаны могут быть выделены из различных частей (листьев, коры, семян) растений, таких как сезамин, сезамолин, льна масличного и др. [1].

Большой интерес представляет лигнан, выделенный из семян масличного льна - секоизоларицирезинол диглюкозид (СДГ), а также его метаболиты, лигнаны млекопитающих - энтеродиол (ЭД) и энтеролактон (ЭЛ). Они образуются из растительного лигнана (СДГ) путем многочисленных превращений под действием микрофлоры в кишечнике человека. Антиоксидантное действие этих лигнанов обусловлено структурной схожестью агликона (структурной составляющей) с известным антиоксидантом, нордигидрогуаретовой кислотой. Эти лигнаны являются эффективными антирадикальными средствами, механизм действия заключается в непосредственном взаимодействии со свободными радикалами.

Таким образом, тормозятся избыточно активированные процессы свободнорадикального окисления (например, перикисное окисление липидов), сопровождающие различную патологию [2].

Способы выделения лигнанов из семян льна масличного, а также показания и противопоказания к их применению пока недостаточно разработаны и требуют дальнейших исследований.

1. Robert S. Ward Lignans, neolignans and related compounds./ Nat. Prod. Rep., 16, 75–96, 1999.

2. Kitts D. D., Yuan Y. V., Wijewickreme A. N. and Thompson L. U. Antioxidant activity of the flaxseed lignan secoisolariciresinol diglycoside and its mammalian lignan metabolites enterodiols and enterolactone./ Molecular and Cellular Biochemistry 202: 91–100, 1999.

ОТБОР И ХАРАКТЕРИСТИКА ШТАММОВ-ПРОДУЦЕНТОВ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Е. Н. РАБИОН (студ. 5 к.), Н. А. БЕЛЯСОВА (к.б.н.), БГТУ

Молочная кислота – очень важный биотехнологический продукт с весьма широким спектром применения. Она широко используется в пищевой промышленности и в непищевых сферах народного хозяйства: в косметологии и фармацевтике, электронике, производстве красителей, в текстильной промышленности. Однако основной причиной возросшего интереса к молочной кислоте и увеличения ее выпуска является получение *полилактоидов* – биodeградируемых полимеров молочной кислоты с ценными свойствами. В настоящее время полилактоиды уже используются для получения одноразовой посуды, пеленок, оберточных и упаковочных материалов, “саморассасывающихся” материалов для хирургии [1]. Широкий спектр использования молочной кислоты определяет необходимость поиска и конструирования новых качественно более эффективных продуцентов молочной кислоты [2], которые позволили бы сделать производство этого метаболита высокорентабельным. Поэтому целью настоящего исследования является отбор штаммов-продуцентов, способных при культивировании на простых по составу питательных средах продуцировать молочную кислоту.

В качестве объектов исследования было взято 20 штаммов молочнокислых бактерий из коллекции кафедры биотехнологии и биоэкологии, а также 25 штаммов бактерий, выделенных из кисломолочных продуктов и различных растительных образцов. Критерием активности кислотообразования при первичном скрининге коллекции служила ширина зон просветления вокруг изолированных колоний на меловом агаре (среда КМАФАнМ с добавлением 0,5 % CaCO_3) [3].

В исследовании отобрано 10 штаммов бактерий – активных кислотообразователей, общая титруемая кислотность культуральных жидкостей которых достигает 2,8–4,5%. Полученная активность кислотообразования сопоставима с литературными данными [2]. Большая часть отобранных штаммов представлена коллекционными бактериями *Lactococcus lactis*, привлекательной особенностью которых является кислототолерантность и способность к росту при низких значениях pH.

1. Фомин В. А., Гузев В. В. Биоразлагаемые полимеры, состояние и перспективы развития. // Пластические массы. 2001. № 2. С. 42–46.
2. Регуляция роста и повышение биохимической активности бактерий *Lactobacillus delbrueckii* – продуцентов молочной кислоты. / Пантюк О. А., Бочкова А. П., Шамиян М. М. // Пушнская конференция : Тез. докл., Пенза, 2005. С. 98106.
3. Taniguchi M., Tokumaga T., Horluchi K., Hoshino K., Sakai K., Tanaka T. Production of L-lactic acid from a mixture of xylose and glucose by co-cultivation of lactic acid bacteria. // Appl. Microbiol. Biotechnol.. 2004. V. 66. P. 160–165.

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК

Е. Д. РЕМЕЗ (студ. 4 к.), А. В. ЛИХАЧЁВА (к.т.н.), БГТУ

В настоящее время в практику экологической экспертизы активно внедряются подходы, основанные на использовании процедуры оценки воздействия объекта на окружающую среду, которая предполагает учет всех наиболее значимых воздействий на всех стадиях жизненного цикла объекта для нормального и аварийного режимов функционирования.

Несмотря на то, что процедура ОВОС является законодательно закрепленной стадией реализации любых решений (проектов), внедрение ее сдерживается отсутствием методик ОВОС конкретных объектов, которые учитывали бы их особенности, комплексность воздействия, его временные рамки.

Результатом ОВОС является: принятие решений по выработке компенсирующих мероприятий (действий) технического, организационного, экономического и иного характера.

Иловые площадки являются наиболее широко распространенными накопителями отходов. Но методика ОВОС таких объектов не разработана и сводится к отдельным качественным оценкам, которые трудно учесть как при разработке компенсирующих мероприятий, так и при проектировании такого рода объектов. До сегодняшнего времени при выборе места размещения и конструкции иловых площадок основную роль играли факторы, учитывающие сиюминутную экономию средств при эксплуатации, поэтому данные объекты чаще всего устраивались на естественных основаниях, в отработанных карьерах, вблизи населенных мест. Этот фактор усугубляет проблемы, связанные с негативным воздействием площадок на район размещения.

Грамотно проведенная ОВОС могла бы прояснить, насколько с экологической и экономической точек зрения сейчас и в перспективе целесообразно вкладывать средства в общепризнанные на данный момент системы складирования осадков сточных вод.

Анализ информации об уровне антропогенной нагрузки на ОС, связанной с особенностями иловых площадок как источника воздействия (технические, технологические, конструктивные), позволит идентифицировать факторы воздействия и возможные последствия (эффекты) воздействия рассматриваемого объекта. Важным фактором, определяющим воздействие ИП на ОС, является разложение органических веществ, сопровождающееся выделением неприятных запахов, ухудшением водоотдачи осадков.

ИП являются серьезным источником бактериального загрязнения ОС. Интенсивность влияния накопителей осадков сточных вод на природную среду зависит от их размеров и мощности, токсичности складываемых отходов, продолжительности функционирования.

КОНТРОЛИРУЕМАЯ КАТИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ СТИРОЛА В ПРИСУТСТВИИ ВОДЫ В СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$.

А. В. РАДЧЕНКО (студ. 3 к.), С. В. КОСТЮК (к.х.н), БГУ

Данная работа посвящена поиску новых катализаторов контролируемой катионной полимеризации стирола, устойчивых в присутствии воды. Нами исследована полимеризация стирола в присутствии $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ как катализатора, а также 1-гидрокси-1-фенилэтана (1), 1-гидрокси-2-фенилпропана (2) и 1-гидрокси-1-(4-метоксифенил)этана (3) как инициатора.

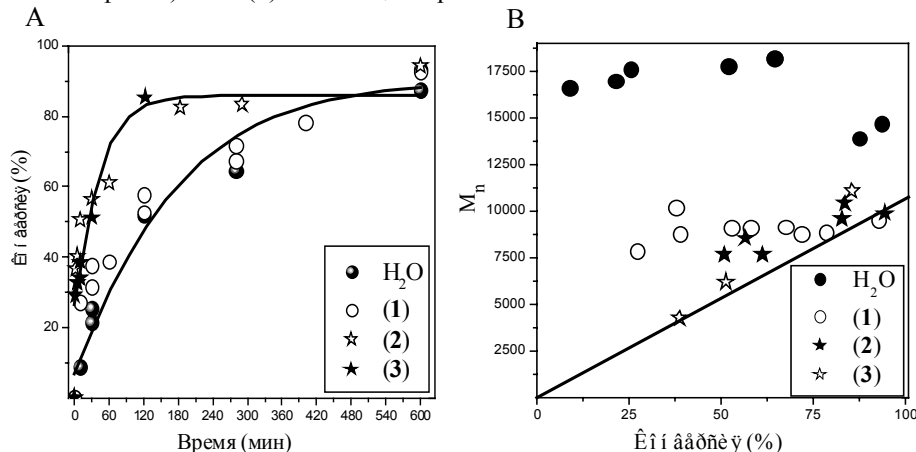


Рис. 1 Зависимости конверсии от времени полимеризации (А) и молекулярной массы от конверсии (В) для полимеризации стирола в системе $\text{I}/\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2/\text{H}_2\text{O}$ в CH_2Cl_2 при 0°C : $[\text{I}]$ 10 mM; $[\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2]$ 50 mM; $[\text{H}_2\text{O}]$ 80 mM. $\text{I} = (1), (2)$ или (3).

стирола с $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ – (2) и (3). В присутствии данных соединений полимеризация протекает с высокой скоростью (рис. 1А), что позволяет подавить иницирование полимеризации водой. Это, в свою очередь, позволяет получать полимеры с более контролируемой молекулярной массой, по сравнению с полимеризацией в системе (1)/ $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ (рис. 1В).

Таким образом, вопреки общепринятому мнению о том, что реакционная среда при ионной полимеризации должна быть тщательно обезвожена, контролируемая катионная полимеризация стирола, инициируемая системами на основе $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$, может протекать в присутствии избытка воды по отношению к кислоте Льюиса.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТОВАРНЫХ СОРТОВ ЯБЛОК

А. Н. НИКИТЕНКО (асп. 2 к.), А. А. ПЛИНДА (студ. 5 к.), З. Е. ЕГОРОВА (к.т.н.), БГТУ

Яблоки – ценные плоды, которые богаты витаминами, минеральными и органическими кислотами, пектином, ароматическими и вкусовыми веществами, являющиеся традиционным сырьём для ряда отраслей пищевой промышленности. Новым направлением является использование их для производства диетических продуктов быстрого приготовления и сухих завтраков.

Наряду с большим количеством информации, наблюдается недостаток исследований в области состояния и изменения биохимических параметров яблок в течение их хранения и возможности использования различных сортов для промышленной переработки. Поэтому целью данной работы является оценка товарных сортов яблок Республики Беларусь с целью их использования для производства диетических продуктов быстрого приготовления.

Объектом исследования стали следующие сорта: Антоновка обыкновенная, Штрейфлинг, Белорусское малиновое, Белорусский синап, Банановое, Алесь.

В качестве исследовательских показателей были выбраны следующие: степень зрелости, масса плода, состояние кожицы, мякоть, вкус и аромат, содержание растворимых сухих веществ, сахаров, кислот (по яблочной), сахарно-кислотный индекс, пектиновые вещества, полифенолы, витамин С, которые определялись стандартизованными методами.

Проведенные исследования показали, что по содержанию растворимых сухих веществ, сахаров, кислот (по яблочной), сахарно-кислотному индексу, пектиновым веществам, полифенолам, витамину С сорта рассматриваемые нами соответствуют технологическим требованиям, предъявляемым к яблокам для консервирования и сушки, однако, установлено, что на качество производимой продукции сильно влияют степень зрелости, состояние мякоти и кожицы, вкус и аромат, свойственный конкретным сортам. Так использование яблок сорта Штрейфлинг не совсем подходит, так как изготовленные из них продукты имеют не весьма приемлемые органолептические свойства.

В результате проведенной работы установлено, что сорта Антоновка обыкновенная, Белорусское малиновое, Белорусский синап, Банановое, Алесь оптимально подходят для использования их в качестве исходного сырья для диетических продуктов быстрого приготовления и сухих завтраков.

ХИМИЧЕСКИЕ И ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДЕЗОДОРАЦИИ МЕРКАПТАНОВ

Е. А. ФЛЮРИК (асп.), О. Г. ЛАЗАРЕВА (студ.), В. Н. ЛЕОНТЬЕВ (к.х.н), БГТУ

Для безопасного применения природного газа в быту используются одоранты, которые придают газу специфический запах. В качестве одорантов чаще применяются низшие меркаптаны. Эти соединения имеют характерный резкий запах, который воспринимается человеком в ничтожных концентрациях, вплоть до $2 \cdot 10^{-9}$ мг в 1 м^3 .

В связи с высокой сорбируемостью меркаптанов различными материалами возникают проблемы при использовании их на газораспределительных станциях (ГРС) для одоризации природного газа. Решение проблемы дезодорации загрязненных меркаптанами поверхностей для Республики Беларусь и стран СНГ является весьма актуальным.

Настоящая работа посвящена анализу химических и ферментативных методов дезодорации загрязненных меркаптанами поверхностей.

В процессе исследований было изучено окисление меркаптанов химическими методами.

Меркаптаны растворяются в водных растворах щелочей с образованием меркаптидов, при взаимодействии с солями тяжелых металлов – дисульфидов металлов, а при действии таких окислителей, как йод, бром, пероксид водорода, меркаптаны окисляются до дисульфидов.

Для исследования ферментативных методов окисления меркаптанов был проведен скрининг бактериальных и грибных штаммов, в результате которого были отобраны штаммы микроорганизмов, способные утилизировать меркаптаны.

Проведенные исследования показали, что ферментные системы микроорганизмов могут осуществлять полное окисление меркаптанов, приводящее в конечном итоге к сульфокислотам, которые практически лишены запаха.

Окисление меркаптанов изучали с помощью полярографического, спектрофотометрического и хроматографического методов анализа.

В настоящее время результаты лабораторных исследований по химическим и ферментативным методам дезодорации меркаптанов реализуются на одной из ГРС ОАО «Белтрансгаз».

ВЫДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИЙ ИЗ ГЛИН БЕЛОРУССКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Л. В. КУИС (магистрант), Ю. Е. ТИХАНОВИЧ (студ. 5 к.), Р. М. МАРКЕВИЧ (к. х. н.), БГТУ

Для повышения качества фарфоровых изделий с древних времен проводилось вылеживание керамического сырья. Показано, что в таких условиях происходит изменение состава микроорганизмов, их воздействие на компоненты глины и улучшение качественных характеристик сырья. Однако более выраженное изменение свойств глинистого сырья и технологических смесей наблюдается при воздействии культуры *Bacillus mucilaginosus* [1]. Вместе с тем, использование микроорганизмов, выделенных из местных глин, адаптированных к их составу, может оказаться более эффективным. Изучив свойства этих микроорганизмов, условия их развития, можно создать оптимальные условия вылеживания сырья для улучшения его качественных характеристик.

Цель исследовательской работы заключалась в выделении бактерий из глин белорусских месторождений Лукомль и Гайдуковка.

Выделение бактерий производили в следующем порядке.

1. Навеску каждой глины массой 10 г растирали в ступке с 30 мл стерильной водопроводной воды в течение 20 минут;
2. Полученную суспензию фильтровали под вакуумом;
3. Производили разведение фильтрата в стерильном физиологическом растворе в 100 и 10000 раз (разведение 10^{-2} и 10^{-4});
4. Разведённый фильтрат высевали на плотные среды (картофельный и питательный агар) в чашки Петри для получения изолированных колоний методом Коха.
5. Чашки помещали в термостат при температуре 30°C на 48 часов.

Для получения чистых культур микроорганизмов производили пересев характерных колоний бактериологической петлей на агаризованные среды разного состава методом исчерпывающего штриха. Культивирование осуществляли при тех же условиях.

Обработку результатов проводили путём описания каждого вида колоний. Культуры, преобладающие в образцах обоих месторождений, не имели существенных различий морфологических свойств. На картофельном агаре они образуют колонии, имеющие круглую форму, не прозрачные, с выпуклой шероховатой поверхностью, фестончатыми краями, цвета топленого молока, диаметром до 3 мм.

1. Масленникова Г. Н., Платов Ю. Т., Халиуллова Р. А., Авакян З. А., Шелоболina Е. С., Каравайко Г. И. Влияние микроорганизмов на свойства фарфоровых масс при вылеживании // Стекло и керамика. 1999.

2. Власов А. С. Биологические методы обогащения минерального сырья и технологических смесей при производстве керамики // Химия и технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Л., 1989. С. 155–165.

ВЫЯВЛЕНИЕ НОВЫХ ПЛАЗМИДНЫХ МАРКЕРОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КЛОНИРУЮЩИХ ВЕКТОРОВ ЛАКТОКОККОВ

А. Е. КРОТОВИЧ (асп.), Н. А. БЕЛЯСОВА (к.б.н.), БГТУ

Молекулярно-генетические подходы к изучению молочнокислых бактерий подразумевают создание и использование особых «инструментов», в первую очередь, плазмидных векторов с селективными маркерами. Удобными селективными признаками обычно служат: устойчивость к антибиотикам, способность к сбраживанию сахаров, устойчивость к бактериофагам, ультрафиолету и др.

Однако, в некоторых случаях эти «инструменты» не соответствуют, так называемому, «food-grade» критерию, который подразумевает, что получение генетически модифицированных штаммов, которые планируется использовать в пищевой промышленности, должно осуществляться исключительно с использованием генетического материала молочнокислых бактерий, традиционно применяемых в бродильном производстве. Этот критерий положен в основу системы, названной GRAS (generally recognized as safe). К тому же существенным ограничением к структуре векторов, используемых при создании заквасочных бактерий, является запрет на включение в их состав генов устойчивости к антибиотикам [1].

Целью настоящей работы стало выявление плазмидных детерминант, кодирующих фенотипически различимые признаки, пригодные для селекции рекомбинантных молочнокислых бактерий. Объектом исследования служили бактерии рода *Lactococcus*, выделенные с поверхности зеленых частей растений из разных регионов РБ (всего 60 штаммов). При высевах клеток на питательные среды, содержащие ионы тяжелых металлов в различных концентрациях, обнаружено, что способность к росту в их присутствии – достаточно распространенное свойство среди эпифитных лактококков (таблица). При этом устойчивость исследуемых бактерий к ионам

Таблица. Отношение штаммов лактококков к ионам металлов

Концентрация ионов металла, мМ	Количество штаммов, устойчивых к ионам металла				
	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Cr ⁶⁺	Co ²⁺
1	48	25	43	10	29
5	11	5	9	4	5

свинца и меди выражена в наибольшей степени, что может являться отражением накопления данных поллютантов в окружающей среде. Для некоторых детерминант устойчивости к ионам тяжелых металлов доказана

плазмидная локализация и соответствующий селективный признак используется при отборе фузантов в межродовом слиянии протопластов *B. subtilis* и *L. lactis*.

1. B. Henrich, J. R. Klein, B. Weber, C. Delorme, P. Renault, U. Wegmann. Food-Grade Delivery system for Controlled gene Expression in *Lactococcus lactis* / Applied and Environmental Microbiology. 2002. Vol. 68, № 11. P. 5429–5436.

АДСОРБЦИЯ КРАСИТЕЛЯ МЕТИЛЕНОВОГО ГОЛУБОГО АКТИВИРОВАННЫМИ УГЛЯМИ, МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПОЛИМЕРАМИ

Е. В. СЕРГЕЙ (студ. 4 к.), Т. Н. НЕВАР (м.н.с.), БГУ

Активированные угли (АУ) относятся к числу самых распространенных и доступных энтеросорбентов. Эффективность их лечебного действия *in vitro* оценивается по способности адсорбировать из водных растворов различные вещества-маркеры. Наиболее часто для этих целей рекомендуют использовать краситель метиленовый голубой (МГ), моделирующий класс низкомолекулярных токсинов (ММ до 500 Д). Однако следует принимать во внимание, что объективность оценки адсорбционной активности при использовании МГ в качестве модели ограничена вследствие склонности красителей к метахроматической агрегации и специфической адсорбции в присутствии полимеров, которые используются при производстве лекарственных форм АУ. Поэтому нам представилось целесообразным изучить особенности адсорбции МГ на различных образцах АУ, взятых в виде порошка и таблеток, содержащих традиционно используемый в качестве связующего крахмал, а также новое водорастворимое производное целлюлозы (ВРПЦ).

Адсорбцию МГ проводили в статических условиях из водных растворов при периодическом перемешивании. Концентрацию растворов красителя до и после контакта с угольными сорбентами определяли спектрофотометрически на спектрофотометре КФК-2.

Показано, что на адсорбционную активность угольных адсорбентов по отношению к МГ оказывают влияние как адсорбционно-структурные характеристики исследуемых образцов, так и присутствие высокомолекулярных соединений. Установлено, что древесный уголь ОУ-А, обладающий развитой как микро-, так и мезопористостью, отличается от микропористого волокнистого угля АУТ-МИ более высокой скоростью адсорбции МГ. Адсорбция МГ на исследованных адсорбентах подчиняется уравнению Ленгмюра. Это позволило определить предельное значение адсорбции и рассчитать объем адсорбционного монослоя. Сопоставление полученных данных со значениями суммарного объема пор угольных сорбентов, определенного по сорбции азота, показало, что не вся поверхность угля занята молекулами красителя. При этом степень заполнения поверхности в случае модифицированных полимерами углей выше, чем исходных, а углей, модифицированных ВРПЦ выше, чем модифицированных крахмалом. Установленный факт можно объяснить специфическим взаимодействием МГ с полимерами, которое было подтверждено нами спектрофотометрически. Полученные данные следует учитывать при оценке эффективности действия лекарственных форм энтеросорбентов по величине адсорбции такого маркера, как МГ.

ИЗУЧЕНИЕ СИНТЕЗА ПОЛИСАХАРИДОВ *Bacillus mucilaginosus* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА КАРТОФЕЛЬНОМ ОТВАРЕ

Л. В. КУИС (магистрант), М. В. ТИКАЧ (студ. 5 к.), Р. М. МАРКЕВИЧ (к.х.н.), БГТУ

К настоящему времени показано, что микробиологическая обработка влияет на качественные характеристики глинистого сырья. Наибольшей способностью изменять свойства силикатных минералов обладают бактерии *Bacillus mucilaginosus*. Механизм их действия объясняют способностью к синтезу активных продуктов жизнедеятельности (полисахаридов, кислот), образующих прочные комплексы с ионами металлов, что способствует разрушению кристаллических решеток силикатов и диспергированию частиц.

При выращивании *Bacillus mucilaginosus* на синтетической среде [1] накопление кислот и полисахаридов в культуральной жидкости осуществлялось одновременно. Чтобы оценить влияние каждого из этих компонентов на свойства глин необходимо подобрать такой состав среды для культивирования, чтобы накапливался один из них. Известно, что при культивировании *Bacillus mucilaginosus* на картофельном агаре формируются крупные слизистые колонии.

Цель наших исследований заключалась в изучении накопления полисахаридов *Bacillus mucilaginosus* при выращивании в жидкой среде – картофельном отваре.

Сначала бактерии засеивали в пробирки на плотную среду, для получения которой к картофельному отвару добавляли агар (20 г/л). Посевы выдерживали в термостате при температуре 30°C в течение 48 ч. Полученную в пробирках культуру использовали для засева жидкой среды – картофельного отвара – в качалочных колбах. Посевы в колбах инкубировали на качалке (180 об/мин) при 30°C на протяжении 48 ч.

Установлено, что накопления кислот в таких условиях не происходило: значение pH культуральной жидкости 8,4. Клетки отделяли центрифугированием при 5000 g в течение 20 мин, осадок количественно переносили во взвешенный бюкс и высушивали при 105°C до постоянной массы. В супернатанте определяли содержание полисахаридов. Для этого охлажденные до 5–10°C супернатант и 96%-ый этанол смешивали в соотношении 1 : 3 по объему и выдерживали в холодильнике на протяжении 4 ч для уплотнения образовавшегося осадка. Жидкость декантировали, а осадок высушивали до постоянной массы.

Концентрация биомассы в культуральной жидкости составила 0,59 г/л, а концентрация полисахарида – 1,25 г/л.

Культуральная жидкость *Bacillus mucilaginosus*, содержащая полисахариды и не содержащая кислоты, будет использована для изучения ее воздействия на свойства глин.

1. Маркевич Р. М., Дятлова Е. И., Какошко Е. С., Куис Л. В. Влияние условий микробиологической обработки глинистого сырья Беларуси на его качественные характеристики // Материалы. Технологии. Инструменты, 2005, Т. 10, № 4, С. 86–89.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Е. Д. РЕМЕЗ (студ. 4 к.), А. В. ЛИХАЧЁВА (к.т.н.), БГТУ

Воздействие иловых площадок (ИП) на атмосферу обусловлено, как испарением растворенных в надильной воде летучих веществ, так и выделением в воздух загрязняющих веществ, образующихся в процессе разложения органического вещества избыточного активного ила (ИАИ). При этом в верхних слоях ИАИ протекают аэробные процессы, а в нижних, куда доступ воздуха затруднен, анаэробные.

Информация, касающаяся качественного состава загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферный воздух с ИП, не систематизирована и носит противоречивый характер. Считается, что в атмосферном воздухе над ИП содержатся аммиак, сероводород, метан, метилмеркаптан и этилмеркаптан. Однако эта информация никак не связана с особенностями процессов, протекающих в ИАИ при хранении, и не претендует на полноту отражения качественного и количественного состава выбросов с ИП. Вероятно, целесообразно для характеристики степени загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения ИП, наряду с содержанием индивидуальных веществ, использовать показатель окисляемости проб воздуха, отобранных на жидкий поглотитель.

Кроме химического загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения ИП имеет место бактериальное загрязнение. Это обуславливается тем, что в процессе очистки сточной воды активный ил накапливает в себе большое количество патогенной микрофлоры. Кроме этого, иловые площадки – место размножения многочисленных видов насекомых (мух, комаров), опасных в эпидемиологическом отношении.

Для прогнозирования количества выбросов с ИП, рассматриваемой в качестве источника загрязнения атмосферы, проведены исследования, позволяющие судить о вкладе аэробных и анаэробных процессов с участием органического вещества осадка в эмиссию загрязняющих веществ с поверхности ИП в атмосферный воздух.

Для оценки воздействия на атмосферу в работе выполнены исследования, направленные на:

- получение количественной информации об ИП, как источниках загрязнения атмосферы и влиянии на состав выбросов предварительной подготовки ИАИ перед размещением на ИП;
- прогнозирование изменений состава атмосферного воздуха в районе расположения ИП;
- оценку значимости воздействия ИП на атмосферный воздух.

Выбросы загрязняющих веществ применительно к ИП относили к массе органического вещества, биодеградация которого идет на ИП в процессе подсушки ИАИ. Получены удельные показатели, характеризующие эмиссию загрязняющих веществ из ИАИ.

Полученные результаты положены в основу разработанной методики оценки воздействия иловых площадок на атмосферный воздух, аналог которой в Республике Беларусь в данное время отсутствует.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ БАКТЕРИЙ РОДА *Lactococcus*

А. Е. КРОТОВИЧ (асп.), Н. А. БЕЛЯСОВА (к.б.н.), А. А. МАСИЛЕВИЧ (студ. 5.к), БГТУ

Молочнокислые бактерии используются в составе заквасок при производстве кисломолочных продуктов. Они отличаются тем, что в их клетках обычно находится от 3 до 7 плазмид [1], которые содержат гены, отвечающие за ряд производственно ценных свойств. При элиминации плазмид из клеток, происходит утрата этих свойств, что приводит к образованию брака на производстве. Особенно часто элиминация плазмид осуществляется при хранении культур лактококков на полноценных средах. Целью настоящего исследования стало определение способов хранения, которые бы обеспечивали стабильное наследования плазмид и кодируемых ими свойств заквасочными бактериями.

В качестве объекта исследования использовали 10 штаммов бактерий рода *Lactococcus*, которые были выделены из различных источников окружающей среды [2]. Их хранили в разных условиях: методом субкультивирования в обезжиренном молоке при +5°С; методом замораживания (-20°С) в разных средах (в обезжиренном молоке; в молоке с добавлением криопротектора – 10 % сахарозы; в 30 %-ом растворе глицерина), а также столбиках под слоем вазелинового масла при +5°С. Через 6 месяцев хранения бактерии реанимировали и определяли их хозяйственно ценные свойства, а также плазмидный состав, согласно [3].

Обнаружено, что наибольшей выживаемостью (45–52 %) характеризуются бактерии, хранившиеся при замораживании в 30 %-ом растворе глицерина. У этих бактерий зарегистрирована наиболее высокая бродительная активность (титруемая кислотность при сквашивании молока 95–100°Т) и антагонистическая активность по отношению к бактериям *E. coli* J62 и *B. subtilis* 168, а также неизменный плазмидный состав. Сходным характером наследования свойств и плазмид отличались бактерии, хранившиеся методом замораживания в молоке с сахарозой, однако их выживаемость была ниже (30–38 %). В тоже время, у клеток *L. lactis* 409, хранение которых осуществлялось путем субкультивирования в молоке при +5°С, выявлены случаи утраты плазмид, которое коррелировало с существенными изменениями свойств.

1. Белясова Н. А., Кротович А. Е., Лапаник О. И., Гриц Н. В. Анализ наследования плазмид бактериями рода *Lactococcus* / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск: БГТУ, 2004. Вып. XII: Сер. IV, Химия и технология органических веществ. С. 189–192.
2. Кротович А. Е., Белясова Н. А., Овсянникова М. А., Гриц Н. В. Разработка схем выделения и идентификации бактерий рода *Lactococcus* / Труды БГТУ. Сер. IV. Химии и технологии орган. в-в. 2005. Вып. XIII. С. 84–86.
3. Klaenhammer T. R., McKay L. L., Baldwin K. A. Improved Lysis of Group N streptococci for Isolation and Rapid Characterization of Plasmid Deoxyribonucleic Acid / Appl. Environment. Microbiol. 1978. V. 35. P. 592–600.

ЛЮМИНОМЕТРИЯ КАК СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ЭКСПРЕСС КОНТРОЛЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е. Н. ЗЕЛЕНКОВА (студ. 5 к.), З. Е. ЕГОРОВА (к.т. н.), БГТУ

В последнее время санитарно-гигиенический мониторинг производства пищевых продуктов и напитков приобретает особое значение в связи с повсеместным внедрением систем НАССР (Hazard analysis and critical control points). При этом формирование и реализация комплекса мероприятий, направленных на соблюдение санитарно-гигиенических норм на предприятии и устранение риска микробиологической контаминации готовой продукции, предусматривает использование экспресс-методов контроля текущего санитарного состояния оборудования, помещений, тары, упаковки и других объектов производственной среды. В зарубежных странах для этих целей наибольшее распространение получил биолюминесцентный метод контроля чистоты поверхностей по бактериальной или соматической аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ). Отечественные пищевые предприятия только начали освоение этого экспресс-метода для оценки эффективности санитарной обработки технологического оборудования.

Учитывая это, целью данной работы было определение возможности количественной оценки санитарно-гигиенического состояния технологического оборудования методом люминометрии.

Исследования осуществляли после проведения санитарной обработки, предусматривающей применение дезинфицирующих средств, следующих видов технологического оборудования для розлива пива в различные виды потребительской тары: транспортёрных лент для подачи стеклянных бутылок и кегов, наливных трубок (для наполнения стеклотары), наливных головок (для наполнения кегов).

Оценку эффективности санитарной обработки проводили с применением люминометра «SystemSure II with Ultrasnap™ АТР». В качестве контроля использовали классические микробиологические показатели: общее микробное число и наличие бактерий группы кишечной палочки (БГКП) на 100 см² поверхности оборудования.

Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица Содержание микроорганизмов на поверхности технологического оборудования после его санитарной обработки

Метод определения	Количество микроорганизмов, КОЕ/100 см ² , на технологическом оборудовании			
	Транспортер подачи бутылок	Транспортер подачи кегов	Наливная трубка	Наливная головка
Люминометр	14	8	137	2
Чашечный	10	6	180	2

поверхности технологического оборудования.

Таким образом, полученные данные свидетельствовали о высокой схожести результатов и о целесообразности применения люминометрии как экспресс-метода контроля санитарно-гигиенического состояния

ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ХРАНЕНИЯ

К. М. ЖИХАРЕВА (студ. 4 к.), З. Е. ЕГОРОВА (к. т. н.), БГТУ

В некоторых источниках литературы имеются сведения о влиянии видового и количественного состава микрофлоры корнеплодов на изменение содержания в них нитритов в процессе длительного хранения. В нашей стране для промышленной переработки на различные продукты питания наиболее часто используют морковь. При неправильном хранении этого корнеплода происходит активный рост разнообразных микроорганизмов, в том числе и таких, которые способны редуцировать содержащиеся в корнеплодах нитраты в нитриты.

Учитывая вышеизложенное, целью наших исследований было изучение видового и количественного состава микрофлоры корнеплодов моркови в процессе ее хранения и выявление нитратредуцирующих представителей этой микрофлоры.

Объектом исследования были образцы моркови урожая 2005 г. до закладки и в процессе промышленного хранения. Отбор проб осуществляли каждые 15 сут., начиная с октября месяца.

При проведении работ использовали стандартные методы микробиологического контроля: определение количественного состава микрофлоры проводили по ГОСТ 10444.15 [1], морфолого-физиологические (окраска по Граму, спорообразование, подвижность) и биохимические (разжижение желатина, редукция нитратов в нитриты) исследования осуществляли общепринятыми методами [2].

В результате исследований было установлено, что количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в течение первых 2-х месяцев хранения практически не изменялось и составляло сотни тысяч – миллионы КОЕ в 1 г, а содержание психротрофных микроорганизмов – увеличилось в среднем на один порядок. Морфологические и биохимические исследования выделенных чистых культур микроорганизмов свидетельствовали о том, что спорообразующие микроорганизмы составляли около 40% всех представителей микробной популяции, а способность редуцировать нитраты в нитриты проявляли около 50% культур микроорганизмов.

Таким образом, полученные результаты в определенной степени подтверждают предположение других авторов о возможной роли поверхностной микрофлоры корнеплодов в накоплении в них нитритов и показывают целесообразность продолжения исследований в этом направлении.

1 ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Метод определения мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

2 Анализ и оценка качества консервов по микробиологическим показателям / Под общ. ред. Н. Н. Мазохиной-Поршняковой. М.: Пищевая промышленность, 1977. 204 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОСОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРОВ В ЛАБОРАТОРНОМ БИОРЕАКТОРЕ

А. И. ВЫСОЦКАЯ (студ. 5 к.), М. В. РЫМОВСКАЯ (асп. 2 с.), Н. С. РУЧАЙ (к.т.н.), БГТУ

Очистка сточных вод химических производств традиционным методом на биоочистных сооружениях осложняется негативным влиянием токсичных веществ, присутствующих в стоке, на жизнедеятельность биоценоза активного ила. Ужесточение требований к уровню загрязнённости сбрасываемой в коммунальную канализацию сточной воды обуславливает целесообразность создания на предприятиях высокоэффективных компактных установок для локальной очистки наиболее загрязнённых сбросов.

Среди известных в мировой практике новых методов детоксикации сточных вод [1] всё большее внимание привлекает биосорбционный процесс [2], сущность которого состоит в совмещении в одном аппарате процессов сорбции загрязнений высокоактивным сорбентом и биохимического окисления их с помощью ферментных систем микроорганизмов, иммобилизованных на том же сорбенте.

Цель настоящей работы состоит в исследовании биосорбционного процесса очистки сточной воды ОАО «Полимир» в анаэробном лабораторном биореакторе.

Объектом исследования являлась сточная вода предприятия с уровнем загрязнённости по ХПК 800-1000 мгО₂/л и рН 8-9,5.

Моделирование биосорбционного процесса обработки сточной воды осуществляли в лабораторном колонном биофильтре объёмом 1 л, заполненном активированным углем марки АГ-5 (фракция 1-1,5 мм) и частицами пенопласта (фракция 3-5 мм), размещёнными слоями по высоте аппарата. Загрузка биореактора обеспечивает иммобилизацию спонтанно развивающейся ассоциации анаэробных микроорганизмов-деструкторов.

Исследовано влияние удельной нагрузки на биореактор по загрязнению на эффективность очистки сточной воды в зависимости от скорости потока воды через биореактор. Определена оптимальная скорость потока сточной воды, удельная производительность биореактора по деструктируемым загрязнениям. Эти параметры являются важнейшими при расчёте конструкции биореакторов.

Результаты исследований могут быть использованы при создании технологии предварительной очистки сточной воды предприятий производства полимеров.

1. Водоотведение и очистка сточных вод / Яковлев С. В., Воронов Ю. В. М.: АСВ, 2002–704 с.

2. Клименко Н. А., Когановский А. М. / Биосорбция и биорегенерация активного угля в технологии глубокой очистки сточных вод // Химия и технология воды. 1997. Т. 19, № 2. С. 165–181.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИГУАНИДИНОВ

А. К. ВОРОШКЕВИЧ (студ. 5 к.), Н. А. БЕЛЯСОВА (к.б.н), БГТУ

Создание антисептиков, а также технологий их применения, как для дезинфекции, так и для борьбы с биоповреждениями различных материалов является одной из злободневных задач, стоящей перед химиками, микробиологами и технологами. Согласно современным требованиям, предъявляемым к биоцидным препаратам, химические соединения должны обладать широким спектром биоцидного действия и в то же время быть малоопасными для человека и среды его обитания [1]. Кроме того, они должны хорошо совмещаться с различными материалами и не вызывать их коррозионных повреждений [2]. Одними из наиболее перспективных антисептиков последнего времени, отвечающих этим требованиям, являются высокомолекулярные биоцидные препараты – полигуанидины.

Объектами исследования служили растворимые в воде соли полигуанидинов, синтезированные различными способами и содержащие в составе молекул в качестве противоионов катиона гуанидиния разные анионы. Подобраны параметры экспресс-методов определения микробостатической и микробиоцидной активности этих соединений, основанные на диффузии антисептиков в агар и определении выживаемости клеток при высеве обработанных антисептиками суспензий микроорганизмов на плотные питательные среды.

Исследование антимикробных свойств образцов полигуанидинов показало, что все они обладают микробостатическим действием по отношению к тест –культурам бактерий (4 вида грамотрицательных и грамположительных прокариот), дрожжей (представители 2-х родов) и мицелиальных грибов (представители 4-х родов) характеризуются широким спектром действия и высокой активностью. Микробиоцидные свойства этих антисептиков проявлялись в концентрации 0,01-0,05%, при этом выживаемость культур бактерий и дрожжей снижалась на 2-3 порядка. Наибольшей бактерицидной и фунгицидной активностью обладали образцы полигексаметиленгуанидин хлорида, наименьшей –полигексаметиленгуанидин фторида.

1. Экологически безопасные полимерные биоциды. Сб. статей ИЭТП, М.: 2000.

2. Биоповреждения. Обращение и защита от него./ Под ред. Б. В. Бочарова, М.: 1996.

ОЧИСТКА СТОЧНОЙ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ В АНАЭРОБНЫХ БИОРЕАКТОРАХ

Е. В. БЛАЖКО (студ. 5 к.), М. В. РЫМОВСКАЯ (асп. 2 з.), Н. С. РУЧАЙ (к.т.н.), БГТУ

Предприятия пищевой промышленности в подавляющем большинстве не располагают собственными очистными сооружениями. Сброс сточной воды в городскую канализационную сеть ограничен нормированным уровнем загрязнённости. В связи с этим возникла необходимость в создании компактных малоэнергозатратных установок для предварительной очистки сточной воды. В настоящее время все более широкое применение в практике находят природоохранные технологии с использованием анаэробных биореакторов с иммобилизованными микроорганизмами [1, 2].

Цель настоящих исследований – разработка технологии локальной очистки сточной воды дрожжевого производства.

Объектом исследования являлась сточная вода ОАО «Дрожжевой комбинат» с уровнем загрязнённости по ХПК 1800–2200 мгО₂/л.

Исследован процесс анаэробной очистки сточной воды в проточных биореакторах со спонтанно развивающимися иммобилизованными микроорганизмами: анаэробном биофилтре с волокнистой загрузкой в виде насадки «ВИЯ» и в биосорбере с активированным углем. Показана возможность очистки сточной воды дрожжевого производства на 70–80% по ХПК в мезофильных условиях (температура 30–35 °С) при скорости разбавления среды в аппарате 0,05–0,07 ч⁻¹. Установлена необходимость предварительной нейтрализации сточной воды до величины рН 6–6,5, что обеспечивает оптимальные условия для функционирования метаногенного сообщества микроорганизмов, осуществляющих глубокую деструкцию загрязнений. Определена удельная производительность биореакторов по деструктируемым загрязнениям, продолжительность анаэробной обработки сточной воды в биореакторах. Сделан вывод о целесообразности применения анаэробного процесса для предварительной очистки сточной воды производства хлебопекарных дрожжей.

Результаты исследований могут быть использованы при создании технологии локальной очистки сточной воды предприятий по производству хлебопекарных дрожжей.

1. Калужный С. В., Данилович Д. А., Ножневникова А. Н. / Анаэробная, биологическая очистка сточных вод // Итоги науки и техники. Сер. биотехнол. М.: ВИНТИ, 1991. № 29. 187 с.

2. Обзор современного состояния анаэробной очистки сточных вод бродительных производств. / Гладченко М. А., Скляр В. И., Калужный С. В., Щербаков С. С.// Техника и технология 2002. № 2. С. 14–17.

СОРБЦИЯ ТОРФОМ НЕКОТОРЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

А. В. БЕКША (магистр.), С. М. ЛЕЩЕВ (д. хим. н.), БГУ

Одним из перспективных направлений применения торфа является сорбционная очистка сточных вод. Были проведены исследования сорбции ароматических соединений. В качестве сорбентов использовались натуральные и модифицированные кислотнo-щелочной обработкой торфа верхового и низинного типов. В работе использовались водные растворы бензола, толуола, фенола, анилина, нафталина, 1-метилнафталина, 2-нафтола. На низинном торфе также изучалась сорбция фенантрена. В случае плохо растворимых веществ использовались насыщенные водные растворы, а из хорошо растворимых в воде соединений готовились растворы с концентрацией не более 0,1 моль/л. Концентрация веществ в растворе определялась до и после сорбции экстракционно-фотометрическим методом либо методом газо-жидкостной хроматографии. На основании полученных данных вычислялись коэффициенты распределения.

Сравнение значений коэффициентов распределения для одного и того же вещества показывает, что природный низинный торф обладает наилучшей сорбционной способностью по сравнению с другими образцами. Главным образом, это относится к сорбции гидрофобных соединений. В ряду веществ с одним бензольным кольцом фенол – анилин – бензол – толуол и двумя сопряженными кольцами 2-нафтол – нафталин – 1-метилнафталин значения коэффициентов распределения возрастают на всех образцах торфа в указанном порядке. Вероятно это связано с увеличением сродства торфа к сорбируемым веществам при переходе от соединений, содержащих гидрофильные функциональные группы, к соединениям с гидрофобными группами. Сорбция на низинном природном торфе бензола, нафталина и фенантрена показывает, что увеличение числа сопряженных бензольных колец в молекуле вещества приводит к росту коэффициентов распределения. Значения логарифмов коэффициента распределения нафталина, по сравнению со значением для бензола, и фенантрена, по сравнению со значением для нафталина, возрастают примерно в 1,6 раз. Известно, что при распределении веществ между двумя несмешивающимися жидкостями наблюдается аддитивное возрастание примерно на одну и ту же величину логарифмов констант распределения с переходом от первого к последующим членам гомологического ряда [1]. Скорее всего, данные, полученные в работе, свидетельствуют о сходстве процессов распределения вещества, протекающих между твердым сорбентом и жидкостью, с изученными ранее системами, в которых обе фазы являются жидкими.

И. Коренман И. М. Экстракция в анализе органических веществ. М.: Химия, 1977. 200 с.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОАГУЛЯНТОВ И ФЛОКУЛЯНТОВ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Ю. Л. ГОЛУБЕВ (студ. 4 к.), Д. Д. ГРИНШПАН (к.х.н.), НИИ ФХП БГУ

В технологии очистки поверхностных вод для целей питьевого водоснабжения удаление взвешенных и коллоидно-дисперсных частиц минерального и биологического происхождения осуществляется при помощи коагулянтов на основе солей алюминия. Это позволяет снижать цветность, бактериальную загрязненность, мутность, а в отдельных случаях – запах и привкус воды.

В течение года состав наземных вод меняется в зависимости от интенсивности паводков и дождей, протекающих физико-химических (стагнаций) и биологических (развитие планктона) процессов. В периоды резкого ухудшения качества воды применяемые концентрации коагулянтов не позволяют достигать необходимой степени ее очистки, а увеличение концентрации реагентов может привести к превышению норм по содержанию остаточного алюминия (0,5 мг/дм³), установленных СанПиНом 10-124 РБ 99.

В таких условиях целесообразным является совместное использование коагулянтов и флокулянтов – органических полиэлектролитов, интенсифицирующих процесс коагуляции. К сожалению, коагуляция и флокуляция зачастую проводится в неоптимальных условиях, что связано с малой изученностью этих процессов.

Целью данной работы явилось проведение лабораторных исследований по использованию различных коагулянтов (Al₂(SO₄)₃, Al(OH)₂Cl (Полвак)) и флокулянтов (полиакриламиды ПРАЕСТОЛ марок TR 2515, 2530, 2540, 611, 650, Фосфопаг, Биопаг, К-110С). В качестве объекта исследования были использованы поверхностные воды Вилейско-Минской водной системы, поступающие на водоочистную станцию (ОВС) г. Минска. Качество получаемой после очистки воды контролировали по показателям цветности и мутности, с использованием фотокolorиметрических методик определения, описанных в СанПиНе 10-124 РБ 99.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы: оксихлорид алюминия обладает большей коагулирующей способностью по сравнению с сульфатом алюминия. Наиболее сильным флокулирующим действием из биоцидных флокулянтов (Фосфопаг и Биопаг) обладает Биопаг, что следует как из результатов по улучшению качественных показателей, так и по минимальной концентрации флокулянта, необходимой для получения максимального эффекта. Из флокулянтов, не относящихся к классу бактерицидных, лучшие результаты по очистке воды были получены при использовании флокулянта ПРАЕСТОЛ TR 611.

Таким образом, введение в процесс очистки воды флокулянтов позволит расширить возможности ОВС по управлению процессом водоподготовки, особенно в периоды резкого ухудшения качества исходной воды. При использовании флокулянтов появится возможность выдерживать контролируемые параметры в пределах ПДК без повышения дозы коагулянта, а в «спокойные» месяцы существенно (в 1,5 раза) снизить его расход.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФИТОСТЕРИНОВ ИЗ РАПСОВОГО МАСЛА ФЕРМЕНТАТИВНЫМИ СИСТЕМАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ ЦИТОХРОМ P450SCC

Я. В. ФАЛЕТРОВ (асп. I г.), В. М. ШКУМАТОВ (д.б.н., проф.), БГУ

Важные классы биологически активных и лекарственных веществ представляют собой стероиды (стероидные гормоны, витамины D, желчные кислоты, оксистерины, сапонины и т.д.). Глюкокортикоидные и минералокортикоидные гормоны являются прегнанами К С21-стероидам относятся глюкокортикоидные и минералокортикоидные гормоны. Современный промышленный синтез их осуществляется либо через химическую модификацию стероидного сапогенина диосгенина, получаемого главным образом из корней дикого ямса (*Dioscorea composita*) либо по химико-микробиологической схеме, которая включает стадии присоединения при помощи магний-органических соединений С20-С21 диуглеродного фрагмента по С17 кетогруппе андрост-4-ен-3,17-диона, получаемого микробиологической конверсией фитостеринов *Micobacterium* sp. Фракции фитостеринов – дешевые побочные продукты, получаемые при промышленной обработке целлюлозы и рафинировании растительных масел. Сложность в получении больших количеств диосгенина и недостатки методов крупномасштабного синтеза с использованием магний-органических соединений способствуют поиску альтернативных подходов синтеза С21-стероидов. Исследование рекомбинантных организмов в роли биокатализаторов синтеза субстанций лекарств является новым и одним из приоритетных направлений биохимических, биотехнологических и фармацевтических исследований.

Исследования проводили с использованием спектрофотометрических и хроматографических методов.

В работе исследованы биотрансформация смеси растительных фитостеринов из рапсового масла ферментной системой с цитохромом P450scs из коры надпочечников и рекомбинантными дрожжами, экспрессирующие этот цитохром P450scs. Цитохром P450scs катализирует селективное расщепление С20-С22 связи холестерина с образованием С21-стероида прегненолона. Смесь растительных стеринов из рапсового масла содержит аналоги холестерина β -ситостерин (40%) и кампестерин (33%), а также Δ 22-стерин брассикастерин (30%). Определены параметры ферментативных трансформаций *in vitro* и *in vitro* указанной смеси фитостеринов и ее отдельных компонентов по сравнению с таковыми, для холестерина. Установлено, что брассикастерин обратимо ингибирует P450scs.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ РАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ ЧАЯ И КОФЕ»

М. В. ЗАЙЦЕВ (студ. 4 к.), Е. А. БОБКОВА (студ. 4 к.), С. Г. КОНСТАНТИНОВ (к.хим.н.), МГУП

Биологическая ценность чая и кофе обусловлена, в первую очередь, составом экстрактивных веществ. Чай, в зависимости от его разновидности, состоит на 30–50% растворимых в воде веществ. Из растворимых веществ наиболее важными являются дубильные вещества, эфирные масла, алкалоиды, аминокислоты, пигменты и витамины. Дубильные вещества составляют 15–30% чая и представляют собой сложную смесь порядка 30 полифенольных соединений, состоящую из танина и различных катехинов, полифенолов и их производных. Существенным компонентом чая являются и алкалоиды. Среди них наиболее известным является кофеин, который в чайном листе частично находится в соединении с танином в виде окситеаниата, или танната кофеина. Содержание кофеина в кофе зависит от целого ряда факторов: от ботанического вида – арабика или робуста, региона Земли – Азия, Африка, Америка, страны произрастания, сорта, товарной формы – сырые кофейные зерна, жареный кофе в зернах, молотый кофе, растворимый кофе и всевозможные кофейные напитки. Всего доля растворимых веществ в кофе может достигать 30%.

Содержание танина и кофеина может быть определено различными методами. Целью данного исследования являлось нахождение доступных методов количественного определения танина и кофеина в различных образцах чая и кофе. Важность такой работы обусловлена еще и тем, что рынок республики наводнен дорогостоящими подделками и суррогатами чая и кофе, небезопасными для здоровья.

Содержание танина нами определялось в зеленом крупном байховом элитном китайском «Императорском чае» путем осаждения танната свинца. Его выход составил 3,2% от массы сухого чая, что говорит о его невысоком содержании в данном сорте чая. Содержание кофеина в данном образце чая определяли сублимационным методом, в котором использовали способность кофеина сублимироваться при температурах ниже температуры плавления (234°C). Было установлено, что содержание кофеина составляет 3,6%. Содержание кофеина в кофе растворимом порошкообразном “Pele”, определенного тем же методом, составило 1,9%.

Важной характеристикой кофе является общее содержание экстрактивных веществ. Для определения массовой доли экстрактивных веществ в жареном молотом натуральном кофе «МК» использовали рефрактометрический метод. Для жареного молотого натурального кофе «МК» она составила 34,5%.

Таким образом, ввиду доступности рассмотренных в работе методов, они могут быть рекомендованы к использованию в лабораторных работах по контролю качества чая и кофе как в курсах аналитической и физколлоидной химии, так и в лабораторных практикумах спецкурсов в вузах пищевого профиля.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОКОЛИЧЕСТВ АЛЮМИНИЯ (III) В КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

В. В. СУРИМТО (студ. 3 к.), И. В. ЮРЬЕВА (ассист.), БГТУ

Пищевые объекты с точки зрения элементарного состава представляют собой сложные системы. Количество методов определения примесей металлов в пищевых продуктах весьма ограничено, методики анализа полного минерального состава пищевых продуктов немногочисленны. Актуальное значение в настоящее время приобрела проблема контроля пищевых продуктов на содержание в них токсических металлов (ртути, мышьяка, кадмия, свинца, а в последнее время и алюминия), попадающих в продукты питания вследствие загрязнения окружающей среды, в процессе технологической обработки, при хранении в металлической таре. Последующее накопление их в организме может привести к серьезным заболеваниям. С учетом обострения неблагоприятной экологической ситуации, недостаточно безопасных условий труда на производствах, а также особой популярности среди населения алюминиевой посуды задача определения микроколичеств алюминия в продуктах питания, представляется весьма актуальной. Систематизация имеющихся методов анализа, выбор наиболее перспективных направлений по теме и дальнейшая разработка методики определения Al (III), обладающей высокими метрологическими характеристиками, позволит решить указанные проблемы.

Цель работы – разработка методики определения микроколичеств Al (III) в продуктах питания. Объект исследования – кисломолочные продукты питания. Методы проведенных исследований: спектрофотометрия (спектрофотометр СФ-46 с микропроцессором), рН-метрия (иономер И – 160 с микропроцессором, индикаторный электрод – стеклянный ЭСЛ – 43 – 07; электрод сравнения – хлоридсеребряный ЭВЛ – 1М3), программируемая 2-камерная печь для подготовки проб к анализу ПДП-18М.

В результате анализа литературных данных и проведенных исследований выбраны оптимальные условия проведения фотометрической реакции и измерений. Предложена простая и экспрессная методика определения Al (III) в виде комплекса с метилтимоловым синим. Проведена ее апробация на кисломолочных продуктах питания (кефир, сметана). По сравнению с существующими методиками оптимизированы условия проведения фотометрической реакции (рН среды, температура), проанализирована возможность получения линейного интервала калибровочного графика, а также предложен более рациональный прием нахождения концентрации Al (III) в анализируемом растворе по результатам измерения. Полученная методика может применяться лабораториями пищевых предприятий, сертификационными лабораториями и учреждениями здравоохранения для анализа пищевых и биологических проб на содержание Al (III).

СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ЭНТЕРОСОРБЕНТНЫХ ПРЕПАРАТАХ

А. Г. РАДЕВИЧ (магистрант), ВГУ им. П. М. Машерова

Интенсивная урбанизация и развитие промышленности на современном этапе сопряжены с уровнем загрязнения воды, почвы и воздуха экзотоксинами. Последние, проникая в организм животных ингаляционным или энтеральным путями могут снижать резистентность, приводить к развитию различных заболеваний, а в некоторых случаях - даже к смерти. Энтеросорбция - эфферентный метод, основанный на связывании и выведении из организма через желудочно-кишечный тракт с лечебной или профилактической целью эндогенных и экзогенных веществ, надмолекулярных структур и клеток.

Цель работы: определение адсорбционной способности по фармакопейным веществам - маркерам различных энтеросорбентных препаратов. Объект исследования: аэросил марки А- 380 (Орисил; Ивано-Франковск, Украина), микрокристаллическая целлюлоза марки 51 (МКЦ, Гамбург, Германия), белая глина (Голландия), клептоза (ОСП, ЕС), композиционный сорбент («Рубикон», Витебск, Беларусь).

В работе использованы методики определения адсорбционной активности по метиленовому синему (ТУ- 6-09- 29- 76) и альбумину в вариантах, адаптированных к анализу энтеросорбентов [1]. Аналитическая детекция концентраций МС и альбумина проводилась с помощью спектрофотометрии (СФ- 2000).

Полученные экспериментальные значения сорбционной ёмкости исходных ЭС показали, что в зависимости от характера поверхности, преобладания пор определённого радиуса, наличия функциональных групп различные сорбенты показали преимущественную сорбцию определённых токсикантов. Наибольшее значение адсорбционной активности по метиленовому синему показали сорбенты с большим процентом пор малого и среднего диаметра (белая глина, композиционный материал). Следовательно, эти сорбенты обладают выраженной сорбцией низко - и среднемолекулярных токсикантов. Данные адсорбции с использованием красителя метиленового синего использованы для построения изотерм адсорбции. Однако уравнения Фрейндлиха оказалось не применимо к данным процессам. В то время как уравнение Лэнгмюра удовлетворительно описывает процессы сорбции на аэросиле, МКЦ и глине в узком интервале концентраций.

1. Решетников, В. И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм. // Химико-фармацевтический журнал. 2003. №5. С. 28-32.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭФИРНОГО МАСЛА СОСНЫ МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

О. М. ОЖОГ (студ. 3 к.), С. А. ЛАМОТКИН (ст. преп.), БГТУ

В настоящее время во всем мире значительное внимание уделяется вопросам изучения влияния различных техногенных факторов на биологические объекты, а также определения биологических индикаторов экологической обстановки.

В связи с этим целью данной работы было изучение влияния техногенных факторов на качественный и количественный состав эфирных масел сосен произрастающих вдоль кольцевой дороги г. Минска. Анализировались образцы древесной зелени, отобранные в сосняках естественного происхождения с деревьев 20-40 летнего возраста.

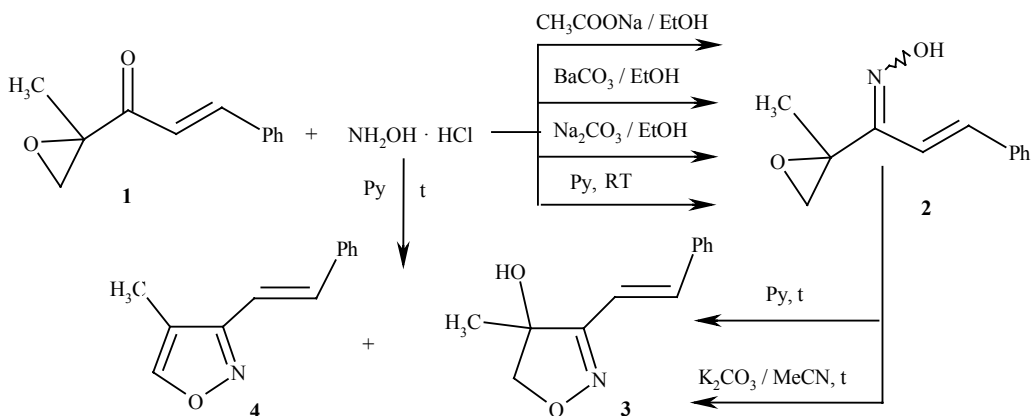
Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции, а количественный выход определяли волюметрически. Качественный и количественный анализ выделенных эфирных масел проводили методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе Цвет-800. Для разделения компонентов использовали кварцевые капиллярные колонки с жидкими фазами ПЭГ-2000 и SE-70. Идентификацию отдельных компонентов проводили с использованием эталонных соединений, а также на основании известных литературных данных по индексам удерживания отдельных соединений. Определение содержания Pb, Cr, Zn в зольных остатках хвои проводили методом атомноадсорбционного анализа. Подготовку образцов для определения в них валового содержания тяжелых металлов проводили традиционным методом.

Таким образом в настоящей работе проведен анализ содержания токсичных элементов в хвое и качественный и количественный состав эфирных масел сосен произрастающих вдоль кольцевой дороги г. Минска. Выявлено максимальное содержание Pb и Cr в образцах, отобранных в южной и юго-восточной окраинах города, где сосредоточено значительное количество крупных промышленных объектов (МАЗ, тракторный завод, ТЭЦ и т.д.). Также при рассмотрении динамики изменения фракционного состава эфирных масел следует отметить, что с увеличением техногенной нагрузки возрастает содержание кислородсодержащих соединений. Такую закономерность можно объяснить, во-первых, возрастанием доли окислительных процессов, протекающих под воздействием различного рода поллютантов, а во-вторых, под воздействием токсичных элементов могут изменяться механизмы биосинтеза компонентов эфирных масел. Следовательно, компонентный состав эфирных масел и содержание отдельных компонентов существенно зависят от степени загрязненности территории и могут использоваться в качестве индикатора экологической обстановки региона.

СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ОКСИМА 1-(2-МЕТИЛ-ОКСИРАНИЛ)-3-ФЕНИЛ-ПРОПЕНОНА

С. В. НЕСТЕРОВА (асп.), БГТУ

Одним из перспективных классов органических соединений являются оксимы, которые используются для диагностики различных форм диабета и раковых заболеваний. Кроме того, они представляют собой объект для дальнейшей синтетической модификации, поскольку их производные могут обладать широким спектром биологической активности. В продолжение изучения химии α,β -ненасыщенных эпоксикетонов наше внимание было акцентировано на получении оксимов последних. Наличие в субстрате нескольких потенциальных центров нуклеофильной атаки позволяет получить вещества с различной функционализацией при варьировании условий проведения синтеза. Однако, это создает препятствия для выделения оксимов как индивидуальных соединений, поскольку результатом реакции является смесь продуктов циклизации и сопряженной конденсации.



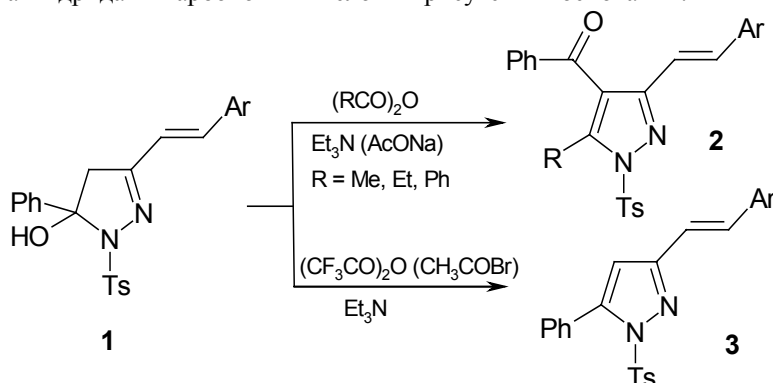
Апробация различных методик показала, что реакция 5-фенил-2-метил-1,2-эпокси-4-пентен-3-она **1** с гидроксиламином, проводимая в мягких условиях, является наиболее селективным процессом, обеспечивающим максимальный выход оксима **2**. Последующее его нагревание в присутствии основания ведет к циклизации с образованием 4-изоксазолина **3**, а также продукта его дегидратации, изоксазола **4**. Структура полученных соединений доказана на основании данных ИК-, ПМР-спектроскопии и масс-спектрометрии.

РЕАКЦИЯ 3-(2-АРИЛВИНИЛ)-5-ГИДРОКСИ-1-ТОЗИЛ-5-ФЕНИЛ-4,5-ДИГИДРОПИРАЗОЛОВ С АНГИДРИДАМИ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

К. Н. ГРИНЬКО (студ. 4 к.), Т. А. КОВАЛЬЧУК (ассист.), БГТУ

Соединения, содержащие пиразольное кольцо, в природе представлены достаточно ограниченно. В то же время, в промышленности, сельском хозяйстве и медицине синтетические производные пиразола находят широкое применение. Особого внимания заслуживают арилзамещенные пиразолы, на базе которых созданы препараты, способные специфически блокировать каннабиноидные рецепторы [1]. В связи с этим, синтез новых производных ряда пиразола, структурно подобных выявленным биологически активным соединениям, остается актуальным.

С целью синтеза новых производных ряда пиразола и дальнейшего их исследования на способность связываться с биорецепторами нами была изучена реакция 3-(2-арилвинил)-5-гидрокси-1-тозил-5-фенил-4,5-дигидропиразолов **1** с ангидридами карбоновых кислот в присутствии оснований.



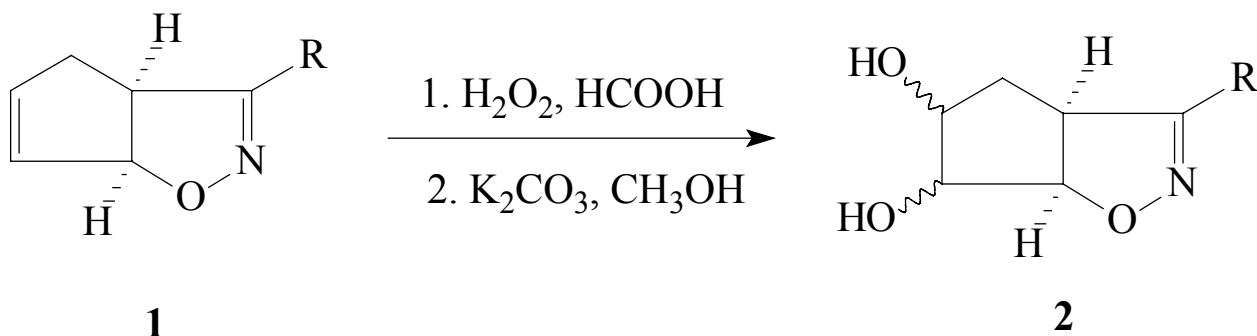
Из литературы известно, что 5-гидрокси-2-пиразолины под действием ангидридов кислот подвергаются дегидратации, а в случае N-ацилзамещенных пиразолинов возможно также переацилирование [2,3]. Нами установлено, что характер образующихся продуктов зависит от используемого ацилирующего агента. Так, ангидриды уксусной, пропионовой и бензойной кислот приводят к образованию соответствующих 4-бензоил-5-R-пиразолов **2**, в то время как введение в реакцию ангидрида трифторуксусной кислоты или бромангидрида уксусной кислоты ведет к продуктам дегидратации исходных пиразолинов – 5-фенилпиразолам **3**.

- 1 Liu Q., Makriyannis A. // Пат. EP № 1224173 (2002).
- 2 Al-Hajjar F.S., Sabri S.S. // J. Heterocyclic Chem. 1986. Vol. 23. P. 727–729.
- 3 Зеленин К. Н., Алексеев В. В., Зеленин А. К., Сушкова Ю. С. // ХГС. 1999. № 1. С. 90–96.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ 3-ЭТИЛЦИКЛОПЕНТ-5-ЕН[d]ИЗОКСАЗОЛИНА

А. А. ДРАПЕЗА (студ. 3 к.), А. Ю. Сидоренко (студ. 3 к.), И. П. АНТОНЕВИЧ (к. х. н.), БГТУ

Изучение реакции окисления двойной связи 3-этилциклопент-5-ен[d]изоксазолин (**1**) под действием перекиси водорода в муравьиной кислоте было предпринято для разработки способов введения в цикlopentanовое кольцо кислородных функций, характерных для простаноидов.



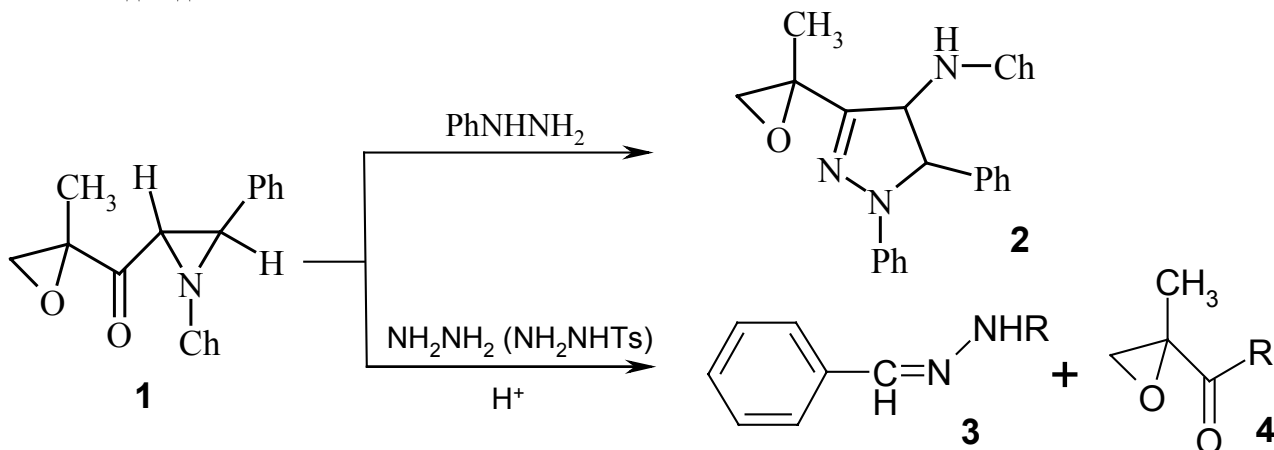
Реакцию проводили при комнатной температуре с последующим гидролизом промежуточно образующихся формиатов. В результате был получен с высоким выходом продукт, который представлял собой смесь стереоизомерных вицинальных диолов (**2**). Исходный изоксазолиноциклопентен (**1**) был синтезирован посредством реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения к цикlopentadiену нитрилоксида, генерированного из 1-нитропропана действием фенилизотиоцианата [1].

1. Антонец И. П., Каток Я. М., Стрижаков Д. А., Галах Р. В. Взаимодействие цикlopentadiена с нитрилоксидными диполями // Труды БГТУ. Сер. химии и технологии орган. в-в. 2004. Вып. XII. С. 45–49.

РЕАКЦИЯ АЗИРИДИНИЛОКСИРАНИЛКЕТОНА С НУКЛЕОФИЛЬНЫМИ РЕАГЕНТАМИ

И. А. КНЯЗЕВА (студ. 3 к.), Я. М. КАТОК (к.х.н.), БГТУ

С целью синтеза новых арилзамещенных пиразолов была изучена реакция азиридилоксиранилкетона **1** [1] с нуклеофильными реагентами: гидразингидратом, фенилгидразином и тозилгидразином. Установлено, что в реакции с фенилгидразином в диэтиловом эфире с выходом 65-70 % образуется оксиранилпиразолин **2** – продукт первоначальной атаки по карбонильной группе с последующей циклизацией по азиридиновому циклу. В случае использования гидразингидрата и тозилгидразина нуклеофильная атака происходит по азиридиновому фрагменту с его последующим раскрытием и образованием смеси продуктов, одним из которых является гидразон бенальдегида **3**.



1 Звонок А. М., Кузьменок Н. М., Станишевский Л. С., ХГС, 880, (1980).

ВЛИЯНИЕ АМИНОКИСЛОТ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ НА РАЗЛИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ С УЧАСТИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ РАДИКАЛОВ

В. В. ВЫСОЦКИЙ (асп. 3 з.), БГУ

Одним из механизмов повреждающего действия радиации на биосистемы, помимо свободнорадикального окисления, может быть инициация процессов фрагментации биологически важных веществ, в которых принимают участие углеродцентрированные радикалы (УЦР), продуцируемые активными формами кислорода [1,2]. Возрастание внимания к исследованию данного типа превращений обуславливает интерес к изучению аминокислот (АК) в качестве объектов возможного регулирования процессов с участием УЦР и предотвращения негативных последствий для организма. Малая изученность АК в таком качестве делает работу актуальной и определяет её цель.

В виде объектов превращений были выбраны УЦР α,D-метилглюкопиринозида и этанола, так как с их участием протекают различные процессы: фрагментации (конечный продукт – метанол), рекомбинации (2,3-бутандиол) и диспропорционирования (ацетальдегид). Генерирование данных радикалов и иницирование гомолитических реакций осуществлялось действием γ-излучения (¹³⁷Cs) на соответствующие водные растворы, предварительно деаэрированные продувкой аргоном. В качестве объектов исследования по влиянию на протекание вышеперечисленных процессов были использованы сульфгидрилсодержащие АК и их производные (цистеин, цистамин, глутатион), гетероциклические АК (гистидин и имидазол), а также аргинин и аланин. Анализ молекулярных продуктов стационарного радиолиза выбранных модельных систем проводился газохроматографически с использованием кварцевой капиллярной колонки.

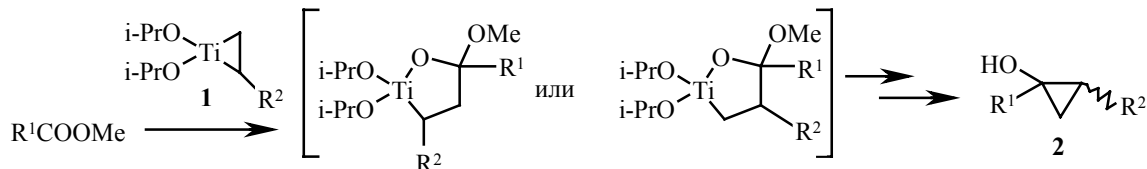
В результате эксперимента были получены данные по выходам конечных продуктов радиолиза водных растворов α-метилгликозида и этанола в присутствии добавок вышеперечисленных соединений, позволяющие сделать вывод, что гетероциклические АК и серосодержащие соединения способны регулировать протекание гомолитических процессов с участием α-гидроксилсодержащих радикалов, изменяя направление реакций в сторону уменьшения продуктов окисления, рекомбинации и фрагментации. Этот факт свидетельствует о восстановительной активности данных соединений по отношению к УЦР, причём сульфгидрилсодержащие добавки проявляют восстановительную активность в большей степени. Известно, что гетероциклические АК и серосодержащие соединения являются родоначальниками распространенных классов радиопротекторов, и полученные данные позволяют предположить возможные механизмы их радиозащитного действия.

1. Halliwell B. and Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine, 3th Ed. / Clarendon Press, Oxford. 1999.
2. Kisel M. A. and Shadyro O. I. Biochemical and biophysical consequences of free radical fragmentation of lipids in membranes. / In 5th Symposium Free Radicals in Biology and Medicine. Abstracts, Łódź, June 7–10, 2000, p. 44.

РЕГИО- И СТЕРЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ДИАЛКОКСИТИТАНАЦИКЛОПРОПАНОВ СО СЛОЖНЫМИ ЭФИРАМИ

Д. Г. КАНАНОВИЧ (асп. 2 г.), БГУ

Замещенные диалкоксититанацклопропаны **1** реагируют со сложными эфирами с образованием *цис*-дизамещенных циклопропанолов **2**. Преимущественное образование *транс*-**2** наблюдается только для сложных эфиров с R¹=*втор*- или *трет*-алкил [1]. Эта реакция может протекать по двум направлениям, в зависимости от того, какой из атомов углерода **1** в первую очередь атакует карбонильную группу сложного эфира.



На основании квантово-химических расчетов было предположено [2], что к экспериментально наблюдаемой стереоселективности приводит атака незамещенным атомом углерода **1**, а альтернативное направление не реализуется. Мы подвергли эту гипотезу экспериментальной проверке, изучив стереоселективность внутримолекулярной циклизации ряда β-металлокетонов (металл=Ti, Mg, Zn) с образованием дизамещенных циклопропанолов **2**, тем самым смоделировав последнюю стадию механизма реакции между **1** и сложным эфиром. Установлено, что *цис*-стереоселективное образование **2** является особенностью исключительно β-титанокетонов. Стереохимические результаты изученных превращений свидетельствуют в пользу того, что реакция между **1** и сложным эфиром может протекать по двум направлениям. Атака незамещенным атомом углерода **1** реализуется для эфиров с R¹=*перв*-алкил, в то время как сложные эфиры с R¹=*втор*-, *трет*-алкил реагируют по альтернативному направлению. В ходе исследований разработан удобный метод получения *транс*-**2** путем внутримолекулярной циклизации β-цинккетонов. Структура и стереохимическая конфигурация синтезированных *цис*- и *транс*-дизамещенных циклопропанолов была подтверждена с помощью ЯМР-спектроскопии (¹H, ¹³C-ЯМР, измерение ядерных эффектов Оверхаузера). Полученные результаты находят применение в стереоселективном синтезе циклопропанолов **2** и синтетически полезных веществ на их основе.

1. Chaplinski V. Titan-vermittelte Cyclopropanierung der Carbonylgruppe in Carbonsäurederivaten. Dissertation / Göttingen, 1995.

2. Wu Y.-D., Yu Z.-X. A theoretical study on the mechanism and diastereoselectivity of the Kulinkovich hydroxycyclopropanation reaction / J. Am. Chem. Soc. 2001. V. 123. P. 5777–5786.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ ИОННЫХ АССОЦИАТОВ СУЛЬФОФТАЛЕИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ И ТРИНИЛОКТАДЕЦИЛАММОНИЯ С ВЫСШИМИ КАРБОНОВАМИ КИСЛОТАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ФАЗЫ И ПРИРОДЫ СУЛЬФОФТАЛЕИНОВОГО КРАСИТЕЛЯ

А. Ю. ПЕТРОВ (асп. 2 г.), Е. М. РАХМАНЬКО (проф, д.х.н.), БГУ

Исследовано равновесие реакций ионных ассоциатов сульфопталеиновых красителей и тринилоктадециламмония с высшими карбоновыми кислотами в зависимости от природы сульфопталеинового красителя и состава органической фазы. Накоплен экспериментальный материал для усовершенствования предложенной ранее методики определения примесей карбоновых кислот в органических растворителях, реактивах, пищевых и машинных маслах и других объектах, основанной на взаимодействии органических кислот с цветореагентом - ионным ассоциатом сульфопталеинового красителя бромтимолового синего с катионом тринилоктадециламмония, и распространения этого метода на определение фенолов и их производных. Показано, что состав органической фазы оказывает сильное влияние на значение константы равновесия реакции ионного ассоциата сульфопталеинового красителя и тринилоктадециламина с карбоновыми кислотами. Отмечено, что наибольшее значение константы равновесия наблюдается в малополярных средах, в то время как небольшие добавки полярных растворителей значительно уменьшают значение константы равновесия. Обнаружено, что зависимость логарифма константы равновесия исследуемой реакции от рK_a сульфопталеина имеет линейный характер с тангенсом угла наклона больше единицы, что может быть объяснено дифференцирующим эффектом органического растворителя.

Разработанная методика определения общей кислотности в малополярных органических средах отличается простотой исполнения, отсутствием пробоподготовки, высокой точностью и чувствительностью. На основании полученных данных возможна разработка новой методики совместного дифференцированного определения кислот различных классов, например смесей карбоновых кислот и нитрофенолов.

УДОБНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА N-ЗАМЕЩЕННЫХ АЗОБИСТЕТРАЗОЛОВ И ИХ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА

Т. В. СЕРЕБРЯНСКАЯ (студ. 5 к.), П. Н. ГАПОНИК (д.х.н.), БГУ

Интерес к синтезу и свойствам биядерных тетразолов, значительно возросший в последние годы, обусловлен перспективой их использования в качестве хелатирующих агентов, а также создания одно-, двух- и трехмерных супрамолекулярных объектов на основе их металлокомплексов с уникальными магнитными, оптическими и другими необычными свойствами. На данный момент наиболее исследованной группой биядерных тетразолов являются бистетразолилалканы. Сведения о комплексах функциональносвязанных бистетразолов ограничены и носят отрывочный характер. Во многом это было обусловлено сложностью получения лигандов.

Целью данной работы было:

- разработка удобного метода синтеза азопроизводных на основе ряда N-замещенных 5-аминотетразолов с использованием доступных реагентов;

- исследование взаимодействия полученных азобистетразолов с хлоридом меди (II).

В результате данного исследования был предложен новый, удобный и эффективный метод синтеза N-замещенных азобистетразолов. На примере ряда 5-аминотетразолов было показано, что кипячение растворов N-бромсукцинимиды и 5-аминотетразолов в хлористом метиле или ацетонитриле в присутствии азобисизобутиронитрила в течение нескольких часов позволяет получать азобистетразолы с выходом 40-60%. Структуры соединений подтверждены данными ИК-, ЯМР-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа.

На примере взаимодействия 5,5'-азобис(1-метилтетразола) (abmt) с $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ изучено комплексообразование N-замещенных азобистетразолов. В отличие от бистетразолов с углеводородными мостиками abmt не реагирует с хлоридом меди(II), а в более жестких условиях в присутствии водотнимающего средства были получены комплексные соединения одновалентной меди $(\text{CuCl})_2\text{abmt}$ и $\text{CuCl}(\text{abmt})$. По данным рентгеноструктурного анализа оба комплекса представляют собой линейные координационные полимеры с различным строением координационной сферы Cu(I), при этом тетразольный лиганд выступает в качестве мостикового и хелатирующего лиганда за счет участия в координации двух атомов азота азогруппы и атомов N⁴ двух тетразольных циклов.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ВИТАМИНОВ НА СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ α -ДИОЛОВ

А. В. АЛЕКСЕЕВ (асп. 1 к.), БГУ

Радикальное повреждение биологических систем представляет большую угрозу для жизнедеятельности последних, развитие цепного процесса при этом многократно усиливает наносимый ущерб и приводит к развитию ряда различных тяжелых заболеваний. Со свободнорадикальными процессами связано множество патологических состояний, таких как рак лёгких, желудка и других органов, диабет, преждевременное старение, гипертония, катарактогенез, гепатит, аутоиммунные заболевания, инфаркт миокарда, ишемия сердца, болезнь Паркинсона, Альцгеймера, ревматоидный артрит и многие другие [1].

В данной работе исследовалось влияние витаминов и витаминоподобных соединений на цепной процесс радиационно-индуцированной свободнорадикальной фрагментации водного раствора этиленгликоля (модельная система таких биологически важных соединений как углеводы, нуклеозиды, некоторые аминокислоты и пептиды, липиды). Использовался 3 М раствор диола как наиболее удобный с точки зрения ярко выраженного выхода основного продукта. Генерация свободных радикалов в модельной системе осуществлялась действием высокоэнергетического γ -излучения радиоактивного изотопа ^{137}Cs . Анализ продуктов выхода проводили газохроматографическим методом на кварцевой капиллярной колонке RTX-Wax (l=30м, 0,32 мм ID, 0,5 μm df) на хроматографе GC-17AAF/APC (Shimadzu).

Было установлено, что образующийся радикал этиленгликоля фрагментирует на молекулу воды и радикал ацетальдегида, который является более активной частицей и способен оторвать атом водорода от исходной молекулы. В системе развивается цепной процесс, обрыв которого осуществляется как на стадии исходного радикала окисляющими агентами, так и на стадии вторичного восстанавливающими. Было исследовано действие витаминов E, B2, B6, C, PP, хинонов, гидрохинонов, пиринов и некоторых других органических соединений на исследуемый процесс. Полученные данные свидетельствуют о высокой активности ряда витаминов определенной структуры и их аналогов, которые способны действовать в системе не только как антиоксиданты, но и окисляющие агенты в отношении радикалов, подавляя цепные процессы свободнорадикальной фрагментации.

Полученные результаты позволяют создать новый класс антивирусных препаратов, принципиально отличный по своему действию от других биологически активных соединений. На РУП «Белмедпрепараты» уже производится противогерпесный препарат данного класса *бутаминофен*.

1. Halliwell B. and Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine, 3th Ed. / Clarendon Press, Oxford. 1999.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИМЕРНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ ИОНОВ 1,3-ДИОКСАНОВ

А. И. БОРИЧЕВСКИЙ (соискатель), Н. М. ГОЛУБ (к.х.н.), БрГУ им. А. С. Пушкина

В настоящей работе обсуждаются результаты расчетов энергетических параметров димерных и полимерных дикатионов кислотного гидролиза замещенных 1,3-диоксанов. Исследование строения и свойств ионов позволяет уточнить механизм реакции, в которых заряженные частицы являются интермедиатами.

Целью работы является изучение энергетических характеристик димерных и полимерных ионов, что позволяет более детально рассматривать некоторые аспекты взаимодействия эквивалентных орбиталей неподеленных электронных пар «через связь» и «через пространство».

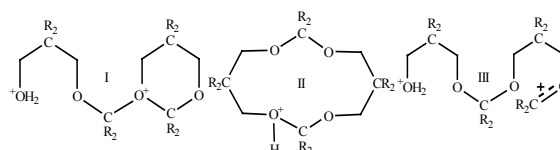


Рис. 1 Димерные и полимерные катионы, R=H,CH₃

Таблица 1 Энергетические параметры ионов и МО

Соединения	Ионы	МО, эВ		Ионы (I-V)		
		ВЗМО	В1	I	II	III
1,3-D	I	-0,619	-1,280	221,1	-34,5	215,6
	II	-0,179	-0,249			
	III	-1,064	-1,095			
2-met-1,3-D	I	-0,089	-0,451	196,4	-33,5	197,6
	II	-0,214	-0,267			
	III	-0,299	-0,448			
2,2-di-met-1,3-D	I	-0,037	-0,177	181,8	-51,2	208,5
	II	-0,197	-0,225			
	III	-0,066	-0,162			
5-met-1,3-D	I	-0,354	-0,586	208,3	-38,5	204,8
	II	-0,020	-0,057			
	III	-0,441	-0,550			
5,5-di-met-1,3-D	I	-0,078	-0,239	202,7	-45,2	203,2
	II	-0,038	-0,070			
	III	-0,219	-0,503			
2,5-di-met-1,3-D	I	-0,099	-0,116	188,4	-45,1	185,3
	II	-0,023	-0,107			
	III	-0,276	-0,342			

Объектом исследования являются ионы, образующиеся при кислотном гидролизе замещенных 1,3-диоксанов. Расчеты проводились методом АМ-1. При ведении заместителя во второе положение происходит стереоэлектронное взаимодействие молекулярных орбиталей с заместителем (табл.1), т.е. способствует гетеролизу ацетального фрагмента. Введение заместителя в пятое положение не оказывает существенного эффекта на реакционную способность ионов, т.к. происходит взаимодействие с МО «через пространство».

Энергетические параметры ионов приведены в табл.1. Ион II характеризуется отрицательной энергией образования, т.е., осмолнение реакционной смеси происходит через стадию образования циклического димерного иона II. Наличие заместителя во втором положении увеличивает склонность к преобразованию данного иона. Ионы I, III достаточно реакционноспособны и расщепление ацетальной связи приводит к образованию симметричных продуктов реакции, которые зафиксированы экспериментальными методами, но в малых количествах, т.е. предполагаемая схема гидролиза осуществляется в незначительной степени. Полученные результаты подтверждаются экспериментом.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОХИНОНА, НАФТОХИНОНА И АНТРАХИНОНА НА РАСЩЕПЛЕНИЕ О-ГЛИКОЗИДНОЙ СВЯЗИ В МЕТИЛ- α -D-ГЛЮКОПИРАНОЗИДЕ

Р. М. КИСЕЛЬ (асп. 3 з.), К. КАЗЕМ (асп. 2 з.), БГУ

С повреждением активными радикальными частицами некоторых углеводных биополимеров связывают целый ряд заболеваний, а именно, ревматоидный артрит, сердечно-сосудистые заболевания, болезни глаз и др. [1]. Установленные факты свидетельствуют, что расщепление О-гликозидной связи является одним из основных процессов, протекающих при воздействии радикальных частиц на полисахариды. В работах нашей кафедры [2, 3] развивается концепция, что при радиационном повреждении биологически важных веществ ключевую роль могут играть реакции фрагментации радикалов исходных молекул с разрывом двух β -связей. Там же показано, что такие окислители, как кислород, бензохинон-1,4 и фенольные антиоксиданты типа TMG, способные образовывать хиноидные структуры, ингибируют процесс фрагментации за счет окисления α -гидроксиалкильных радикалов исходных веществ.

В настоящей работе сделана попытка оценить способность различных соединений, содержащих в своей структуре 1,4-хиноидный фрагмент ингибировать расщепление О-гликозидной связи в углеводах на примере соединения, моделирующего О-гликозидную связь в полисахаридах - метил- α -D-глюкопиранозиде. В качестве объекта исследования были взяты как синтетические, так и природные соединения. Инициирование гомолитических превращений в модельных системах осуществлялось действием γ -излучения (¹³⁷Cs). Анализ продуктов свободнорадикальных реакций проводился газохроматографическим методом на кварцевой капиллярной колонке.

На основании данных по выходу метанола (основного продукта расщепления О-гликозидной связи в метил- α -D-глюкопиранозиде) показано, что в ряду бензохинон, нафтохинон, антрахинон происходит уменьшение ингибирующей способности соединений. В наибольшей степени подавляли расщепление О-гликозидной связи убихинон Q₀, витамин K₃ и Lawsone – основной компонент растения Lawsonia Inermis. Учитывая вышесказанное представляется интересным в дальнейшем рассмотреть возможность использования данных соединений для профилактики и лечения вышеупомянутых заболеваний.

1. Halliwell B. and Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine, 3th Ed. / Clarendon Press, Oxford. 1999.
2. Е.П. Петряев и О.И. Шадыро (1986) Радиационная химия бифункциональных органических соединений. Университетское, Минск.
3. O.I.Shadyro, G.K.Glushonok, T.G.Glushonok, I.P.Edimecheva, A.G.Moroz, A.A.Sosnovskaya, I.L.Yurkova and G.I.Polozov (2002) Quinones as free-radical fragmentation inhibitors in biologically important molecules. *Free Rad. Res.*, 36 (8), 859–867.

ВЛИЯНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ И РЯДА ВИТАМИНОВ НА СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ЭФИРОВ ПОЛИОЛОВ

И. В. НЕКРАШЕВИЧ (асп. 1 г.), БГУ

Индукцированные активными формами кислорода (АФК) свободнорадикальные процессы окисления биологически важных веществ повреждают важнейшие биосистемы организма. Показано, что АФК, взаимодействуя с биологически важными веществами, повреждают их за счет окислительных процессов, наиболее изученным из которых является перекисное окисление липидов [1]. В работах нашей кафедры показано, что реакции свободнорадикальной фрагментации не менее опасны для поражения биосистем [2]. Следовательно, для защиты организма от свободнорадикального повреждения необходимо использовать вещества, которые эффективно ингибировали бы как процессы окисления биомакромолекул, так и реакции их фрагментации.

В связи с этим на модельных системах, а именно, водных растворах эфиров полиолов, были изучены закономерности протекания свободнорадикальной реакции фрагментации и влияние на выходы ее продуктов производных фенола, дифенолов, хинонов и водорастворимых витаминов и их аналогов. Инициирование гомолитических превращений в модельных системах осуществлялось действием γ -излучения (^{137}Cs). Анализ продуктов свободнорадикальных реакций проводился газохроматографическим методом на кварцевой капиллярной колонке и спектрофотометрически.

На основании данных по выходу молекулярных продуктов радиолиза водных растворов эфиров полиолов в присутствии различных соединений показано, что хиноидные соединения эффективно окисляют углерод-центрированные радикалы до момента фрагментации. В результате продукты фрагментации не образуются и можно высказать предположение, что реализация этого процесса является одной из важнейших функций биологически важных хинонов. С другой стороны, такие антиоксиданты, как триметилгидрохинон и водорастворимые аналоги α -токоферола, выступают донорами атома водорода по отношению к радикалам, образовавшимся при фрагментации, восстанавливая указанные радикалы до молекулярных продуктов на стадии продолжения цепи. Исследованные соединения, проявившие высокую антирадикальную активность, являются перспективными модельными соединениями для конструирования принципиально новых лекарственных веществ – регуляторов свободнорадикальных реакций в организме.

1. Halliwell B. and Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine, 3th Ed. / Clarendon Press, Oxford. 1999.

2. Kisel M.A. and Shadyro O.I. Biochemical and biophysical consequences of free radical fragmentation of lipids in membranes. / In 5th Symposium Free Radicals in Biology and Medicine. Abstracts, Łódź, June 7–10, 2000, p. 44

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО УПРОЩЕННОМУ МЕТОДУ

А. К. БОЛВАКО (студ. 5 к.), Д. Г. КАЛИШУК (к.т.н.), БГТУ

В различных отраслях промышленности Беларуси, в т. ч. в химической, используются теплотехнические агрегаты, в которых нагрев технологических сред осуществляется продуктами сгорания, получаемыми в основном при сжигании природного газа. Расчеты параметров продуктов сгорания – составная часть технологического проектирования этих агрегатов, разработки решений по их модернизации. Данные расчеты сложны и весьма трудоемки [1].

Состав природного газа, поступающего к потребителям, стабилен и представлен в основном двумя горючими компонентами – метаном и этаном. Ввиду этого можно существенно упростить зависимости для определения параметров продуктов сгорания: выхода компонентов, выхода водяных паров и сухих газов, энтальпии, долей компонентов и др.

Нами разработана методика расчетов, позволяющая учитывать эти обстоятельства, а также переменные параметры воздуха, поступающего в горелку. Алгоритм расчетов исключает метод последовательных приближений при определении адиабатной и теоретической температур продуктов сгорания. Это достигнуто за счет того, что в уравнениях теплового баланса энтальпии компонентов топливной смеси и продуктов сгорания выражены однородными функциями одной переменной – температуры.

По упомянутому алгоритму нами разработана компьютерная программа расчетов. С использованием этой программы определяются выход и доли компонентов продуктов сгорания, суммарные выходы сухих и влажных продуктов сгорания, их энтальпия, плотность, адиабатная и теоретическая температуры, удельный расход воздуха. Сопоставление измеренных объемных концентраций диоксида углерода и кислорода с расчетными, как известно, позволяет получить информацию о качестве сжигания топлива, режиме работы конкретного теплотехнического агрегата. Для удобства практического использования производственным персоналом, а также на стадии оценочных расчетов, связанных с процессами горения, параметры продуктов сгорания также представлены на номограммах. Основные из этих номограмм – зависимости долей диоксида углерода и кислорода от коэффициента избытка воздуха, а также энтальпии и адиабатной температуры от коэффициента избытка воздуха и температуры воздуха, подаваемого в горелку.

1. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1998.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМИДОВ КАНИФОЛЕТЕРПЕНОМАЛЕИНОВЫХ АДДУКТОВ НА ПЛАСТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Е. П. КОЗИНЕЦ (студ. 5 к.), Ж. С. ШАШОК (к.т.н., доц.), Н. П. ПОБЕДИНСКАЯ (инж.), БГТУ

Монолитность резиновых изделий (например, автопокрышки) при сборке и формовании достигается за счет клейкости эластомерных композиций. Для того чтобы повысить адгезионные свойства, в рецептуру резиновых смесей включают пластификатор растительного происхождения – канифоль.

При введении канифоли в резиновые смеси значительно увеличивается клейкость, уменьшается их вязкость и замедляется подвулканизация вследствие ее кислого характера. Однако наличие сопряженных двойных связей в канифоли способствует окислению каучука и резины. Канифоль подвергают модификации с целью получения новой группы органических веществ, чтобы устранить ее недостаток.

В то же время хорошей совместимостью с каучуком и высокой химической стойкостью обладают терпеновые смолы, которые по клейкости превосходят канифоль. Кроме всего этого имидосодержащие продукты, применяемые в резиновой промышленности, выполняют модифицирующую и стабилизирующую функции, и являются замедлителями подвулканизации.

Поэтому, чтобы унифицировать рецептуру эластомерной композиции, оптимизировать технологические режимы переработки резиновых смесей, необходимо получение вторичных продуктов на основе канифоли и терпенов с широким диапазоном свойств.

Целью работы было исследование влияния имидов на основе канифолетерпеномалеиновых аддуктов (КТМА) на физико-механические свойства ненаполненных вулканизатов и на кинетику вулканизации резиновых смесей.

Объектами исследования являлись имиды канифолетерпеномалеиновых аддуктов.

Исследования проводились на виброреометре ODR-2000., вискозиметре MV-2000

Впервые в резиновую смесь вводились имиды КТМА. Результаты исследования показали, что изменение кинетики вулканизации резиновых смесей происходит даже при введении минимальной дозировки любого из имидов КТМА. Физико-механические показатели при введении некоторых имидов КТМА не ухудшаются.

Полученные результаты позволяют рассматривать имиды на основе канифолетерпеномалеиновых аддуктов, как ингредиенты полифункционального действия для эластомерных композиций. Однако выбор наиболее перспективных веществ, для использования их в резиновой промышленности, требует проведение расширенных испытаний в рецептурах наполненных резиновых смесей.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В РЕЦЕПТУРАХ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РТИ

Н. А. ГОРБАНЕВА (студ. 5 к.), Ж. С. ШАШОК (к.т.н., доц.)

Наночастицы благодаря их уникальным физико-химическим свойствам находят широкое применение при создании функциональных наноматериалов, которые, в свою очередь, могут применять в рецептурах эластомерных композиций. Характерной особенностью ультрадисперсных веществ является чрезвычайно высокая реакционная способность, что определяется малым размером частиц, высокой дефектностью кристаллической решетки и, как следствие, наличием на поверхности большого числа некомпенсированных связей. Все эти особенности позволяют разрабатывать материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Цель данной научно-исследовательской работы заключалась в определении влияния углеродных наноматериалов на свойства эластомерных композиций, используемых при производстве формовых резинотехнических изделий.

Объектами исследования являлись эластомерные композиции на основе каучука специального назначения бутадиеннитрильного с различным содержанием нитрила акриловой кислоты, а также углеродные наноматериалы, вводимые в дозировках 0,01, 0,05 и 0,1 мас.ч.

Научная новизна проведенных исследований заключалась в том, что впервые были получены результаты о влиянии дозировки и способа введения углеродных нанодобавок на пластоэластические свойства резиновых смесей и физико-механические показатели резин.

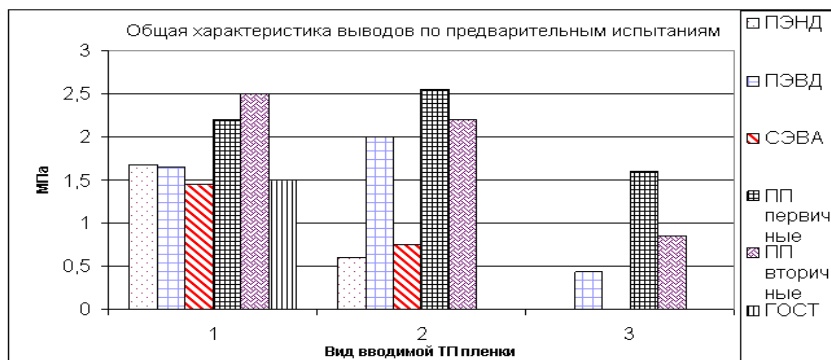
В результате исследований выявлено, что применение нанодобавок в резиновых смесях на основе каучука специального назначения способствует сокращению оптимального времени вулканизации, улучшению технологических свойств резиновых смесей, повышению масло- и термостойкости, снижению истираемости резин.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ ШПОНА И ТП ПЛЕНОК

П. О. МАКСИМОВ (магистрант), М. М. РЕВЯКО (д. т. н., проф.), БГТУ

Необходимость разработки композиционного материала данного вида была продиктована неспособностью производимой продукции испытывать определенные нагрузки и действие окружающих сред. Также в проекте присутствует ресурсосоставляющая, которая направлена на использование в качестве сырья отходов пленочного производства и других термопластичных составляющих. Суть данной научной работы состоит в изготовлении композиционного материала на основе термопластичных пленок и древесного шпона лиственных пород.

Упор делался на получение максимальных механо-физических свойств для 3-х слойного образца, использование реального вторичного сырья (ПЭНД – хозяйственные пакеты, ПП – рубленый ворс для уборочных машин и использованная пленка, ПЭВД – использованная парниковая пленка. СЭВА – исключение) и сравнение их с показателями свойств для фанер. Цель проведения опытов – найти термопласт, адгезия которого к древесине будет максимальной, т.е. механические свойства будут максимальными.



сине буден максимальной, т.е. механические свойства будут максимальными.

Образцы для предварительных испытаний представляют собой 3-х слойный компонент шпон-ТП-шпон (Рисунок), вырезаемый из отпрессованной заготовки в соответствии с ГОСТ 9624-93 «Древесина слоистая клееная. Метод определения прочности при скалывании».

Основные результаты приведены на диаграмме.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АКТИВАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК В ТЕХНОЛОГИИ ПЕЧАТИ

Е. З. ХРОЛ, С. В. ЦУБА (студ. 4 к.), В. В. ЯЦЕНКО (к.х.н.), Т. А. БУТЬКО (к.х.н.), БГТУ

Полиграфическое оформление изделий из пластмасс находит все более широкое применение. Проблема нанесения печати на полимерные пленки является важной и актуальной, поскольку качество печати зависит от ряда факторов, в том числе вида полимера, качества и природы краски, метода ее закрепления на поверхности полимера.

Целью работы явилось изучение качества печати в зависимости от подготовки полиэтиленовой пленки к запечатыванию. В работе приведены сведения об особенностях полимерных материалов как запечатываемых объектов и специфические свойства печатных красок. Проведены исследования процессов и режимов активации полиэтиленовой пленки в электрическом разряде, разработаны рекомендации по ее использованию в полиграфической технологии, а также исследованы некоторые особенности нанесения печати на полимерную пленку.

При определении угла смачивания поверхности полимерных пленок краской методом «сидячей капли» пришли к выводу о том, что наименьший угол смачивания наблюдается у полистирольной пленки, то есть она обладает наилучшей адгезией, и, следовательно, нанесение краски на нее особенно эффективно. Наибольший угол смачивания у прозрачной неактивированной пленки. Следовательно, печатный оттиск на ней имеет более низкие характеристики. Изучение влияния условий электроразрядной активации полиэтиленовой пленки показало, что изменение свойств ее поверхности проявляется в изменении краевых углов смачивания и прочности адгезионных соединений.

Изучалось влияние продолжительности действия разряда и напряжения, подаваемого на электроды, на эффективность активации. Установлено, что наибольшее снижение краевых углов смачивания наблюдается в первый момент времени, при этом углы снижаются с 90° до 40° . Дальнейшее увеличение продолжительности активации практически не вызывает изменения краевых углов.

Твердость же пленок с нанесенной печатью по сравнению с образцами без печати выше, то есть краска придает пленке большую твердость. Следовательно, увеличиваются и эксплуатационные характеристики. На основании проведенных исследований сделаны рекомендации по технологическим параметрам активирования полиэтиленовой пленки применительно к ОАО «ПОЛИМИЗ».

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИ-(4,4'-ДИФЕНИЛОКСИД)ПИРОМЕЛЛИТИМИДА ФУЛЛЕРЕНАМИ

С. Г. ВИЛЬТОВСКАЯ (студ. 5 к.), Л. Б. ЯКИМЦОВА (к.х.н.), БГУ

Целенаправленное улучшение определенных характеристик ароматических полиимидов (ПИ) без ухудшения основных показателей уникальных свойств полимеров этого типа представляет собой трудно решаемую задачу. Однако существует класс веществ, введение которых в ПИ матрицу значительно изменяет ее свойства. К таким веществам относятся фуллерены. Известно использование фуллеренов C_{60} и C_{70} для регулирования оптических свойств материалов на основе ПИ [1]. Однако сведений о том, как изменяются физико-механические и термические характеристики ПИ пленок при модификации фуллеренами, не обнаружено.

Цель настоящей работы – установить зависимость термических и деформационно-прочностных свойств пленок из поли-(4,4'-дифенилоксид)пиромеллитимида от типа и содержания фуллереновых модификаторов. В работе использованы фуллерены C_{60} и C_{70} , а также их неразделенная смесь, полученные в Институте тепло- и массообмена НАН Беларуси. Фуллерены в количестве 0,05-0,5 % от массы ПИ вводили в виде раствора в о-ксилоле в раствор поли-(4,4'-дифенилоксид)пиромеллитамидокислоты в диметилформамиде. Из смеси получали пленки, которые циклизовали в вакууме при подъеме температуры от 20 до 280°C. Устойчивость к термоокислительной деструкции оценивали методом термогравиметрии на дериватографе фирмы "МОМ" (Венгрия) типа ОД-103. Деформационно-прочностные свойства пленок измеряли на разрывной машине типа РМУ-005.

Установлено, что вводимые для изменения нелинейно-оптических свойств фуллерены не только не снизили показателей термоокислительной стабильности и прочности ПИ пленок, но и улучшили эти характеристики. Возросли модуль упругости и прочность модифицированных пленок при незначительном уменьшении удлинения при разрыве, а также температура начала термоокислительной деструкции.

1. Каманина Н. В., Искандаров М. О., Никитичев А. А. Оптические исследования системы полиимид-фуллерен в ближнем ИК-диапазоне спектра (1047 нм). / Письма в ЖТФ. 2003. Т. 29. Вып. 16. С. 29-38.

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ

*А. В. РЫСЮКЕВИЧ (студ. 4 к.), Т. А. БУТЬКО (к.х.н.), БГТУ,
Н. А. КРЕЧКО (ассист.), БНТУ*

Важной характеристикой современных полимерных композиций является их устойчивость к термоокислительной деструкции в эксплуатационном температурном режиме.

Цель исследования – выявить причину зависимости термостабильности полиэтиленовых композиций, имеющих одинаковый состав, от способа приготовления этих композиций – предварительной обработки наполнителя раствором стабилизатора или отсутствием такой обработки.

Исследованы полиэтиленовые композиции, содержащие 89,5 мас. % ПЭВД, 0,5 мас. % стабилизатора, 10 мас.% стекловолокна. В качестве стабилизаторов композиций изучены полидисульфиды (ПДС) 5-аминосалициловой кислоты и 2,4-динитрофенилгидразина.

Оценка ингибирующего эффекта, оказываемого ПДС на термоокисление полиэтиленовых композиций, проведена методом изучения кинетики окисления образцов композиционного материала в среде кислорода при 200°C.

Установлено, что при предварительной обработке стекловолокна растворами указанных ПДС происходит значительное увеличение устойчивости полиэтиленовых композиций к термоокислению – период индукции процесса окисления увеличивается в 4 раза.

Сделана попытка установления причины наблюдаемого явления. Исследовано адсорбционное взаимодействие на границе раздела стабилизатор – стекловолокно. Показано, что свойства полиэтиленовых композиций зависят не только от природы исходных компонентов, но в большей степени определяются поверхностными явлениями, которые протекают на границе раздела фаз. Стабилизированные наполненные композиции полиэтилена имеют важное народнохозяйственное значение в эксплуатационном, экономическом и экологическом смысле.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

А. Н. ЖУКОВА (студ. 5 к.), А. В. НИКОЛАЙЧИК (к.т.н.)

Химическое строение эпоксидных смол дает широкие возможности для регулирования их свойств путем введения модифицирующих добавок, что позволяет добиваться максимального соответствия свойств получаемого материалам предъявляемым требованиям [1]. Довольно часто лакокрасочные материалы используются в качестве защиты металлоконструкций, используемых на открытом воздухе. В связи с этим большое значение приобретают вопросы повышения адгезии, прочностных характеристик, а также светостабилизации защитных покрытий.

Целью настоящего исследования являлась разработка лакокрасочных композиций на основе эпоксидного пленкообразователя для формирования покрытий с повышенной адгезией и светостойкостью.

Основным объектом исследования являлась эпоксидная диановая смола марки Э-41р, модифицированная светостабилизатором ТС-27 в количестве 0, 5; 1,0; 1,5 и 2,0 % мас. Композиции отливали на стальные подложки и отверждали при 100°C в течение 2 ч. Адгезию и прочность при ударе определяли в соответствии с действующими стандартами для лакокрасочных покрытий. Была использована методика ускоренного испытания светостойкости покрытий (в течение 6 ч).

При старении покрытий в результате фотохимической деструкции одновременно протекают противоположно направленные процессы: рост плотности «сшивки» и повышение гибкости молекулярных цепей. Весь сложный комплекс накладываются друг на друга протекающих эффектов приводит к значительным изменениям структуры полимера, и, как следствие, его эксплуатационных характеристик. Степень влияния вводимых добавок на устойчивость эпоксидных материалов в процессе фотоокисления оценивали с помощью коэффициентов сохранения адгезии и прочности при ударе.

В результате проведенных исследований было выявлено, что введение добавки ТС-27 не только повышает светостойкость эпоксидного покрытия, но и приводит к значительному повышению адгезии и прочности при ударе эпоксидного материала.

Таким образом, с помощью малых добавок ТС-27 к эпоксидному пленкообразующему можно существенным образом затормозить процессы фотоокисления покрытий на его основе.

1. Х. Ли, К. Невилл. Справочное руководство по эпоксидным смолам. М.: Энергия, 1973. 416 с.

СОПОЛИМЕРЫ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СРЕД

*Е. Л. ЕГОРОВА (студ. 5 к.), Е. О. КАЗЮКА (магистрант)
Л. Б. ЯКИМЦОВА (к. х. н.), Ю. И. МАТУСЕВИЧ (к. х. н.)*

Полиметилметакрилат (ПММА) с добавками красителей антрахинонового ряда нашел применение как материал для регистрации оптической информации, однако его термические и адгезионные свойства недостаточны для оптических регистрирующих средств, эксплуатируемых в контакте с силикатным стеклом при повышенных температурах.

Целью настоящей работы являлось получение сополимеров (СП) метилметакрилата (ММА), сохраняющих оптическую прозрачность гомополимера и обладающих повышенной тепло- и термостойкостью, а также более высокой адгезией к неорганическим стеклам.

Методами радикальной сополимеризации были синтезированы СП различного состава ММА с акриловой кислотой (АК) и метакриламидом (ММА). СП ММА с АК получали блочной сополимеризацией в атмосфере азота при 60°C. В тех же условиях был получен ПММА, используемый как образец сравнения. Сополимеризацию ММА с МАА проводили в 1,4-диоксане в атмосфере азота при 80°C. В качестве инициатора во всех опытах использовали азо-бис-изобутиронитрил в количестве 0,2 % от массы каждого из сомономеров. Гомополимер и сополимеры очищали от остатков мономеров двукратным переосаждением. ПММА и СП ММА растворяли в соответствующем растворителе, вводили краситель антрахинонового ряда, фильтровали и получали на стекле поливом из раствора пленки, которые использовались для записи голографических фазовых решеток.

Показано, что пленкообразующие композиции с фенантрахиноном на основе СП ММА с АК и МАА обладают повышенной тепло- и термостойкостью, а также высокой адгезией к стеклу. Они сохраняют записанную информацию до температур 200-220°C, в то время как композиции с ПММА полностью утрачивают информацию при 160°C.

ПОЛИСУЛЬФОНОВЫЕ ВОЛОКНА ДЛЯ ГЕМОДИАЛИЗА

А. Н. ЖУКОВА (студ. 5 к.); Э. Т. КРУТЬКО (д.т.н., проф.), БГТУ

Полисульфоновые волокна (мембраны) являются основным комплектующим гемодиализатора («искусственная почка»), применяемого для внепочечного очищения крови для людей, страдающих острой почечной недостаточностью. Данные волокна термостойки, обладают высокой биосовместимостью, биостабильностью и не окисляются.

Меняя соотношение воды и диметилацетамида (растворитель) в осадителе при производстве полисульфоновых волокон можно существенно влиять на их свойства.

Основной характеристикой рассматриваемых волокон является коэффициент ультраfiltrации [(мл/час)*мм.рт.ст.]), который характеризует количество крови, проходящей через полисульфоновую мембрану за единицу времени.

Чем больше величина этого коэффициента, тем большее количество крови можно очистить. На этот параметр можно влиять, добавляя в систему порообразователь – поливинилпирролидон, процентное содержание которого влияет на количество и размер пор полисульфоновых мембран. Данный компонент является ценным ещё и потому, что способен растворяться как в органических, так и в неорганических растворителях.

Особенностью полисульфоновых волокон является то, что они могут стерилизоваться как водяным паром, так и окисью этилена.

Были проведены испытания по обработке данных волокон кислородной плазмой для превращения гидрофобных полисульфоновых ультраfiltrационных мембран в гидрофильные. Функциональные группы, введенные путём КП-обработки, изучали, используя рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию

ВУЛКАНИЗАЦИЯ ХЛОРПРЕНОВОГО КАУЧУКА БИС-МАЛЕИНИМИДАМИ

*Т. П. ТЕБЕНЬКОВА (студ. 5 к.), Э. Т. КРУТЬКО (проф., д.т.н.), Е. И. ЩЕРБИНА (проф., д.т.н.),
Р. М. ДОЛИНСКАЯ (к.х.н.), БГТУ*

В ряде экспериментальных работ показано, что при вальцевании натурального каучука с малеиновым ангидридом происходит их взаимодействие в условиях проведения этой операции вследствие высокой химической активности малеинового ангидрида при взаимодействии с неопределёнными связями фрагментов каучука. В этой связи считают, что малеиновый ангидрид нельзя применять в качестве вулканизующего агента.

Цель данной работы – изучить возможность использования бис-малеинимидов в качестве модификаторов хлорпренового каучука.

В результате нами показано, что более эффективными модифицирующими агентами по сравнению с малеиновым ангидридом для хлорпренового каучука, являются бис-малеинимиды. Показано, что смесь хлорпренового каучука с 5 % мета-фениленбисмалеинимида и 0,5 % перекиси дикумила вулканизуется в течение 40 мин при 150 °С. При вулканизации же ненасыщенных каучуков (бутадиенстирольного, бутадиен-нитрильного и др.) малеинимидами в качестве инициаторов вулканизации помимо перекисей можно использовать дибензтиазолилдисульфид и сульфенамидные ускорители серной вулканизации. Установлено, что физико-механические характеристики ненаполненных вулканизатов улучшаются при увеличении концентрации мета-фениленбисмалеинимида до 15-20 м.ч. При этом вулканизаты этилен-пропиленового каучука имеют сопротивление разрыву 100-200 кгс/см².

Характерной особенностью изученного процесса вулканизации хлорпренового каучука бис-малеинимидом на основе м-фенилендиамина является устойчивость свойств полученного вулканизата независимо от температуры процесса.

Одним из положительных качеств бис-мета-фениленмалеамидокислоты по сравнению с модификацией бис-мета-фениленмалеинимидом в случае модификации хлорпренового каучука является то, что выделяющийся в процессе вулканизации при повышенных температурах HCl может связываться амидными группами бис-амидокислоты, снижая таким образом содержание HCl.

Таким образом, отходы производства бис-малеинимидов, получаемых для синтеза полиимидных высоко-термостойких материалов, могут быть утилизированы использованием их в процессах вулканизации хлорпренового каучука, заменяя применение соответствующих бис-малеинимидов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЗАЦИИ И СВОЙСТВ ПОЛИ-(4,4'-ДИФЕНИЛОКСИД)ПИРОМЕЛЛИТИМИДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО АЦЕТИЛАЦЕТОНОМ МЕДИ

Д. А. ФЕДОРАКО (студ. 5 к.), Э. Т. КРУТЬКО (д.т.н.), БГТУ

Металлсодержащие полимеры, среди которых особое место занимают полиимиды, представляют большой научный и практический интерес, поскольку позволяют создавать на их основе материалы, обладающие комплексом уникальных свойств. Одним из возможных путей получения металлосодержащих полиимидов является химическая модификация полиамидокислот металлосодержащими соединениями с последующим проведением их термической циклизации. Однако детальные исследования процесса термической циклизации из-за его сложности представляют довольно трудную задачу и весьма ограничены. В этой связи изучение термической циклизации поли-(4,4'-дифенилоксид)пиромеллитимида, модифицированного ацетилацетоном меди (2+), представляет определенный интерес для подбора условий модификации с целью получения материалов с заданными свойствами. Для проведения данного исследования использован метод ЭПР, позволяющий контролировать изменения, происходящие в процессе термической циклизации полимера в присутствии модификатора за счет образования в системе свободных радикалов. Модификацию осуществляли путем введения в раствор ПАК, синтезированной низкотемпературной поликонденсацией 4,4'-диаминодифенилоксида и диангидрида пиромеллитовой кислоты в ДМФА, раствора ацетилацетоната меди в полярном апротонном растворителе, получаемого обработкой хлорида железа избытком ацетилацетона в щелочном растворе. Из растворов полимерного комплекса формовали пленки толщиной 20-25 мкм методом полива на стеклянные подложки с последующей сушкой до удаления растворителя. Затем пленки снимали с подложки и подвергали термической циклизации в вакууме при ступенчатом подъеме температуры от 100 до 350°C. Спектры ЭПР записывали на приборе ERS – 230, $\lambda = 3$ см. За ходом процесса термической твердофазной циклизации полимерного комплекса, осуществляемого непосредственно резонаторе спектрометра, следили по изменению интенсивности сигнала ЭПР полиимиды в интервале температур 20-300°C. С увеличением содержания модификатора в ПАК до 3 мас. % скорость накопления свободных радикалов при прогреве то 20 до 150°C возрастает. Это свидетельствует о том, что с увеличением содержания ионов меди в полимере проявляется их каталитическое действие, выражающееся в ускорении процесса образования свободных радикалов в полимере. Таким образом, присутствие в полиимиде определенных количеств ионов меди (до 1 мас. % $\text{Cu}(\text{AA})_2$) ускоряет процессы рекомбинации полимерных радикалов, при этом сами ионы меди выступают в роли радикальных ловушек, стабилизируя полимер.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УСАДКИ И ВЯЗКОУПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИПРОПИЛЕНА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ

А. В. САВАЩЕНКО (студ. 4 к.), О. И. КАРПОВИЧ (к.т.н.), В. П. СТАВРОВ (д.т.н.), БГТУ

Полипропилен и его композиции с различными наполнителями и армирующими волокнами нашли широкое применение в технике. Вследствие значительных температурных деформаций при охлаждении, зависимости их от геометрии изделия и режимов охлаждения трудно обеспечить высокую точность размеров и формы изделий, необходимую по условиям эксплуатации и сопряжения с другими элементами конструкций. Остаточные температурные деформации полипропилена как матрицы в композитах, армированных волокнами, снижают прочность материала, стойкость к воздействию внешних факторов.

Цель данной работы – определить параметры усадки и вязкоупругих свойств полипропилена как функций температуры в процессе охлаждения.

В процессе охлаждения образцов из полипропилена экструзионной марки 01030А ТУ 2211-015-00203521–99 (ПТР около 5 г/мин при 230°C) от температуры 80-100°C до нормальной измеряли температуру в центре образцов, температурную деформацию (усадку) и строили кривые нестационарной ползучести под нагрузкой, создаваемой растягивающим усилием. Учитывали также дополнительные напряжения, создаваемые за счет упругой деформации тензорезисторного преобразователя перемещения, и неоднородность поля температуры по сечению образца. Изменяющиеся по мере снижения температуры параметры линейного закона вязкоупругости (стандартного вязкоупругого тела Кельвина) – мгновенный и длительный модули и время релаксации – находили, решая для каждого фиксированного момента времени (фиксированной температуры) систему линейных алгебраических уравнений, связывающих напряжения и деформации и их скорости при трех различных нагрузках. В результате построены регрессионные уравнения, характеризующие температурную зависимость этих параметров.

Показано, что оценка термоструктурных деформаций композитов на основе полипропилена и изделий из них с учетом изменяющихся при охлаждении показателей усадки и вязкоупругих свойств позволяет более точно оценивать влияние температурного режима охлаждения на отклонения размеров и формы изделий.

Результаты исследования могут быть использованы при оптимизации требований к точности изделий из полипропилена и композиций на его основе и к режимам их формообразования.

ЭМИССИЯ ПОЛИСТИРОЛА В ЖИДКУЮ СРЕДУ

А. В. ГРИЦУК (студ. 4 к.), В. Т. ЛИПНИК (к.т.н.), БГТУ

Полистирол широко применяется в качестве упаковочных материалах, для изготовления одноразовой посуды, тары и упаковочных пленочных материалов. Данный полимер со временем деструктурирует и его разложение сопровождается выделением вредных веществ в сопредельные среды. Представляет интерес определить состав и количество вредных веществ, способных переходить из полистирола в контактирующие среды при различных условиях эксплуатации изделий из полистирола.

Целью исследований было определение эмиссии вредных веществ из полистирола в сопредельную с ним жидкую среду в зависимости от температуры и pH среды. Данные факторы были выбраны исходя из реальных условий эксплуатации изделий из полистирола.

В качестве объекта исследования был выбран ударопрочный полистирол с небольшой добавкой каучука и белого красителя оксида титана. Данный вид полистирола широко используется и является наиболее употребительным материалом для изготовления одноразовой посуды. Исследования эмиссии вредных веществ из полистирола проводились с использованием модельных проб и определением вредных веществ хроматографическим методом на газовом хроматографе Цвет 800 с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой, длиной 60м, диаметром 0,25мм, со стационарной фазой HP-5MS.

Особенностью исследований был двухфакторный эксперимент, в результате которого проводилось изучение эмиссии вредных веществ из полимера с учетом двух факторов: температуры и pH. В ходе экспериментальных исследований была рассмотрена эмиссия вредных веществ из ударопрочного полистирола при контактировании с нейтральной (pH=7), кислой (pH=3) и щелочной (pH=11) средой. В результате исследований определен качественный и количественный состав углеводородов, выделяющихся в жидкие среды из полистирола при температурах эксплуатации. Среди веществ, образующихся в результате окислительной термодеструкции и мигрирующих из полистирола в жидкую фазу, идентифицированы стирол, метилстирол, этилбензол, диэтилбензол, кумол, фенол, толуол, фенол, бутен и 3-фенил 1-бутен.

Установлена зависимость эмиссии от сочетания температуры и pH среды, определены условия при которых эмиссия некоторых компонентов в жидкую фазу начинает превышать допустимые значения. Результаты исследований могут использоваться для определения гигиенических нормативов в конкретных областях использования полистирола, в частности для изготовления упаковочных материалов, контактирующих с пищевыми продуктами.

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ КОМПАУНДИРОВАНИЯ ПРИ ПОИЗВОДСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

С. С. ЛАТЫШЕВ (студ. 5 к.), БГТУ, С. В. ЧЕРЕПИЦА (к.физ.-мат.н.), НИИ ЯП БГУ

Проблема качества реализуемых моторных топлив актуально не только для Беларуси, но и для других стран СНГ. Современные автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в результате первичных и вторичных процессов переработки нефти. Процесс компаундирования требует больших временных и материальных затрат. Целью работы является разработка системы прогнозирования параметров товарных бензинов на основе данных детального углеводородного состава (Detailed Hydrocarbon Analysis - DNA). В работе была использована методика выполнения измерений (МВИ) детального углеводородного состава и определения основных инспектируемых параметров автомобильных топлив МВИ.МН 998-99 [1-3]. По данным газовой хроматографии с помощью ПО UniChrom-DNA определяются основные инспектируемые параметры бензиновых фракций, вовлекаемых в процесс компаундирования, и конечных товарных бензинов: октановые числа по исследовательскому и моторному методу, давление насыщенных паров, фракционный состав, плотность, объемное, массовое и молярное содержание углеводородов и групп нормальных парафинов, изопарафинов, ароматических углеводородов, нафтенов, олефинов, оксидантов [4].

Для технологов товарного цеха № 8 ОАО «НАФТАН» были разработаны алгоритм расчета и пользовательский интерфейс по прогнозированию параметров качества товарных бензинов на основе данных DNA исходных компонентов. Задавая концентрации исходных компонентов, вовлекаемых в процесс компаундирования, можно следить за изменением прогнозируемых параметров товарного бензина. Серия экспериментальных исследований была выполнена в ЦЗЛ ОАО «НАФТАН» на газовом хроматографе Кристалл 5000 с программным обеспечением UniChrom.

Расхождения между рассчитанными прогнозными показателями и показателями качества, определенными традиционными методами в контрольной лаборатории, не превышали 1%. Как следствие, предложенный методический подход можно применять для прогнозирования параметров при производстве товарных бензинов.

1. МВИ.МН 998-99. Методика газохроматографического определения параметров автомобильных бензинов. Минск: Издательство Госстандарт РБ, 1999.
2. СТБ 1279–2001. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Метод определения параметров.
3. Черепица С. В., Гацуха С. В., Коваленко А. Н., Мазаник А. Л., Кузменков Д. Е., Лучинина Я. Л., Гремяко Н. Н. Методика газохроматографического анализа автомобильных бензинов // Химия и технология топлив и масел. 2001. № 7. С. 33–34.
4. EN 228-1999. Европейский стандарт. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Требования и методы испытания.

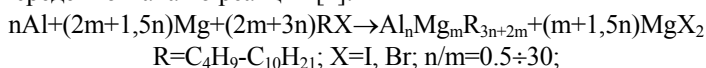
МАГНИЙАЛЮМИНИЙАЛКИЛЫ В АНИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КАПРОЛАКТАМА

Ю. А. ПИСКУН (студ. 4 к.), И. В. ВАСИЛЕНКО (асп. 2 к.), Л. В. ГАПЮНИК (к.х.н.), БГУ

В настоящее время, одним из наиболее эффективных катализаторов анионной полимеризации ϵ -капролактама (КЛ) является MgBrKLi (синтезирован по методике, основанной на замещении алкильного радикала реактива Гриньяра на ϵ -капролактама в эфирном растворителе). Показана возможность применения катализаторов неионного характера, например, MgKLi_2 , синтезированного при взаимодействии ϵ -капролактама с диалкилмагнием [1].

Цель данной работы – получить новый эффективный катализатор анионной полимеризации ϵ -капролактама и оценить возможность его применения в технологии реакционного формования изделий из поликапролактама.

В настоящей работе в качестве исходных реагентов для синтеза катализаторов анионной полимеризации КЛ нами были выбраны магнийалюминийалкилы (МАО) с высоким содержанием диалкилмагния. В НИИ ФХП БГУ был разработан одностадийный способ получения МАО с различным содержанием магнийалкила, путем прямого взаимодействия металлических Mg и Al с галлоидным алкилом в среде n -октана по реакции [2]:



В результате экзотермической реакции взаимодействия раствора КЛ в бензоле с МАО (T 35–40 °С) был получен катализатор 1, основные характеристики которого представлены в таблице. Из таблицы видно, что растворимая и нерастворимая в бензоле часть катализатора 1 содержат примерно одинаковое количество магния и алюминия. Катализатор 2 был получен аналогично катализатору 1 без дополнительного удаления его растворимой части.

Катализаторы 1 и 2 были протестированы в полимеризации ϵ -капролактама. Найдено, что при концентрациях катализатора и активатора (N -ацетил- ϵ -капролактама) 0,02 моль/л при температуре активации и полимеризации, соответственно 90, 180 °С получены полимеры с высокими выходами (80–95 %). Следует отметить, что полимеризация капролактама в присутствии катализаторов 1 и 2 протекает в условиях необходимых для технологии реакционного формования (время активации 5 мин, полимеризации 10 мин).

1. Котельников В. А., Данилевская Л. Б., Курашев В. В. и др. // Влияние природы катализатора анионной полимеризации лактамов на термостабильность образующихся полиамидов. / Высокомолек. соед. 1993. Т. 35. № 8. С. 1257.

2. Гапоник Л. В., Мардыкин В. П., Гавриленко В. В. // Синтез и свойства магнийалюминийалкилов. / Металлоорганическая химия. 1990. Т. 3. № 2. С. 249.

Таблица Результаты титрования катализатора

Исходный МАО	Катализатор	Содержание, %	
		Mg	Al
$(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{AlCl} \cdot 6\text{Mg}(\text{C}_4\text{H}_9)_2$	1(осадок)	11.3	0.4
	1(раствор надосадком)	12.3	2.9
	2*	9.8	1.4

2* – высушенный без дополнительного разделения

ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

А. Г. КАМКОВ (студ. 5 к.), А. Ф. МАНУЛЕНКО (к.т.н.), Э. Т. КРУТЬКО (д.т.н.), БГТУ

Полиэфирные материалы и изделия по праву в полной мере относятся к “носителям прогресса” во многих областях жизни, науки и техники. Мировой объем производства полиэфирных материалов в 2004 году оценивается на уровне 40 млн.т.

Потребление его отраслями промышленности выглядит следующим образом:

- 20 млн. т/год – производство волокон, нитей;
- млн. т/год – полиэфирные пленки в основном для изделий-носителей информации;
- 8–10 млн. т/год – полиэфирный пластик для ответственных изделий в машиностроении, электро- и радиотехнике, листовый материал, используемый в строительстве, сельском хозяйстве;
- 8 млн. т/год – полимер для бутылок.

В связи с постоянным ростом производства упаковочных материалов из ПЭТФ остро встают вопросы рациональной утилизации образующихся отходов.

Существует три основных способа утилизации ПЭТФ тары: сжигание, химическое разложение на исходные мономеры и термомеханический рециклинг.

Предварительные результаты проведенных на кафедре ТНХС и ППМ экспериментов по приданию специальных свойств ПЭТФ-флексам открывают новые возможности применения вторичного ПЭТФ.

Эксперимент заключался в следующем: пробы необработанных ПЭТФ-флекс и термо-механически обработанного вторичного ПЭТФ подвергли воздействию окислительной системы, причем для каждой пары проб температура и время выдержки в системе варьировалось от 20 до 35 °С и от 3 до 12 суток соответственно. Также использовались различные виды модификаторов в термо-окислительной системе. Изменение концентраций в системе контролировали проведением кислотно-щелочного титрования. Опыты показали, что при времени выдержки от 10 до 12 суток и при температуре выдержки 30 °С взаимодействие функциональных групп ПЭТФ с компонентами окислительной системы происходит наиболее полно, причем пробы с термо-механически обработанным ПЭТФ максимально отвечают заданным свойствам. Пробы необработанного ПЭТФ даже при использовании эффективных модификаторов полностью не отвечали заданным свойствам, что доказывает обоснованность термо-механической обработки ПЭТФ-флекса.

Осуществление полимераналогичных превращений (взаимодействие функциональных групп ПЭТФ с компонентами окислительной системы) позволило модифицировать ПЭТФ с приданием полимеру новых свойств – ионообменных. Это открывает принципиальную возможность использования вторичного ПЭТФ в качестве ионообменных материалов различного назначения.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННОЙ АКРИЛОВОЙ КРАСКИ

О. Ю. ЗВЕРТОВСКАЯ (асп.), БГТУ

Рассматриваемая работа посвящена исследованию водно-дисперсионных лакокрасочных материалов на основе акриловых дисперсий.

Водно-дисперсионные краски – один из наиболее современных и активно развивающихся видов лакокрасочной продукции. Это может быть объяснено рядом ценных экономических и эксплуатационных свойств данного вида лакокрасочных материалов. Прежде всего, это практически полное отсутствие в их составе токсичных и огнеопасных органических растворителей, что исключительно важно в связи с ужесточением требований по охране окружающей среды, необходимостью устранения пожаро- и взрывоопасности, а также ростом цен на растворители. К преимуществам следует также отнести низкий расход при их использовании и быстрое образование покрытий, а также хорошую адгезию к подложке при нанесении на влажную поверхность.

Однако водно-дисперсионные краски не лишены недостатков. Один из наиболее существенных недостатков – недостаточная устойчивость к фотоокислительной деструкции. В связи с этим цель работы – разработать рецептуру фотостабильной акриловой водно-дисперсионной краски. В качестве фотостабилизирующей добавки предлагается к использованию соединение класса пространственно-затрудненных аминов.

Для определения свойств покрытий было произведено нанесение разработанного лакокрасочного материала на металлические и деревянные подложки, а для испытаний использовались ГОСТированные методики определения различных свойств, характеризующих фотодеструкцию полимера.

На основании проведенного эксперимента и полученных данных получили рецептуру водно-дисперсионной краски на основе акриловой дисперсии с введением специализированной фотостабилизирующей добавки. Разработанная водно-дисперсионная краска характеризуется устойчивостью к воздействию УФ облучения, повышенных температур и сохраняет свои свойства на протяжении продолжительного времени воздействия.

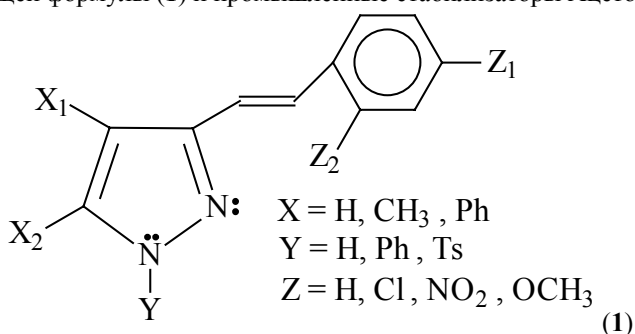
Научная новизна заключается в том, что на территории Республики Беларусь до настоящего времени не проводились исследования по разработке рецептур водно-дисперсионных красок. Кроме того, в большинстве случаев производство водно-дисперсионных красок отечественными заводами осуществляется на основе рецептур, разработанных за пределами РБ.

Полученная рецептура планируется к внедрению в строительстве для окраски деревянных поверхностей.

НОВЫЕ ФОТОСТАБИЛИЗАТОРЫ ПОЛИЭТИЛЕНА КЛАССА ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗАМЕЩЕННЫХ ПИРАЗОЛОВ

А. В. ГИБХИН (студ. 4 к.), О. Я. ТОЛКАЧ (к.т.н), БГТУ

Полиэтилен широко используется для изготовления сельскохозяйственных пленок, трубопроводов, изделий и деталей, испытывающих на себе при эксплуатации воздействия солнечной радиации. Главным недостатком ПЭВД является его склонность к старению и деструкции, которые являются причинами разрушения материала. Значительной экономии средств можно достичь, используя эффективные стабилизирующие добавки, увеличивающие срок службы полимерных материалов и их эксплуатационные качества за счет улучшения физико-механических и энергетических характеристик. Цель данного исследования – определение стабилизирующей эффективности в процессе фотодеструкции ПЭВД функционально замещенных пиразолов, которые впервые были синтезированы на кафедре органической химии БГТУ. Исследовались восемь гетероциклических соединений общей формулы (1) и промышленные стабилизаторы Ацетонил R и Ионол.



Вещества вводились в полиэтилен в количестве 0,5 мас.% на лабораторных вальцах, из композиций прессовались пленки, которые облучались ртутно-кварцевой лампой ПРК-4 ($\lambda=320-350$ нм) в течение 60 ч. Через каждые 10 ч УФ-облучения определялись деформационно-прочностные свойства образцов: относительное удлинение ϵ и прочность σ при разрыве, показатель текучести расплава (ПТР). На основании полученных значений ϵ и σ определялись коэффициенты стойкости полимерных композиций к фотодеструкции, которые равны

отношению величины параметра после облучения к его исходной величине. Результаты показали, что к 60 ч облучения образцы имели коэффициент стойкости $K\sigma = 69-109\%$ и $K\epsilon = 2-43\%$. Вязкость расплавов (ПТР) снизилась на 5-50% (без добавок). Были определены композиции, проявившие наилучшую стойкость к фотостарению. Это композиции с пиразолом ($X_1=CH_3$, $Y=Ts$, $Z_1=Cl$) – $K\sigma = 93\%$, $K\epsilon = 27\%$; азолом ($X_2=OH$, Ph , $Y=Ts$, $Z_1=NO_2$) – $K\sigma = 69\%$, $K\epsilon = 43\%$; Ацетонилом – $K\sigma = 83\%$, $K\epsilon = 42\%$. Их ПТР в конце старения изменился на 5-8%. Остальные азолы и Ионол (признанный аниоксидант) не проявили достаточного стабилизирующего действия в процессе фотодеструкции.

Таким образом, можно сделать вывод, что синтез различных функционально замещенных пиразолов является перспективным направлением при получения новых фотостабилизаторов полимеров.

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ, НА ОСНОВЕ d,l-ПОЛИЛАКТИДА

Д. А. БЕЛОВ (асп. 2 с.), Л. П. КРУЛЬ (д.х.н., проф.), БГУ

В последнее время биodeградируемые полимеры находят все более широкое применение в медицине и в том числе в восстановительной хирургии. Данного типа материалы используют для производства пролонгированных лекарственных форм, шовного материала и медицинских имплантатов. Использование биodeградируемых полимеров в медицинской практике имеет ряд несравненных преимуществ перед классическими материалами: решается ряд проблем связанных с травмирующими эффектами повторных хирургических вмешательств, достигается лучшая совместимость при введении имплантатов. Вместе с этим биodeструктурируемые полимеры еще далеки от совершенства и по ряду некоторых показателей пока отстают от других используемых материалов. Прежде всего, обращает на себя внимание относительно малая прочность полимерных изделий хирургического назначения по сравнению с металлическими. Это ведет к ограничению применения этих материалов или к необходимости увеличения геометрических размеров имплантата (для достижения прочности, сопоставимой с прочностью изделия изготовленного из металла).

В Белорусском государственном университете совместно с Институтом тепло- и массообмена, Институтом физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси и Белорусской медицинской академией последипломного образования ведутся исследования по получению полимерных биodeградируемых материалов медицинского назначения, путем модифицирования d,l-полилактида углеродными наночастицами.

В настоящем сообщении рассмотрены вопросы, связанные с получением композиций биodeградируемого полимера – d,l-полилактида, с углеродными нанотрубками, а так же с исследованием их свойств.

Исследование полученных композиций показало, что концентрация углеродных частиц оказывает сильное влияние на свойства материала. В результате работы было установлено влияние условий приготовления композиций на их свойства, а так же обнаружено наличие экстремальной зависимости деформационно-прочностных свойств полимерного материала от концентрации наночастиц.

Данное исследование показывает о возможности модифицирования полилактида углеродными наночастицами, в результате которого наблюдается возрастание стабильности полимерного материала в области температуры плавления, а так же увеличение прочности изделий из данного полимера.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ИОНОГЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН С БАКТЕРИЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Н. В. ВЕРХОВЦОВА (асп.), Б. Э. ГЕЛЛЕР (проф., д.т.н.), МГУП

В условиях повсеместного ухудшения экологических характеристик окружающей среды становится актуальной минимизация вредного воздействия этих факторов на организм человека. Существенное значение приобретают текстильные материалы, обладающие бактерицидными свойствами, позволяющие создавать изделия не только с улучшенными санитарно-гигиеническими характеристиками, но и устойчивые к действию моли.

Известно, что интенсивными бактерицидными свойствами обладают некоторые четвертичные аммониевые соединения (ЧАС). Было проведено систематическое изучение кинетических и термодинамических аспектов сорбции ЧАС ионогенным полиэфирным волокном, содержащим 2,5% (масс.) звеньев сульфоизофталевой кислоты.

Была изучена кинетика сорбции солянокислого алкилдиметилбензиламмония (АДМБА) полиэфирным волокном линейной плотности 0,33 текс при 300–373 К в диапазоне концентраций 1,0–4,0% (масс.). Установлено, что равновесие в исследуемой системе при температуре обработки 333–373 К достигается уже через 45 мин.

Вычислены коэффициенты диффузии ЧАС в полимерный субстрат при концентрации растворов 1,0 %, 2,0 % и 4,0 %. Коэффициенты диффузии ЧАС увеличиваются с ростом концентрации обрабатываемого раствора.

Была изучена температурная зависимость процесса сорбции, позволяющая вычислить значение кажущейся энергии активации процесса. С увеличением концентрации АДМБА в растворе наблюдается существенное увеличение энергии активации процесса сорбции.

Математический анализ полученных экспериментальных результатов позволил предположить, что процесс сорбции АДМБА полиэфирными волокнами могут быть удовлетворительно описан уравнением Ленгмюра.

Изучение изотерм сорбции при различных температурах позволило оценить «пределы насыщения». Это позволило нам оценить интегральную теплоту сорбции АДМБА полиэфирным модифицированным волокном. Полученное значение теплоты сорбции несколько выше энергии водородных связей. Возможно, при взаимодействии АДМБА с полиэфирным волокном, содержащим сульфогруппы, протекают частично и реакции солеобразования.

Анализ физико-механических характеристик модифицированного полиэфирного волокна показал, что существенного влияния на физико-механические свойства волокон модификационные обработки не оказывают.

Были изучены бактерицидные свойства модифицированных полиэфирных волокон по отношению к культурам *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Образцы обладают отчетливо выраженной антимикробной активностью.

ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИИМИДОВ

А. И. ГЛОБА (асп.), Э. Т. КРУТЬКО (д.т.н., проф.)

В электроструктурирующихся жидкостях в качестве дисперсной среды широко применяют различные модификации кремнезема – силикагель, аэросил, диатомит, одним из основных недостатков которых является низкая седиментационная стойкость жидкости во времени (расслоение) [1].

Цель данной работы – изучить возможность повышения седиментационной стойкости электроструктурирующихся жидкостей за счет использования в качестве мелкодисперсной твердой фазы модифицированных полиимидов, плотность которых почти в два раза ниже плотности диоксида кремния.

При проведении исследования использованы методы дериватографии, Фурье-ИК-спектроскопии, электронной микроскопии; электродинамические характеристики композиций измеряли на приборе «Реотест 2.1». Изучены электродинамические характеристики композиций на основе трансформаторного масла и дисперсной среды – полиимида, полученного на основе пиромеллитового диангидрида и диаминодифенилоксида, модифицированного различным количеством ацетилацетоната кобальта. Ароматические полиимиды получали двухстадийным способом, при котором на первой стадии взаимодействия образуется форполимер – полиамидокислота, а конечный полимер – полиимид – образуется на второй стадии синтеза – при твердофазной высокотемпературной или низкотемпературной химической дегидроциклизации форполимера [2, 3]. Модификацию проводили двумя различными способами, от которых зависит содержание ацетилацетоната кобальта в конечном продукте. Установлено, что повышение концентрации дисперсной фазы в жидкости приводит к тому, что достижение определенного эффекта повышения вязкости возможно в более сильном электрическом поле. При этом динамическая вязкость суспензии в электрическом поле снижается при увеличении содержания металла в композициях и это приводит к снижению электрореологических характеристик исследуемых композиций.

Таким образом, проведенное экспериментальное исследование показало перспективность использования модифицированных полиимидов в электрореологических дисперсных композициях и необходимость проведения дальнейших исследований.

1. Адрова Н. А., Бессонов М. И., Лайус Л. А., Рудаков А. П. Полиимиды – новый класс термостойких полимеров. Л.: Наука, 1968. 211 с.

2. Шульман З. П., Дейнега Ю. Ф., Городкин Р. Г., Маценуро А. Д. Электрореологический эффект. Мн.: Наука и техника, 1972. 176 с.

3. Крутько Э. Т., Прокопчук Н. Р., Мартинкевич А. А., Дроздова Д. А. Полиимиды. Синтез, свойства, применение. Мн.: БГТУ, 2002. 302 с.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В ПРЯДИЛЬНЫХ РАСТВОРАХ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ТЕРПОЛИМЕРОВ АКРИЛОНИТРИЛА

А. Г. ХАРИТОНОВИЧ (асп.), Л. А. ЩЕРБИНА (доц., к.т.н.), МГУП

Апротонные растворители по своей природе являются весьма гигроскопичными веществами. Поэтому в них всегда присутствует некоторое количество воды. Для производства полиакрилонитрильных волокон требуется точное знание содержания воды в исходном диметилформамиде (ДМФ) и в прядильном растворе волокнообразующих терполимеров акрилонитрила.

Методом газохроматографического анализа проведено систематическое изучение содержания воды в ДМФ в присутствии и в отсутствии волокнообразующих терполимеров.

Анализ данных показывает, что отношение площадей газохроматографического пика воды к газохроматографическому пику диметилформамида при изменении содержания воды в диметилформамиде может быть описано зависимостью

$$y = 0,0003x^2 + 0,0122x + 0,01 \quad ,$$

где y – отношение площади пиков воды к площади пиков диметилформамида; x – содержание воды в диметилформамиде, %(масс.).

Уравнение справедливо и для определения количества воды в прядильных растворах волокнообразующих терполимеров акрилонитрила.

На основании полученной в эксперименте научной информации можно заключить, что для определения малых содержаний воды в диметилформамиде удобнее пользоваться следующим методом: в технический апротонный растворитель, подлежащий анализу на содержание воды, вводится известное количество воды и строится калибровочный график в координатах "количество добавленной воды (в процентах массовых от общего количества смеси) – отношение площадей хроматографических пиков воды и диметилформамида". Полученная зависимость экстраполируется на нулевое значение площади пика воды и на оси абсцисс определяется содержание воды в исходном техническом ДМФ.

ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ ГИДРАТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ В ПРОЦЕССЕ НИТЕОБРАЗОВАНИЯ

О. В. ХОРОНЕКО (асп.), Б. Э. ГЕЛЛЕР (проф., д.т.н.), МГУП

Гидратцеллюлозные волокна и нити характеризуются потерей прочности в «мокрое» состоянии до 50 %. В воде они набухают на 100-110 %. Чувствительность гидратцеллюлозных волокон к влаге и ухудшение физико-механических показателей при увлажнении является характерной особенностью этого класса волокон, что объясняется структурой гидратцеллюлозы. Подобные изменения свойств волокна в зависимости от влагосодержания объясняются ослаблением межмолекулярных связей при гидратации НО-групп целлюлозы молекулами воды.

Повысить формоустойчивость волокна в «мокрое» состоянии можно, по-видимому, частичной «сшивкой» макромолекул полимерного субстрата, что приводит к уменьшению подвижности структурных элементов волокна (нити). Это может быть достигнуто на различных стадиях нитеобразования и отделки волокна (нитей).

К настоящему времени известны различные технические решения, позволяющие реализовать эффект улучшения механических свойств вискозных волокон (нитей) на стадии отделки. В нашей лаборатории было установлено, что вискозные текстильные нити до сушки характеризуются высокой удельной поверхностью, достигающей 21,8 м²/г (при определении по азоту) и 187,5 м²/г (при определении по сорбции воды), а суммарный объем пор для свежесформованной промытой вискозной текстильной нити составляет 0,8 см³/г. При обработке гель-волокна формальдегидом и различными бифункциональными соединениями (диизоцианатами, диметилгольными производными, дивинилсульфоном и др.) прочность волокна (нитей) в «мокрое» состоянии возрастает. При обработке триметилфенолом прочность вискозных волокон (нитей) в «мокрое» виде возрастает с 50 до 70 % от их прочности в сухом виде, а при обработке этих волокон гексаметилендиизоцианатом их прочность в «мокрое» состоянии возрастает на 66 %.

Вместе с тем, существенный интерес представляет достижение эффекта увеличения прочности вискозных волокон (нитей) в «мокрое» состоянии не на стадии отделки, а на стадии нитеобразования. Так как при разложении ксантогената целлюлозы в осадительной ванне регенерируемая гидратцеллюлоза характеризуется весьма высокой реакционной способностью гидроксильных групп, то этот эффект мы намерены использовать для получения гидратцеллюлозных волокон (нитей) более устойчивых к мокрым обработкам, чем волокна, полученные по обычной технологической схеме.

МИГРАЦИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

А. В. ГРИЦУК (студ. 4 к.), А. В. ЛИХАЧЁВА (к.т.н.), БГТУ

В работе были проведены аналитические и практические исследования, направленные на изучение процессов миграции и трансформации нефтепродуктов в окружающей среде. Подобные исследования являются первым этапом при разработке природоохранных мероприятий, позволяющих восстановить качество компонентов окружающей среды, загрязненных нефтепродуктами.

К основным процессам миграции и трансформации нефтепродуктов в окружающей среде относят.

Процесс испарения с поверхности водных объектов, почвы. Далее нефтепродукты могут рассеиваться в атмосферном воздухе с воздушными течениями, либо подвергаться процессам фотохимического окисления по радикальному механизму с образованием токсичных промежуточных продуктов реакции (например, озон, ПАН, оксид углерода, формальдегид и пр.).

Миграция нефтепродуктов в водной среде осуществляется в пленочной, эмульгированной и растворенной формах, а также в виде нефтяных агрегатов. Нефтепродукты, попавшие в водную среду, подвергаются многочисленным процессам, направленным на их разрушение и переработку, но наиболее значимые из последних – это химические и микробиологические (биохимические) процессы, в основе которых лежат окислительно-восстановительные, фотохимические и гидролитические реакции. На долю химического окисления приходится 10-50 % биохимического окисления органического вещества, на долю микробиологической переработки – свыше 60 % (в экспериментальных условиях окислялось до 80% органического вещества). Процессу гидролиза подвергаются соединения, являющиеся слабыми кислотами или основаниями: эфиры, амиды карбоновых кислот и различных фосфорсодержащих кислот. Фотометрические превращения загрязняющих веществ осуществляются в природной среде под действием ультрафиолетовой составляющей солнечного излучения при $h\nu = 310$ нм при участии свободных радикалов. Свободнорадикальный механизм трансформации загрязняющих соединений в водной среде – наиболее характерный механизм самоочищения в водоемах, осуществляемый не только в результате фотохимических реакций, но и биохимических. Изучение процесса окисления органических веществ в водоемах показало, что распад и синтез в воде осуществляются с участием многоступенчатых ферментных и биохимических реакций, в которых металлы с переменной валентностью и элементоорганические соединения активизируют действие растворенного кислорода.

Нефтепродукты в геологической среде могут находиться в свободном, связанном или сорбированном состоянии. Они смещаются по движению потока грунтовых вод и распространяются в боковых направлениях; перемещаются в вертикальных направлениях при естественных или техногенных колебаниях уровня грунтовых вод; разгружаются вместе с плавающей линзой или зоной пленочного растекания либо самостоятельно в водотоки и водоемы; загрязняют нижележащий горизонт подземных вод при нисходящем вертикальном перетоке грунтовых вод. Основной процесс трансформации нефтепродуктов – биохимический.

ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

А. В. ГРИЦУК (студ. 4 к.), А. В. ЛИХАЧЁВА (к.т.н.), БГТУ

В настоящее время проблема загрязнения почв нефтепродуктами стала одной из наиболее актуальных. Почвенный покров – один из наиболее мощных регуляторов химического состава атмосферы и гидросферы. От характера почвенного покрова, свойств почвы, протекающих в почвах химических и биохимических процессов зависят чистота и состав атмосферы, наземных и подземных вод.

На основании изучения процессов, протекающих в окружающей среде, и способствующих самоочищению компонентов природной среды от нефтепродуктов, сделан вывод, что наиболее перспективным направлением разработки технологии восстановления почв, загрязненных нефтепродуктами, является применение биохимических методов.

Поэтому в данной работе исследован процесс биодеструкции нефтепродуктов в замазученном грунте неадаптированными микроорганизмами, а следовательно изучены кинетические закономерности этого процесса. Для выявления зависимости скорости распада нефтепродуктов под действием активного ила от их содержания и содержания активного ила в грунте поставлена серия опытов, которые предоставляют информацию для математического описания процессов деструкции нефтепродуктов (составление кинетических уравнений).

Сделаны выводы об оптимальном соотношении нефтепродукта-загрязнителя и активного ила. На основании полученных результатов разработаны мероприятия по восстановлению почв, загрязненных нефтепродуктами, методом биорекультивации с использованием активного ила городских очистных сооружений.

Предлагается использовать активный ил городских очистных сооружений в процессе биорекультивации нефтезагрязненных почв, используя полученное соотношение нефтепродукта и активного ила.

На основании полученных результатов разработана технология очистки почв от нефтепродуктов. Определены условия проведения каждой стадии процесса очистки.

Учитывая то, что почвы загрязняются нефтепродуктами повсеместно, то данные системы по рекультивации почв предлагается организовать в каждой области Республики Беларусь. Создание нескольких региональных центров позволит снизить затраты на транспортировку почвы и активного ила, не потребует отведение больших площадей для биорекультивации, упростит решение организационных проблем по созданию системы.

МОДЕЛЬ СОВМЕЩЕНИЯ СТЕКЛОРОВИНГА С ПОЛИМЕРНЫМ РАСПЛАВОМ В ОДНОЧЕРВЯЧНОМ ЭКСТРУДЕРЕ

О. А. ШАНЬКО (студ. 5 к.), Е. В. ШУБЕНКОВА (инж.), В. П. СТАВРОВ (д.т.н.), БГТУ

Формообразование изделий конструкционного назначения из термопластичных полимеров, армированных волокнами, относится к наиболее интенсивно развивающимся технологиям. По экономическим соображениям целесообразно получение изделий из предварительно пластицированных композиций. Однако совмещение волокон, особенно хрупких стеклянных, с высоковязкими расплавами термопластичных полимеров приводит к разрушению волокон, в результате чего снижаются механические свойства материала в изделиях.

Цель работы – установление связи прочности стеклоармированных термопластов с показателями вязкости расплава и режимами совмещения в экструдере.

На основе решения задачи о течении нелинейно-вязкого полимерного расплава в канале червяка [1] найдены распределения скоростей сдвига, определяющих условия разрушения волокон, и накопленных деформаций сдвига, определяющих качество смешения. Предполагается, что разрушение элементарного волокна при движении его в канале червяка происходит при достижении равнодействующей от касательных напряжений на поверхности значения разрывной прочности волокон. Установлена связь между скоростью сдвига, диаметром волокна и степенью наполнения расплава волокнами. В результате по функции распределения скорости сдвига расплава как случайной величины, значениям диаметра и прочности волокон построено распределение длины волокон на выходе из экструдера. В известную формулу Келли-Тайсона для прочности хаотически армированных материалов с пластичной матрицей введена расчетная плотность распределения длины волокон и по заданной прочности компонентов и связи на границе волокно-матрица вычислена средняя прочность композиции. Адекватность данной модифицированной модели проверена по экспериментальным данным, приводимым в литературе [2]. Исходя из прогнозируемой прочности композиции, рассчитаны параметры процесса компаундирования в одночервячном экструдере. Построены зависимости показателя однородности композиции, расхода и затрачиваемой мощности от температуры расплава, диаметра, длины и частоты вращения червяка.

Предложенная модель использована для оценки различных схем прямого компаундирования при изготовлении профильных изделий гибридной структурой из стеклоармированного полипропилена. Показана эффективность применения дополнительного экструдера-смесителя, определены его параметры.

1. Торнер Р. В. Теоретические основы переработки полимеров. М.: Химия, 1977.

2. Thomason J.L. *a.a.* Influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre-reinforced polypropylene. Part 3 // Composites A, 27A (1996), 1075–1084.

ВЛИЯНИЕ КРОМОЧНЫХ ПЛАСТИКОВ И КЛЕЕВ-РАСПЛАВОВ НА ПРОЧНОСТЬ СКЛЕИВАНИЯ

И. С. ПЕТРУКОВИЧ (студ. 5 к.), Л. М. БАХАР (ассист.), БГТУ

В настоящее время для облицовывания кромок деталей мебели широко применяют кромочный материал ПВХ. В связи с этим появились проблемы, вызванные с низкой адгезией клеев расплавов к кромочному пластику и отслаиванием его от кромок мебельных деталей. Факторы, влияющие на качество облицовывания, а также способы повышения прочности клеевого соединения кромочного пластика с основой изучены недостаточно. Поэтому исследования, связанные с повышением прочности клеевого соединения представляются актуальными. Целью проводимых исследований являлось изучить свойства клея-расплава и кромочного материала, а также изучить влияние вида обработки поверхности кромочного материала на адгезионную прочность клеевого соединения.

На основании проведенного аналитического обзора и патентной проработки, а также в соответствии с целью данной работы были поставлены следующие задачи: исследовать физико-механические показатели кромочных материалов и клеев-расплавов; выбрать из производственного опыта оптимальные режимы облицовывания и расход клея-расплава; исследовать методы повышения адгезионной прочности клеевых соединений. В проводимых исследованиях использовали материал, применяемый в мебельной промышленности Республики Беларусь: кромочный материал ПВХ, полиэфирный листовой пластик МКППЭ-2, меламинный рулонный кромочный пластик МКР-2, клей-расплав КРУС-2, клей-расплав SK-77.9.7. В ходе исследования был изучен производственный опыт по облицовыванию кромок мебельных деталей кромочным материалом, выбран оптимальный режим облицовывания: скорость подачи 30-40 м/мин; расход клея – 330–400 г/м²; усилие прижатия роликов в зоне контакта 1,8-2,5 кг/см², а также наиболее эффективные и доступные способы обработки (активизации) поверхности пластика.

Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы: клей-расплав фирмы «Клейберит» SK-77.9.7 имеет более высокие физико-механические показатели, чем клей-расплав КРУС-2. Наиболее высокими показателями из изученных в данной работе обладают меламинный рулонный кромочный пластик МКР-2 и кромочный материал ПВХ. Экспериментально исследовано существенное влияние на адгезионную прочность оказывает обработка поверхности пластика ультрафиолетовым облучением и термообработка.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ СЫРЬЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ МАСЛЯНЫХ ФРАКЦИЙ ФЕНОЛОМ, СОДЕРЖАЩИМ СОЭКСТРАГЕНТ

*И. Л. КОВАЛЕВ (студ. 5 к.), Ю. С. НОВИКОВА (студ. 5 к.), А. И. ЮСЕВИЧ (к.х.н.),
Е. И. ГРУШОВА (к.х.н.), БГТУ*

В настоящее время широкое применение в различных отраслях народного хозяйства находят смазочные масла, полученные как из нефтяных фракций, так и на основе органического синтеза. Однако, чтобы минеральные масла не уступали по качеству синтетическим, в технологические схемы их производства включают гидрогенизационные процессы – гидроочистку, гидрокрекинг и т.п. При этом указанные способы воздействия на углеводородное сырье применяют как для исходных масляных дистиллятов, так и дистиллятов, прошедших селективную очистку. Тем не менее, практически любые новые варианты схем получения базовых масел включают стадию селективной очистки. Поэтому в данной работе были детально исследованы свойства основных видов сырья для производства базовых масел. Это вакуумные дистилляты, полученные при перегонке мазута на ОАО «Нафтан» - VD-1, VD-2, VD-3, VD-4.

По стандартным методикам были определены в широком температурном интервале кинематическая вязкость, плотность, показатель преломления, рассчитан индекс вязкости, методом n-d-m проанализирован структурно-групповой состав. Далее исследуемые образцы были подвергнуты селективной очистки в условиях, имитирующих промышленную технологию. В качестве экстрагента использовали фенол, содержащий 5% мас. апротонных растворителей: диметилсульфоксид, N-метилпирролидон, тетраметилсульфон.

Исследования показали, что вводимые добавки по-разному влияют на эффект очистки указанных образцов масляных фракций. Кроме того, эффект очистки может зависеть и от вязкости исследуемого образца. Сделана попытка связать наблюдаемые закономерности с особенностями структурно-группового состава вакуумных дистиллятов, структурой разделяющего агента, свойствами апротонных соэкстрагентов.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭКСТРАКЦИИ АРЕНОВ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ ТРИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕМ, СОДЕРЖАЩЕМ СОЭКСТРАГЕНТ

*Ю. С. НОВИКОВА (студ. 5 к.), В. О. БУЙНЕВИЧ (студ. 5 к.), С. А. БУЙНЕВИЧ (студ. 5 к.),
Е. И. ГРУШОВА (к.х.н.), БГТУ*

Для повышения октановых характеристик бензинов во всем мире широко используются оксигенатные добавки. При этом весьма часто производство последних осуществляется на тех же предприятиях, где они и применяются. В этой связи представляло интерес выявить возможно ли расширить область применения оксигенатных добавок. Учитывая, что весьма важной проблемой для нефтепереработки является повышение степени использования сырья и, в частности, в технологии экстракционного извлечения моноциклических ароматических углеводородов из катализаторов риформинга было исследовано влияние оксигенатной добавки на экстракцию.

С целью оценки возможности интенсификации промышленного процесса извлечения аренов из катализаторов риформинга методом жидкостной экстракции определены и проанализированы вязкостные свойства и термодинамические характеристики активации вязкого течения промышленного экстрагента триэтиленгликоля, содержащего 3, 5, 8, 12% мас. оксигенатной добавки. Показано, что изменение структуры разделяющего агента, характеризующей энтропией активации вязкого течения, средней степенью ассоциации разделяющего агента, удельной энтальпией активации вязкого течения, с увеличением содержания соэкстрагента не носит монотонный характер.

На основе данных экстракции модельных систем было исследовано влияние оксигенатной добавки на емкостные и селективные свойства разделяющего агента в зависимости от содержания соэкстрагента. Установлено, что с повышением концентрации последнего не происходит монотонного изменения коэффициентов распределения и избирательности. Наблюдаемые закономерности были проанализированы с точки зрения структурных характеристик систем триэтиленгликоль – оксигенатная добавка. Установлено, что повышение средней степени ассоциации экстрагента не сопровождается снижением его растворяющей способности. Важную роль в данном случае играет жесткость молекулярных связей в среде экстрагента. Выявленные закономерности позволили выбрать оптимальный состав разделяющего агента, который позволяет улучшить показатели экстракционной очистки в сравнении с промышленным экстрагентом.

РЕЗИНОВЫЕ СМЕСИ, СОДЕРЖАЩИЕ НАПОЛНИТЕЛЬ, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТАЛЛОМ

О. В. КУРИЛЬЧИК (студ. 3 к.), Е. В. БЕРЕЗУН (студ. 4 к.), А. В. КАСПЕРОВИЧ (к.т.н.), БГТУ

Для повышения эффективности ингредиентов по функциональному назначению применяют модификацию как целенаправленный процесс улучшения тех или других свойств за счет протекания соответствующих физических явлений. Различные способы модификации ингредиентов резиновых смесей применяются для придания им технологичности и экологической безопасности.

Целью работы является материаловедческое исследование ионно-лучевого модифицирования кристаллических ингредиентов резины (наполнителя) с целью улучшения физико-механических свойств вулканизатов.

Объектом исследования работы являются физико-химические процессы и физико-механические свойства резины, включающей модифицированный наполнитель.

Методология настоящей работы заключается в сочетании теоретических представлений и экспериментальных данных для научно-обоснованной технологии модифицирования кристаллических ингредиентов с целью изменения физико-механических показателей резины. Решение поставленной в работе цели осуществлялось с помощью следующих методов: ионно-ассистированного модифицирования в условиях саморадиации; сканирующей электронной микроскопии (SEM). При проведении сравнительных испытаний физико-механических свойств исходной резины и резины, содержащей модифицированный наполнитель измерялись: условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, твердость по Шор А.

Впервые проведены эксперименты по модифицированию наполнителя ионно-ассистированным осаждением металла в условиях саморадиации.

Установлено, что введение в модельную резиновую смесь наполнителя, модифицированного металлом, позволяет повысить физико-механические показатели вулканизатов на ее основе.

Применение модифицированного наполнителя позволяет повысить условную прочность при растяжении, твердость резины.

Применение модифицированного наполнителя позволит получить РТИ с улучшенными физико-механическими показателями. Разработанный способ ионно-ассистированного осаждения металла с целью модифицирования ингредиентов резиновой смеси может быть рекомендован для использования на заводах, выпускающих формовые резинотехнические изделия.

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ

Д. И. ЗАВАЛО (студ. 5 к.), О. С. ЗАЛЫГИНА (к.т.н.), БГТУ

За последние десятилетия белорусские геологи открыли большое количество важных для страны полезных ископаемых и подготовили базу для создания и развития строительной индустрии, производства разнообразных строительных материалов. Однако в большинстве случаев разрабатываемые месторождения полезных ископаемых используются нерационально: значительная часть горных пород отправляется в отходы.

К наиболее значительному по мощности разрабатываемому месторождению строительного камня относится Микашевичское, расположенное на юге Беларуси. Главными типами горных пород в его пределах являются разнообразные гранитоиды и метадиабазы. Перспективы для использования в качестве строительного и облицовочного камня имеют мраморы и кальцифиры Рудьянского месторождения (Столбцовский район).

На базе Микашевичского месторождения работает ОАО «Гранит» по производству щебня и искусственного песка. Однако при производительности 5 млн. кубометров дорожного щебня в год количество отходов в виде некондиционных фракций (отсевов дробления) и циклонной пыли составляет около 1 млн. кубометров. Не находящие спроса отсеиваются и направляются в отвалы, в которых скопилось миллионы кубометров отходов. Между тем, в этих отходах (отсевах дробления) содержатся ценные компоненты, что позволяет рассматривать их как вторичное сырье.

Целесообразность использования отсеиваемых фракций включает экономическую и экологическую составляющие. Экономическая составляющая складывается из затрат на горные работы и переработку горной массы (поскольку расходы на получение отсеиваемых фракций аналогичны расходам на выпуск щебня), экологическая составляющая складывается из затрат на горные работы и переработку горной массы), платы за аренду земель, занимаемых отвалами не нашедших сбыта отсеиваемых фракций, штрафы за выбросы в атмосферу. Экологическая составляющая проявляется в увеличении нагрузки на окружающую среду, создаваемую отвалами.

Комплексное использование добываемых природных ресурсов, в том числе и отходов (отсевов дробления щебня) не только способствует эффективному развитию промышленности строительных материалов, расширяя тем самым ее сырьевую базу, но и соответствует основным принципам безотходной и малоотходной технологий.

В работе предложена технологическая схема фракционирования горных пород при производстве щебня, рассмотрены возможные направления использования получаемых фракций, а также общие направления использования отсеиваемых фракций.

Реализация предложенной технологии при эксплуатации Рудьянского месторождения может обеспечить комплексное использование горных пород, максимально снизить нагрузку на окружающую среду, что эффективно экономически и экологически.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ШЛАМА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

С. Н. ДУДИЮК (студ. 5 к.), Е. В. МЕДВЕДСКАЯ (студ. 5 к.), О. С. ЗАЛЫГИНА (к.т.н.), БГТУ

В настоящее время в Республике Беларусь ежегодно образуется большое количество промышленных отходов. Уровень их использования остается низким – около 16%. Между тем в отходах содержатся ценные компоненты, что зачастую позволяет рассматривать их как вторичное сырье.

Особую роль в образовании отходов играет гальваническое производство. Каждый год в Республике Беларусь образуется более 22 тыс. тонн гальваношлама. Гальваношлам содержит большое количество тяжелых металлов, что делает его одновременно опасным отходом и ценным вторичным сырьем. При этом гальваношлам практически не используется и в основном накапливается на территории предприятий.

В данной работе была исследована возможность утилизации гальваношлама при производстве цветных глазурей и кирпича. Для исследования использовался гальваношлам, образованный в результате реагентной очистки сточных вод на УП «НПО «Центр»» г. Минска. В качестве базовой использовалась прозрачная глазурь для облицовочной плитки ПРУП «Березастройматериалы».

Гальванический шлам добавлялся к готовой глазури в количестве от 5 до 20 масс. % по сухому веществу. Глазурь наносилась на обожженную керамическую плитку методом полива. После сушки осуществлялся обжиг в электрической печи при температуре 1000°C с выдержкой в течение 40 минут. В результате были получены блестящие цветные глазурные покрытия зелено-горчичной гаммы. Интенсивность цвета увеличивалась с повышением содержания гальванического шлама в глазури. Зелено-горчичный цвет, по-видимому, обусловлен наличием в гальваническом шламе гидроксидов железа и хрома.

Также была исследована возможность использования гальваношлама при производстве керамического кирпича. Гальванический шлам добавлялся в количестве от 10 до 30 масс.%. После сушки кирпич обжигался в электрических печах при температуре 1000°C с выдержкой в течение 1 часа. Полученный керамический кирпич характеризуется хорошим внешним видом и повышенными физико-механическими характеристиками: плотностью, морозостойкостью, прочностью на сжатие и изгиб.

Таким образом, использование гальванического шлама в промышленности силикатных стройматериалов позволит расширить сырьевую базу этой отрасли, получить качественную продукцию, утилизировать отходы и снизить их воздействие на окружающую среду. В дальнейшем необходимо провести исследование экологической безопасности стройматериалов, полученных с использованием токсичных отходов (гальванического шлама). Исследование следует проводить с учетом всего жизненного цикла продукции в соответствии с международными стандартами серии ISO 14000.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИПСОЦЕМЕНТНОПУЦЦОЛАНОВЫХ ВЯЖУЩИХ

М. В. НОВИК (маг.), А. А. САКОВИЧ (ст. преп., к.т.н.), БГТУ

Одним из видов композиционных гипсовых вяжущих являются гипсоцементнопуццолановые (ГЦПВ), представляющие собой трехкомпонентную смесь: гипсового компонента, портландцемента и пуццолановой добавки (трепела).

В связи с началом промышленной разработки трепелов месторождения «Стальное» работы в направлении создания подобных вяжущих можно считать весьма перспективными. В данной работе проведены исследования по получению гипсоцементнопуццолановых вяжущих, с использованием в качестве сульфатсодержащего компонента вяжущих веществ различной природы.

Разработка составов ГЦПВ осуществлялась с учетом активности гидравлической (пуццолановой) добавки, в качестве которой использовали трепел месторождения «Стальное». Для оценки активности применяли метод оценки по поглощению $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который позволил установить, что используемая минеральная добавка имеет гидравлическую активность 264 мг/г.

Первый этап исследований был направлен на разработку составов композиционных гипсоцементнопуццолановых вяжущих, где в качестве гипсосодержащего компонента использовали следующие вяжущие вещества различной природы:

- строительное гипсовое вяжущее марки ГЗ (β -полугидрат);
- высокопрочное гипсовое вяжущее марки Г10 и Г16 (α -полугидрат).

С целью снижения себестоимости ГЦПВ были проведены исследования направленные на частичную замену используемых выше гипсовых вяжущих на крупнотоннажный отход - фосфогипс. Процентное содержание фосфогипса, которое вводилось вместо гипсового вяжущего, варьировали от 10 до 60%.

Второй этап исследований был направлен на получение композиционных ГЦПВ, где в качестве сульфатсодержащего компонента использовалось ангидритовое вяжущее (АВ), которое было получено обжигом фосфогипса Гомельского химического завода. Содержание АВ в составе композиции варьировалось в пределах 20 – 75%. Разработанные составы характеризуются высоким коэффициентом размягчения ($K_p = 1,2-2,3$). Предел прочности при сжатии за время (28 суток) выше у образцов ГЦПВ, полученных на основе ангидритового вяжущего 5,6-21 МПа, чем у образцов ГЦПВ на основе строительного и высокопрочного вяжущих – 5,3–12 МПа.

Преимущества композиционных ГЦПВ перед гипсовыми вяжущими делают их весьма перспективными для широкого использования в различных областях строительства.

ЭФФЕКТИВНЫЙ СУЛЬФОАЛЮМИНАТНЫЙ МОДИФИКАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗУСАДОЧНЫХ ЦЕМЕНТОВ

А. А. МАТВИЕЦ (асп. 2 к.), М. И. КУЗЬМЕНКОВ (проф., д.т.н.), БГТУ

В настоящее время ведутся обширные исследования по созданию новых эффективных строительных материалов, обладающих улучшенными физико-техническими свойствами. К этим материалам, несомненно, относятся и безусадочные цементы. Применение безусадочных цементов в бетонах позволяет существенно увеличить их эксплуатационные характеристики, такие как прочность, влаго- и газонепроницаемость, стойкость к агрессивным средам, атмосферостойкость, морозостойкость и др.

Наиболее распространенным способом получения безусадочных цементов является химическая активация обычного портландцемента различными добавками. Обычно в качестве таких активирующих добавок выступают довольно дорогостоящие, высококачественные материалы.

В Республике Беларусь безусадочные цементы получают путем активации портландцемента расширяющей добавкой. В качестве добавки используют смесь дорогостоящего импортного глиноземистого клинкера, стоимость которого с доставкой составляет около 420 долл. США, и природного гипса стоимостью 50 тыс. за тонну. В результате стоимость безусадочных цементов возрастает более, чем в 2 раза по сравнению с бездобавочными цементами общестроительного назначения.

В ходе научно-исследовательской работы был разработан расширяющий сульфоалюминатный модификатор, который при совместном помолу с портландцементом позволяет безусадочные и напрягающие цементы с линейным расширением 0,2–0,3% и самоупрочением 1–2 МПа.

В качестве компонентов при синтезе расширяющего модификатора использовались фосфогипс, глина и мел. Модификатор вводился в количестве 10–15% от массы цемента.

В настоящее время исследованы процессы гидратации и твердения цементной системы с расширяющим модификатором. Изучены особенности формирования этtringита и его влияние на процесс расширения.

На Петриковском керамзитовом заводе (ОАО «Гомельский ДСК») выпущена опытно-промышленная и промышленная партии модификатора объемом более 100 тонн, который нашел применение в при монолитном бетонировании для предотвращения усадочных деформаций и получения эффекта самоупрочения бетона 1–2 МПа, в составе сухих строительных смесей для предотвращения образования трещин, в составе тампонажных цементов с расширением до 1%, при строительстве нефтяных и газовых скважин, в составе автоклавных материалов для увеличения прочности ячеистого бетона в 2–2,5 раза или снижения плотности в 2 раза, в составе гидроизоляционных растворов при строительстве подземных бетонных сооружений.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО ДОЛОМИТА

Е. В. МАРЧИК (асп. 1 к.), М. И. КУЗЬМЕНКОВ (проф., д.т.н.), БГТУ

Производство безавтоклавных пенобетонов в связи с увеличением стоимости энергоносителей приобретает все большую популярность, о чем свидетельствует постоянно увеличивающееся количество публикаций, посвященных данной проблеме.

В работе приведены результаты исследований по получению пенобетона с использованием вместо традиционно применяемого портландцемента каустического доломита, который характеризуется меньшей энергоемкостью. В тоже время и по своим физико-механическим свойствам, а именно по прочности он не уступает портландцементу. Поэтому разработка технологии получения вяжущего и пенобетона на основе достаточного недорогого сырья (доломит) является актуальной задачей, так как позволяет получать высокоэффективные цементы (марка не ниже 500).

На первом этапе исследований ставилась задача разработать оптимальные параметры обжига и затворения доломитов месторождения «Гралево». В качестве затворителя использовался водный раствор хлорида магния. Определены следующие оптимальные параметры процесса: – температура обжига 830 ± 5 °С; – температура затворителя 50 ± 5 °С; – плотность затворителя $1,2$ г/см³; – водоцементное отношение $0,30$ – $0,35$.

На втором этапе исследований ставилась задача разработать состав пенобетона на основе каустического доломита. При разработке состава пенобетона в качестве ближайшего аналога был взят пенобетон на основе портландцемента, в состав которого входят следующие компоненты: портландцемент, зола-унос, вода, суперпластификатор С-3, пенообразователь и стабилизатор. Получен пенобетон со следующими свойствами: – средняя плотность 500 – 510 кг/м³; – прочность на сжатие $0,12$ – $0,16$ МПа. В качестве пенообразователя использовалась древесно-омыленная смола. Такой теплоизоляционный материал предназначается для устройства стен в малоэтажном сельском строительстве.

Реализация выполненной научно-исследовательской разработки обеспечивает расширение номенклатуры теплоизоляционных материалов и снижение издержек на их производство.

Организация производства указанного материала планируется на ОДО «Лесохимик» (г. Полоцк).

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОМОЛА ИЗВЕСТКОВО-ПЕСЧАНОГО ВЯЖУЩЕГО

Н. М. КУЗЬМЕНКОВА (асп. 1 к.), С. В. ПЛЫШЕВСКИЙ (доц., к.т.н.), БГТУ

Наиболее энергоемкими в производстве силикатных материалов являются процессы тепловлажностной обработки и помола известково-песчаного вяжущего.

На процесс помола известково-песчаного вяжущего расходуется до 30% электроэнергии от общего его расхода на производство изделий. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на интенсификацию процесса помола.

Целью данной работы являлась интенсификация процесса помола известково-песчаного вяжущего за счет введения гидрофобизирующей добавки. В качестве такой добавки использовался отход производства капролактама.

Помол известково-песчаного вяжущего проводился в лабораторной мельнице до удельной поверхности 4750 – 5000 см²/г, которая обычно рекомендуется в производственных условиях. Варьировали количеством добавки от $0,25$ до 1% и устанавливали продолжительность помола, обеспечивающей достижение указанной величины удельной поверхности. Удельную поверхность определяли с помощью прибора ПСХ-8а.

Было установлено, что минимальная продолжительность помола известково-песчаного вяжущего достигается при введении добавки в количестве $0,25\%$. Время помола вяжущего с указанным количеством добавки снижается с $4,7$ до $2,4$ часа. Эффективность данной гидрофобизирующей добавки обусловлена наличием в ней молекул с резко выраженным ассиметрично полярным строением. Такую молекулу условно можно представить, как бы состоящей из полярной “головки” и углеводородного “хвоста” (длинного углеродного радикала).

При введении этой добавки в известково-песчаную смесь ее молекулы адсорбируются своими более полярными концами (головкой) на частицах, обращаясь менее полярными радикалами к молекулам и ионам воды. Образующиеся на частицах адсорбционные слои способствуют разъединению частиц материала и оказывают диспергирующее действие.

Эти молекулы закономерно ориентируются своими полярными группами на частицах материала. При этом углеводородные радикалы располагаются наружу. Эти углеводородные цепи гидрофобны, водой не смачиваются, между их концами образуются в водной среде коагуляционные связи, которые при наличии внешних механических усилий становятся подвижными и пластичными.

Таким образом, предлагаемая добавка является высокоэффективной и позволяет снизить расход электроэнергии на стадии помола до 50% .

Результаты проведенных исследований представляют практический интерес для предприятий по производству силикатного кирпича и ячеистого бетона.

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

В. В. ЗАРАНСКИЙ (асп. 3 к.), М. И. КУЗЬМЕНКОВ (проф., д.т.н.), БГТУ

Жидкое стекло считается перспективным связующим материалом, отличающимся относительно низкой стоимостью и экологической чистотой. Оно применяется в производстве строительных материалов, хлопчатобумажных тканей, моющих средств, электродов, огнеупорных и жаростойких покрытий, используется в качестве крепителя в литейном производстве, клеящего и уплотняющего материала, противокоррозийного средства. Жидкое стекло для этих целей получают преимущественно растворением силикат-глыбы, которую производят сплавлением кварцевого песка и кальцинированной соды в стекловаренной печи при температуре 1400-1500°C. Этот процесс очень энергоемок, требует значительного расхода топлива. По этой причине последнее время все больше внимания уделяют производству жидкого стекла путем растворением кремнеземистого сырья в щелочных реагентах – каустической соде.

Поэтому целью работы явилось разработка технологического процесса получения жидкого стекла из промышленных отходов. В качестве кремнеземистого сырья использовался кремнегель – отход производства фтористого алюминия (ОАО «Го»ельский химический завод»), содовый плав – отход производства капролоктама (ОАО «ГродноАзот»). Раствор каустической соды получали известковым методом из содового плава, содержащего до 95% Na_2CO_3 . В ходе научно-исследовательской работы было исследовано влияние температуры, времени синтеза, концентрации исходных компонентов, частоты вращения перемешивающего устройства на выход каустической соды. Были определены оптимальные параметры синтеза гидроксида натрия из содового плава. Жидкое стекло получали растворением кремнеземсодержащего компонента – кремнегеля, в синтезированной щелочи. Изучено влияние основных технологических параметров на выход готового продукта, время синтеза, определены физико-химические свойства полученного жидкого стекла в сравнении с аналогичными свойствами промышленных жидких стекол. Разработан технологический режим синтеза жидкого стекла, обеспечивающий получение данного продукта, по качеству удовлетворяющего требованиям ГОСТ 13078-81.

Разработанный технологический процесс планируется внедрить на ОАО «Домановский производственно-торговый комбинат». Учитывая, что стоимость произведенного продукта будет в два раза ниже по сравнению с жидким стеклом полученным развариванием силикат-глыб в автоклавах, это будет служить гарантом его конкурентоспособности на рынках стран СНГ.

Кроме этого, данный технологический процесс будет способствовать улучшению экологической обстановке за счет утилизации промышленных отходов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ КЕРАМИЧЕСКОЙ ГЛАЗУРОВАННОЙ ПОСУДЫ

Т. С. ГУБАНОВА (студ. 5 к.), Н. И. ЗАЯЦ (к.т.н.), БГТУ

Керамическая бытовая посуда, используемая для приготовления, потребления и хранения пищевых продуктов, не должна ухудшать их качество и выделять в контактирующие с ней пищевые продукты вредные для здоровья человека вещества. Показатели выделения вредных веществ относятся к показателям безопасности и характеризуют санитарно-гигиенические свойства поверхности и способность противостоять воздействию кислот сред пищевых продуктов.

Источниками выделения вредных веществ являются керамические глазури, из которых могут выделяться токсичные элементы: свинец, кадмий, алюминий, а также микроэлементы – цинк, барий, хром, бор, кобальт, медь и др., способные накапливаться в организме человека.

С 1 января 2006 г. в Республике Беларусь вводятся санитарные нормы (СанПиН 13-3 2000), действие которых было приостановлено, устанавливающие требования к количеству вредных веществ, выделяющихся из посуды, в том числе и керамической, контактирующей с пищевыми продуктами.

В настоящее время ведутся исследования по разработке новых составов глазурных покрытий, удовлетворяющих требованиям санитарных норм.

Цель настоящих исследований – оценка показателей безопасности новых керамических глазурей, разработанных на кафедре стекла и керамики БГТУ.

Объектами исследований являлась керамическая посуда, покрытая цветной глазурью, в которую для определения содержания вредных веществ наливали модельную среду – 4 % раствор уксусной кислоты и выдерживали при температуре 20 °С в течение 24 часов. В модельной среде определяли содержания регламентированных санитарными нормами алюминия, бора, а также марганца, цинка, хрома и кобальта и сравнивали их с ДКМ (допустимыми количествами миграции).

Для определения содержания бора, алюминия и марганца использовали фотометрический метод, кобальт, хром и медь определяли методом инверсионной вольтамперометрии. Для исследования структуры использовали метод ИК-спектроскопии.

В результате проведенных исследований была установлена зависимость уровня миграции вредных веществ от состава, технологических и структурных факторов, что позволило оптимизировать составы керамических глазурных покрытий, удовлетворяющих требованиям показателей безопасности.

НЕФРИТТОВАННЫЕ ЦИРКОНИЕВЫЕ ГЛАЗУРИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДОБАВКАМИ V_2O_5

Е. В. АХРЕМЧИК (студ. 5 к.), И. А. ЛЕВИЦКИЙ (д.т.н., проф.), Н. В. МАЗУРА (асп.), БГТУ

Целью работы являлось исследование возможности повышения эстетических свойств глазурных покрытий (блеск, белизна) путем введения в базовый состав борсодержащих соединений, в качестве которых использовались борат кальция, борная кислота, бура и Colemanite, которые вводились в количестве 1, 3 и 5 мас.%. За базовый состав была принята глазурь, разработанная на кафедре технологии стекла и керамики в оксидной системе $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2$ [1], белизна которой составила 72 %, блеск – 68%.

Приготовление глазури производилось совместным мокрым помолом составляющих до остатка 0,1% на сите № 0056. После магнитного обогащения глазурная суспензия наносилась на высушенный до остаточной влажности не более 1% черепок фарфоровых изделий методом полива. Обжиг образцов производился при температуре 1180–1200 °С с выдержкой при максимальной температуре 1,5 ч в туннельной печи на ОАО «Керамин».

Результаты исследований показали, что добавки бората кальция, буры и борной кислоты повышают значения белизны во всем диапазоне введенных добавок и ее значения находятся в интервале 82–85 %. Эти значения с повышением количества добавок изменяются незначительно. Наиболее существенное увеличение белизны до 88–89 % наблюдается при введении Colemanite. Показатели блеска покрытий при введении бората кальция и буры несколько снижаются и их значения составляют 52–64 %. Добавки борной кислоты повышают значения блеска до 70–72 %. Colemanite оказывает наиболее существенное воздействие на показатель блеска, значения которого составляют 67–75 %.

ТКЛР глазури, модифицированных добавками, находятся в интервале $(58-65) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, что несколько превышает значения керамической основы, составляющей $57 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

Следует отметить, что борат кальция, бура и борная кислота оказывают негативное воздействие на реологию глазурного шликера, приводя к его загустеванию и оседанию.

Фазовый состав синтезированных глазури представлен в основном цирконом.

Проведенные исследования свидетельствуют о возможности использования Colemanite для повышения эстетических характеристик глазурных покрытий. Его оптимальное количество составляет 5 мас.%, значения ТКЛР покрытий – $58 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Изделия обладают достаточными химической и термической устойчивостью.

1. *Левицкий И. А., Мазура Н. В.* Глушеные глазури высокотемпературного обжига для санитарных керамических изделий / Стекло и керамика. 2005. № 7. С 21–24.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА СПОДУМеновой КЕРАМИКИ

Д. А. ГОРДЕЙКО (студ. 5 к.), И. А. ЛЕВИЦКИЙ (д.т.н., проф.), БГТУ

Целью работы является исследование влияния различных модификаторов на физико-химические свойства литийсодержащей керамики, полученной в системе $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. В качестве модификаторов использовались апатитовый концентрат, мел, магнезит, жженая магнезия, которые вводились в количестве 2-7 мас.%.

Для исследования применялись традиционные методы керамической технологии, а также дифференциально-термический и рентгено-фазовый анализы. Изготовление изделий производилось по шликерной технологии. Литьевого шликера готовился методом совместного мокрого помола всех составляющих до остатка на сите № 0063 в количестве 1–2 % при влажности 42–45%. Для обеспечения требуемых литевых характеристик в состав шликера вводился электролит – жидкое натриевое стекло в количестве 0,53–0,56 % сверх 100 %. Литье изделий производилось в гипсовые формы сливным способом. Высушенные образцы подвергались обжигу в электрической печи при температурах 1100–1200 °С с выдержкой при конечной температуре в течение 1 ч.

Исследования основных физико-химических свойств обожженных образцов показали, что ТКЛР при введении апатитового концентрата повышается от $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ у состава, не содержащего добавок апатитового концентрата, до $0,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при его максимальном количестве. Водопоглощение снижается соответственно от 14 % до 2 %. Введение мела, магнезита, магнезии способствует увеличению водопоглощения от 27% до 36%, а значения ТКЛР увеличиваются от $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ до $0,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Дифференциально-термическим анализом зарегистрирован эндоэффект в интервале температур 70–180 °С с минимумом при 125 °С, отвечающий выделению гигроскопической влаги. Эндоэффекты при 405–510 °С и 550–620 °С связаны с выделением конституционной воды и разрушением структуры глинистых составляющих. Минимум эндотермического эффекта при 720 °С характеризует процесс диссоциации углекислого лития. При температуре 1050 °С наблюдается экзотермический эффект, связанный с образованием β -сподуменовых кристаллической фазы. При анализе рентгенограммы установлено, что основной кристаллической фазой является β -сподумен.

В результате проведенного исследования установлено, что положительное влияние на свойства сподуменовой керамики оказывает апатитовый концентрат, который способствует снижению водопоглощения изделий при незначительном повышении термического расширения образцов, изготовленных из керамических масс.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СТЕКОЛ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕССВИНЦОВОГО ХРУСТАЛЯ

М. В. ДЯДЕНКО (студ. 5 к.), И. М. ТЕРЕЩЕНКО (доц., к.т.н.), БГТУ

В настоящее время производство изделий из свинцового хрусталя относится к экологически небезопасным. Это связано с летучестью компонента, определяющего основные свойства данного типа стекла – PbO. В связи с этим во многих странах мира прослеживается тенденция частичной замены PbO на такие оксиды как: ZnO, SrO, BaO и др. Проведенный аналитический обзор показал, что одним из перспективных направлений в разработке бессвинцовых стекол, обладающих свойствами близкими к таковым хрусталя, является использование ZnO, имеющего высокие парциальные значения показателя плотности, показателя преломления, дисперсии.

Синтез хрустальных стекол на основе ZnO производился в пятикомпонентной системе $\text{SiO}_2\text{--CaO--ZnO--Na}_2\text{O--K}_2\text{O}$, а именно в ее области, содержащей упомянутые компоненты в следующей концентрации: содержание ZnO варьировалось в пределах 0-30 %, CaO – 5–20 %, SiO_2 – 49-64 %, при фиксированном содержании щелочных компонентов. Варка опытных стекол проводилась в газовой печи при максимальной температуре 1450 °С и выдержке 1 час в фарфоровых тиглях. Изучение свойств опытных стекол (плотности, показателя преломления, дисперсии, микротвердости, температуры начала размягчения, модуля упругости) показало, что в данной системе возможно получение сортовых стекол, обладающих высокой степенью прозрачности, величиной показателя преломления 1,55–1,57, значением дисперсии 0,008–0,014, что обеспечивает все оптические эффекты, присущие хрустальным стеклам. В ходе работы было выявлено, что значения модуля упругости опытных стекол несколько ниже, чем для хрусталя и, хотя полученные значения микротвердости для экспериментальных стекол несколько превышают типичные значения микротвердости для хрусталя, можно считать, что получаемые стекла относятся к достаточно «мягким», что имеет немаловажное значение в данном процессе производства. Что касается химической устойчивости бессвинцового хрусталя к действию 4 %-ой уксусной кислоты, то она существенно выше, чем у хрустальных стекол. Особое внимание обращалось на устойчивость к кристаллизации экспериментальных стекол, поскольку изделия из них формируются вручную, подвергаясь многократному воздействию горелок. Проведенные исследования показали необходимость модифицирования составов опытных стекол с целью улучшения этой важнейшей технологической характеристики. В качестве модификаторов использовались SrO, BaO, TiO_2 , B_2O_3 . Устойчивыми к кристаллизации оказались стекла, содержащие SrO и B_2O_3 . На основе проведенных исследований выбрана область опытных составов стекол, отличающихся высокой технологичностью при варке и выработке с хорошими эстетическими характеристиками.

Таким образом, в ходе проведенной работы получены технологичные, устойчивые к кристаллизации при обработке на газовой горелке сортавые стекла со следующими характеристиками: показатель преломления $n = 1,554\text{--}1,568$; средняя дисперсия $\Delta = 0,0113\text{--}0,0118$; плотность $d = 2783\text{--}2826 \text{ кг/м}^3$; ТКЛР $\alpha = (98,0\text{--}107,3) \cdot 10^{-7} \text{ К}^{-1}$; модуль упругости $G = (36,3\text{--}38,2) \cdot 10^4 \text{ МПа}$.

Синтезированные составы рекомендованы для использования вместо свинцового хрусталя ввиду их меньшей экологической опасности в производстве и улучшенных технологических характеристик по сравнению с промышленным хрусталем.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ ЛИСТОВЫХ СТЕКОЛ

С. П. ГРЕЧУХА (студ. 5 к.), И. М. ТЕРЕЩЕНКО (доц., к.т.н.), БГТУ

Проблема упрочнения промышленных листовых стекол, используемых для специальных целей решается за счет привлечения методов химического травления и ионного обмена. В ходе предпринятых исследований проведено сравнение основных механических характеристик стекол, упрочненных обоими методами (удельная ударная вязкость, прочность на изгиб, микротвердость), представленных табл.

Табл. Основные механические характеристики стекол

Основные свойства	Травление	Ионный обмен
Удельная ударная вязкость, кДж/м^2	16-18	13-16
Прочность на изгиб, МПа	260-283	210-258
Микротвердость, МПа	6200-6400	5700-5900

Как следует из приведенных данных достигаемая степень упрочнения травленных стекол несколько выше. Немаловажное значение для эксплуатации имеет и разброс значений свойств стекол, который существенно меньше в случае травления. Так, сред-

нее значение дисперсии для травленных стекол при испытании на изгиб составляет 14,2%, в случае ионно-упрочненных стекол – 27,3%. Это, вероятно, объясняется малой толщиной упрочненного слоя таких стекол и его повреждением в ходе манипуляций.

Стабильность показателей травленных стекол во многом определяется типом и толщиной защитных пленок. В настоящем исследовании предпринята разработка технологии нанесения пленок на основе кремнийорганических лаков, а также изучение их влияния на свойства упрочненных стекол. Пленки наносились различными методами, причем более стабильными по толщине оказались пленки, полученные методом окунания. Исследовано влияние толщины пленок на адгезию и ударную прочность предварительно упрочненных листовых стекол. Определена оптимальная толщина пленок, обеспечивающих не только защиту стекла от атмосферных и механических воздействий, но и дополнительное упрочнение стекла. Получены упрочненные стекла с покрытиями могут быть использованы в качестве защитных при устройстве испытательных кабин, а также смотровых люков в оборудовании, работающем при высоких температурах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СИТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Д. И. ЗАВАЛО (студ. 5 к.), О. С. ЗАЛЫГИНА (к.т.н.), БГТУ

Ситаллы – стеклокристаллические материалы, получаемые на основе стекла путем направленной регулируемой объемной кристаллизации. В результате превращения стекла в ситалл при термообработке образуется материал, обладающий в ряде случаев уникальными свойствами.

В качестве объекта исследования в данной работе для получения ситаллов использовались ультрабазитовые породы Рудьянского месторождения (Столбцовский район).

Анализ химико-минералогического состава исследуемых пород позволил сделать предположение о возможности их использования в качестве сырья в силикатной промышленности, в частности для получения стеклокристаллических материалов.

На первом этапе исследования были определены температуры плавления и образования расплавов исследуемых пород. При температуре 1500°C были синтезированы стекла из чистых пород без технологических добавок. Стекла хорошо провариваются, отливаются, в толстом слое имеют черный цвет, в тонком скеле – светло-бутылочный. Уже при выработке исследуемые стекла имеют склонность к кристаллизации, что подтверждает возможность получения на их основе ситаллов. Были проведены экспериментальные исследования получения на их основе стеклокристаллических материалов. В качестве технологической добавки использовались щелоче-содержащие отходы производства капролактама Гродненского ОАО «Азот», дополнительно вводился оксид хрома Cr_2O_3 в качестве стимулирующей кристаллизацию добавки.

В результате проведения градиентной кристаллизации была установлена возможность получения ситаллов на базе некоторых составов пород даже без введения инициаторов кристаллизации с температурным интервалом ситаллообразования 850-1000°C. Это объясняется значительным количеством присутствующих оксидов железа и примесных компонентов, достаточным для стимулирования фазообразования. Введение оксида хрома Cr_2O_3 приводило к бурной кристаллизации и образованию нежелательной крупнокристаллической структуры.

Таким образом, проведенные предварительные исследования подтвердили возможность синтеза на основе ультрабазитовых пород Рудьянского месторождения стеклокристаллических материалов. Положительным является использование только природного сырья и техногенных отходов, а также возможность получения стеклокристаллических материалов без применения стимулирующих кристаллизацию оксидов.

ГЛАЗУРНЫЕ СТЕКЛА С ПОВЫШЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ

Д. П. ЗЕМЧЁНОК (студ. 5 к.), О. А. МОЖЕЙКО (студ. 5 к.), Л. Ф. ПАПКО (к.т.н.), БГТУ

Целью исследования является разработка составов глазурных стекол с повышенной химической устойчивостью для формирования на их основе глазурных покрытий для изделий бытовой керамики. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечить строгие санитарные нормы по допустимым количествам миграции (ДКМ) химических веществ, выделяющихся из глазурных покрытий, контактирующих с пищевыми продуктами. К таким веществам относятся бор и алюминий, оксиды которых являются важными компонентами глазури, например, оксид бора определяет растекаемость глазурных покрытий.

В качестве основы для исследования выбраны частные сечения многокомпонентной стеклообразующей системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ при содержании основных компонентов, мол. %: SiO_2 62,5–72,5; B_2O_3 10–17,5; Al_2O_3 0–2,5; Na_2O 10–20; CaO 5–15.

Градиентная термообработка стекол выявила признаки фазового разделения в составах с содержанием CaO 10–15 мас. %. По данным электронной микроскопии опалесценция и глушение образцов связаны с ликвационным разделением преимущественно бинадального типа (капельная структура ликвидирующих стекол).

По данным инфракрасной спектроскопии прослеживается зависимость координационного состояния бора от содержания оксидов-модификаторов. В исследуемых стеклах присутствуют группы $[\text{BO}_3]$ и $[\text{BO}_4]$, причем количество трехкоординированного бора увеличивается по мере снижения количественного соотношения оксидов $(\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO})/(\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3)$ в составе стекол.

Для оценки устойчивости синтезированных стекол к воздействию химических реагентов определена их химическая устойчивость по отношению к 1 н HCl . Установлено, что с увеличением содержания оксида бора за счет оксида кремния химическая устойчивость стекол понижается. Существенно снижаются показатели кислотостойкости с ростом содержания Na_2O в составе стекол, что закономерно связано с процессами выщелачивания при обработке водным раствором HCl . Показатели химической устойчивости возрастают с повышением содержания оксида кремния при содержании B_2O_3 от 10 до 15 мол. %.

Для оценки уровня миграции бора и алюминия в модельные среды, имитирующие свойства пищевых продуктов, была проведена обработка опытных образцов стекол в уксусной кислоте. Установлено, что миграция алюминия не превышает допустимые количества. Показатели ДКМ бора, составляющие 0,5 мг/л, обеспечиваются при содержании оксида бора 10–12,5 мол. %. Уровень миграции зависит также от молярного соотношения $(\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO})/(\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3)$, т.е. от координационного состояния бора.

Таким образом, в результате проведенного исследования определены составы глазурных стекол с повышенными показателями химической устойчивости по отношению к стандартным реагентам и пищевым кислотам. Эти составы взяты за основу для формирования глазурных покрытий для изделий бытовой керамики.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ, ОКРАШЕННЫХ CeO_2 И TiO_2

А. В. ТАРАСЕВИЧ (студ. 5 к.), Н. М. БОБКОВА (д.т.н., проф.), БГТУ

В настоящее время возник интерес к производству электроламп с колбами из цветного стекла, находящихся применение в новых конструкциях автомобильных фар. Из них наиболее перспективным является получение колб из желтого стекла.

Такое стекло должно иметь доминирующую длину волны света 580 нм и пропускание более 65 % при высоких значениях чистоты цвета.

В данной работе изучались оптические характеристики электроламповых стекол, окрашенных соединениями церия и титана. Оксиды CeO_2 и TiO_2 являются ионными красителями. Окраска ими стекол определяется валентным состоянием катионов и не зависит от последующей термообработки стекол, что имеет особое значение для получения изделий из электролампового стекла.

Изучены изменения цветовых характеристик стекол при различных концентрациях и соотношениях CeO_2 и TiO_2 . Спектральная кривая пропускания в видимой части спектра опытных стекол имеет резко выраженный крутой подъем в интервале длин волн 200–400 нм с различным значением λ граничная и пропускания в пределах 70–85 %. Характер кривой пропускания практически совпадает с кривой пропускания желтых стекол, окрашенных сульфоселенидами кадмия, но отличающихся нестабильностью окраски при последующих термообработках.

С целью получения более интенсивной окраски были разработаны новые составы электротехнических стекол с дополнительным введением B_2O_3 и ZnO . Такие стекла отличаются более низкой температурой синтеза и сохранением высоких электроизоляционных свойств.

Установлена зависимость доминирующей длины волны света и чистоты цвета стекол от концентрации и соотношения красителей. Изучено также влияние различных концентраций красителей на электрическое сопротивление и значение T_{K-100} стекол.

Определены оптимальные концентрации CeO_2 и TiO_2 как красителей для получения окрашенного электролампового стекла.

Разработанные стекла с введением в качестве красителей – CeO_2 и TiO_2 рекомендованы в качестве основы для получения колб из окрашенного стекла.

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ Al_2O_3 – SiO_2 – SiC

В. С. НОВИКОВ (студ. 5 к.), И. А. ЛЕВИЦКИЙ (д.т.н., проф.), БГТУ

Целью работы является разработка термостойкой керамической массы, предназначенной для производства капсул для обжига фарфоровых изделий.

Тяжелые условия эксплуатации огнеупорного припаса (высокие температуры обжига и механические нагрузки, а также резкие температурные колебания) обуславливают его низкую оборачиваемость, что, в свою очередь, значительно увеличивает себестоимость обжигаемой продукции. В качестве объекта исследования выбрана система Al_2O_3 – SiO_2 – SiC . Исследуемая огнеупорная масса содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %: глина Латненская 10–70, шамот высокоглиноземистый 20–50, карбид кремния 10–40. Фракционный состав шамота следующий, мас. %: менее 0,5 мм – 25–30; 0,5–1 мм – 40–45; 2–3 мм – 20–35.

Образцы готовились методом полусухого прессования при влажности массы 6–8 %. Давление прессования составило 40 МПа. Сушка образцов производилась в сушильном шкафу при температуре 100 ± 5 °C до остаточной влажности 1,5 %. Обжиг изделий осуществлялся в электрической печи при температурах 1200, 1250 и 1300 °C с выдержкой при максимальной температуре 1 час.

Исследования показали, что температуры 1200 и 1250 °C, а также изотермические выдержки при них не обеспечивают необходимую степень спекания, а, следовательно, и механические характеристики образцов.

Образцы, обожженные при температуре 1300 °C, имеют следующие показатели. Водопоглощение составило 12,2–15,2 %, кажущаяся плотность – 1860–2000 кг/м³, открытая пористость – 24–29 %. Высокие значения открытой пористости обусловлены наличием микротрещиноватости, которая, наряду с крупнозернистой структурой может способствовать повышению термостойкости изделий. Определение механической прочности показало, что значение предела прочности при сжатии образцов увеличивается с повышением содержания глинистой связки и находится в пределах от 9 до 38 МПа. Термический коэффициент линейного расширения в исследуемой области составов в интервале 20–400 °C изменялся незначительно и составил $(4,0\text{--}4,5) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Установлено, что значения коэффициента теплопроводности опытных образцов зависят от количества в исходном составе карбида кремния и для материалов, содержащих 10–40 % SiC, составляют 0,68–0,91 Вт/(м·К).

Исследования образцов с помощью сканирующего электронного микроскопа с системой химического анализа выявили неоднородность микроструктуры материала, представленной зернами с относительно правильной огранкой и аморфизированным глинистым веществом.

Фазовый состав материалов представлен муллито, карбидом кремния и небольшим количеством высокотемпературного кварца, о чем свидетельствуют данные рентгенофазового анализа.

Проведенные испытания позволили выявить закономерности изменения некоторых физико-химических и теплотехнических параметров, определяющих термостойкость материалов, в зависимости от исходного состава масс и технологических параметров изготовления изделий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКУЧЕСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ШЛИКЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛИТОК ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ СТЕН

А. К. МОСТЫКА (студ. 5 к.), И. В. ПИЩ (д.т.н., проф.), БГТУ

Целью данной работы является подбор оптимального количества и изучение влияния комплекса электролитов на реотехнологические свойства керамических шликеров, полученных на основе полиминеральных глин.

В настоящее время в производстве плитки для облицовки стен на ПРУП «Березастройматериалы» используются глины месторождений «Лукомль» (Витебская область), «Никифоровское» (Украина) и «Новорайское» (Украина), плиточный бой, гранитный отсев Микосевичского ГОКа, доломит «Руба» и песок «Околоты». Установлено, что индивидуальное введение в керамические шликеры с влажностью 37-39% одного из таких электролитов как кальцинированная сода (Na_2CO_3), натриевое жидкое стекло ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,8\text{SiO}_2$), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) и углещелочной реагент (УЩР) не оказывает эффективного влияния на разжижение глинистых суспензий, что обусловлено полиминеральностью и низкосортностью применяемого местного глинистого сырья.

Использование комбинации разжижающих добавок «жидкое стекло - кальцинированная сода» в количестве (0,20-0,30) % и (0,08-0,15) % соответственно позволяет получить шликер влажностью 37 % со следующими характеристиками: вязкость – 1,8 °Е, текучесть – 9 с., электрокинетический потенциал – 40-43 мВ, коэффициент загустевания – 1,44, скорость набора черепка – 0,275 г/(см²·мин).

При использовании комплексного электролита «жидкое стекло - кальцинированная сода - углещелочной реагент» достигается максимальное разжижение шликера при той же влажности благодаря параллельному протеканию в системе двух процессов – катионного обмена и физической адсорбции анионов.

Кроме того, выбор такой комбинации разжижителей позволяет снизить относительную влажность на 2–3% по сравнению с принятой в технологическом регламенте производства плиток для облицовки стен, тем самым уменьшить удельный расход природного газа и электроэнергии при термическом обезвоживании шликера для получения пресс-порошка необходимой плотности, гранулометрического состава и влажности.

Как показали исследования, на реологические свойства шликера также оказывает влияние и жесткость используемой воды. С увеличением жесткости воды выше 4,0-5,0 (ммоль·экв)/л ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} наблюдается резкое ухудшение текучести и агрегативной устойчивости суспензии.

ПОЛУЧЕНИЕ ФАСАДНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ЛЕГКОПЛАВКИХ ГЛИН МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ

А. Н. ПОЛЯКОВ (студ. 5 к.), И. А. ЛЕВИЦКИЙ (д.т.н., проф.), БГТУ

В связи с необходимостью перевода большинства керамических предприятий Беларуси на местное сырье остро стоит проблема улучшения качества и разнообразия цветовой гаммы продукции предприятий, выпускающих фасадную керамику. Актуальность задачи обуславливается также переходом от массовой застройки жилых комплексов к индивидуальной. Основными направлениями улучшения цветовых характеристик являются отбеливание железосодержащих глин и окрашивание изделий. Окрашивание может осуществляться как объемным методом (путем смешивания в различных пропорциях красножгущихся и светложгущихся глин, а также введением различных окрашивающих добавок), так и обработкой поверхности.

Целью данной работы является исследование влияния добавок-минерализаторов на отбеливание черепка красножгущихся глин и окрашивание черепка на основе местных глин введением железосодержащих отходов производств.

Объектом исследования являются керамические массы, основу которых составляют легкоплавкие глины месторождений «Гайдуковка» Минской обл., «Городное» Брестской обл., «Лукомль» и «Заполье» Витебской обл. В качестве отбеливающих минерализаторов использовались ортофосфорная кислота, карбонат и хлорид лития и карбонат кальция. Объемное окрашивание обеспечивалось циклонной пылью гранитных отсеков Микосевичского ГОКа. Подготовка массы и формование образцов проводились по традиционной керамической технологии полусухого прессования. Обжигались образцы при температуре 950–1100 °С.

Установлено влияние минерализаторов, режима обжига и способа подготовки массы на физико-химические и цветовые характеристики изделий.

При отбеливании наилучшие результаты были достигнуты при совместном введении карбонатов кальция и лития, однако при этом водопоглощение образцов возрастает на 3–5 %. Оптимальная температура обжига образцов из глин всех месторождений – 1000 °С. Отмечается также, что наиболее равномерная окраска получается при приготовлении массы шликерным способом.

Введение железосодержащей пыли гранитных отсеков обеспечило получение равномерно окрашенных изделий, имеющих неинтенсивную окраску от светло-кофейного до красно-коричневого цвета.

Таким образом, введением различных минерализаторов можно получить равномерно окрашенную фасадную керамику.

ЦВЕТНЫЕ НЕФРИТТОВАННЫЕ ЛЕГКОПЛАВКИЕ ГЛАЗУРИ

А. С. СОБАЧЕВСКИЙ (студ. 5 к.), И. А. ЛЕВИЦКИЙ (д.т.н., проф.), БГТУ

Настоящие исследования проводились с целью получения нефриттованных цветных глазурей с использованием в качестве одного из компонентов сырьевой смеси отходов обогащения железных руд Околовского месторождения (Столбцовский район Минской области). Исходными компонентами являлись борат кальция, нефелин-сиенит Кольского горно-обогатительного комбината (Россия), хвосты магнитного обогащения, глина огнеупорная Гранитик-Веско Веселовского месторождения (Украина). Разработка велась в области составов системы $R_2O-RO-B_2O_3-Al_2O_3-Fe_2O_3(FeO)-SiO_2$ с постоянным содержанием огнеупорной глины 10 % (здесь и далее по тексту содержание компонентов приводится в массовых процентах). Исследованная область включала 20–40% нефелин-сиенита, 30–50% бората кальция, 20–40% хвостов магнитного обогащения.

Приготовление глазурей производилось совместным мокрым помолом составляющих в шаровой мельнице до остатка на сите № 0056 в количестве 1,0–1,5 %. Глазурная суспензия наносилась на черепок майоликовых изделий, прошедших утильный обжиг при температуре 950 °С, водопоглощение которых составляло 18–20%. Сушка образцов проводилась в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С до остаточной влажности не более 1%. Обжигались образцы в электрической печи при температурах 1000 °С и 1100 °С с выдержкой 1 ч.

Полученные образцы имели равномерное покрытие с отсутствием дефектов, зеркальным разливом и сильным блеском. Цвет образцов, в зависимости от содержания оксидов железа, изменялся в широком диапазоне – от желто-зеленого до коричневого и шоколадного тонов. Определение цветовых характеристик глазурей осуществлялось на спектрофотометре СФ-18. Доминирующая длина волны в зависимости от цвета покрытий находилась в пределе 590–620 нм, что соответствует зеленому, желто-зеленому и коричневому цветам.

По данным РФА отмечено образование кристаллов $\alpha-Fe_2O_3$ (гематита) при введении отходов магнитного обогащения более 30%. Термостойкость, определенная по стандартной методике СТБ 841–2004, показывает соответствие опытных глазурей требованиям нормативной документации. Блеск глазурей составляет 75–85%, ТКЛР при температуре 300 °С находится в интервале $(70-81) \cdot 10^{-7} K^{-1}$.

Исследование покрытий с помощью электронной микроскопии позволило выявить наличие мелкозернистых кристаллов неравномерно распределенных на поверхности стекломатрицы.

Использование отходов магнитного обогащения железных руд обеспечит значительный экономический эффект вследствие сокращения затрат на фриттование и исключение необходимости введения дорогостоящих пигментов. Глазури предназначены для декорирования художественной керамики бытового и декоративного назначения.

ЦВЕТНЫЕ ФРИТТОВАННЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ И ДЕКОРАТИВНОЙ КЕРАМИКИ

А. Б. СТАШЕНИН (студ. 5 к.), Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ (к.т.н.), БГТУ

Стекла, синтезированные в системе $R_2O-RO-Al_2O_3-B_2O_3-Fe_2O_3-SiO_2$, позволяют получать цветные глазурные покрытия с небольшим содержанием B_2O_3 и невысокой температурой формирования, что особенно актуально в условиях недостатка энергоресурсов и ужесточения требований к качеству продукции.

Синтез и исследование стекловидных покрытий проводили на основе составов стекол, содержащих следующие компоненты, % (здесь и далее по тексту содержание приведено в массовых процентах): B_2O_3 12–20, SiO_2 47–56, CaO 6–15, Fe_2O_3 3–12, Na_2O 4–10, Al_2O_3 4–11. Стекла варили в фарфоровых тиглях. Время варки составляло 1 ч, температура – 1450 °С. Стекла имели хорошие варочные и выработочные свойства.

ТКЛР исследуемых стекол находится в пределах $(62,85-70,4) \cdot 10^{-7} K^{-1}$, микротвердость – 5000–6000 МПа.

Стекловидные покрытия готовились на основе полученных стекол оптимальных составов путем тонкого мокрого их измельчения с добавлением 7% огнеупорной глины и последующим нанесением полученной суспензии на керамическую подложку. Термическая обработка полученных образцов проводилась при 950, 1000 и 1050 °С с выдержкой при максимальной температуре 30 минут.

Формирование качественных глазурных покрытий отмечено при температурах 950–1000 °С. Фактура покрытий блестящая, цвет – от светло-серого до желтовато-зеленого. Наилучший разлив и высокий блеск характерен для состава, содержащего 17 % B_2O_3 , 15% CaO и 4% Fe_2O_3 .

На базе оптимальных составов с целью получения различной фактуры были синтезированы стекла в состав которых дополнительно вводили P_2O_5 в количествах 2, 4, 6%. Покрытия, содержащие P_2O_5 характеризовались матовой фактурой. В результате термической обработки уже при 950 °С для них характерен хороший разлив.

Проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности использования P_2O_5 при синтезе цветных глазурей и возможности получения на их основе качественных покрытий различной фактуры.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ЖИДКОТЕКУЧИХ МАСС

Е. И. БАРАНОВСКАЯ (студ. 5 к.), В. А. БИРЮК (к.т.н.), БГТУ

В настоящее время актуальной задачей керамической технологии является улучшение качественных характеристик местного глинистого сырья. Существующие методы не всегда эффективны, сами процессы обогащения требуют использования сложного и дорогостоящего оборудования, реактивов и больших энергетических затрат.

В связи с этим идет постоянный поиск новых способов обработки сырья.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния биологической обработки на свойства керамических суспензий на основе полиминеральных глин белорусских месторождений – «Лукомль», «Городное», «Заполье», «Гайдуковка».

Влажность приготовленных суспензий составила 50% и не изменялась при введении препарата силикатных бактерий. В качестве биологического агента использовался штамм бактерий с концентрацией 150 млн. клеток в 1 мл. суспензии в количестве 2 мл. на 100 г. сухого вещества. Пробы подвергались изотермической выдержке при 30 °С в течение 3, 5 и 7 суток.

Установлено положительное влияние обработки глинистых масс препаратом силикатных бактерий на реологические свойства суспензий и химический состав дисперсионной фазы. В опытных образцах по сравнению с контрольными, выдержанными в таких же условиях, дзета-потенциал увеличился в 1,2–2 раза, содержание активного Ca^{2+} увеличилось в 1,1–1,6 раза для глин всех месторождений, содержание Mg^{2+} – в 1,6 раза для глины «Лукомль». Эти изменения связаны с разрушением силикатными бактериями частиц твердой фазы шликеров и повышением их дисперсности, действием продуктов жизнедеятельности бактерий, способствующих разжижению шликера и уменьшению его влажности.

Наблюдалось увеличение водородного показателя (рН) среды керамических суспензий, что свидетельствует о снижении их коагуляционной способности и повышении устойчивости в условиях щелочной среды.

Методами дифференциально-термического, рентгенофазового анализа и электронной микроскопии было установлено положительное влияние биологической обработки на процессы, происходящие при нагревании керамических масс, фазовый состав и структуру материала. В ходе исследований показана эффективность и реальная возможность использования метода биообработки в производстве керамических материалов.

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ Al-MgCO_3

К. Б. ПОДБОЛОТОВ (студ. 5 к.), Е. М. ДЯТЛОВА (к.т.н., доц.)

Потребность в материалах, способных демонстрировать высокие эксплуатационные характеристики в экстремальных условиях с развитием науки и техники неуклонно возрастает. В зависимости от предъявляемых требований такие материалы должны быть износостойкими, а так же химически- и термически стойкими. В наибольшей мере таким требованиям отвечают тугоплавкие соединения: оксиды, нитриды, а так же композиционные материалы на их основе.

Получение тугоплавких соединений и изделий из них сопряжено со значительными материальными затратами, т.к. в основе традиционных технологий лежат процессы медленного протекания реакций при высоких температурах. Эта проблема решается применением самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), сущность которого заключается в самопроизвольном распространении зоны химической реакции в средах, способных к выделению химической энергии с образованием ценных конденсированных продуктов. СВС сопровождается сильным саморазогревом продуктов и ярким свечением.

Целью работы является создание композиционных материалов на основе фаз шпинели и периклаза.

В качестве объекта исследования выбрана система Al-MgCO_3 , в которой при проведении СВС-синтеза, в качестве ценного продукта образуются фазы шпинели и периклаза.

Исследования проводилось в области составов, мас. %: $\text{Al} - 30-60$, $\text{MgCO}_3 - 40-70$. Образцы в виде таблеток прессовались из порошка при давлении 20–30 МПа, с применением в качестве связки раствора КМЦ. Высушенные образцы ставились в нагретую до температуры 800–900 °С печь. После прогрева образцов наблюдалось распространение волны синтеза и образцы раскалялись до белого цвета. После охлаждения образцов проводилось исследование их фазового состава, который выявил помимо фаз шпинели и периклаза наличие фазы нитрида алюминия. Соотношение фаз шпинели и периклаза изменяется в зависимости от содержания алюминия в исследуемых составах, с увеличением количества алюминия снижается содержание фазы периклаза и возрастает содержание фазы шпинели. Нитрид алюминия образуется в результате взаимодействия металлического алюминия с азотом воздуха при прохождении волны синтеза.

Кажущаяся плотность образцов составляет 900–1000 кг/м³. Измерение коэффициента термического расширения (ТКЛР) в интервале температур 50–400 °С показало, что ТКЛР составов стабилен и находится в пределах $(9-11) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Синтезированные в данной системе материалы могут быть использованы в качестве износостойких, а так же химически- и термически стойких покрытий для металлических изделий, применяемых в различных отраслях промышленности.

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

О. А. КЛИМАШЕВСКАЯ (студ. 5 к.), Е. М. ДЯТЛОВА (к.т.н., доц.)

В связи с развитием науки и техники расширилась потребность в керамических материалах, обладающих высокой механической прочностью, низкой пористостью и пониженными значениями температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР).

Целью данной работы является синтез исследования керамических материалов на основе трехкомпонентной системы $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, которая в настоящее время недостаточно изучена. В ней при низких температурах формируется кристаллическая фаза железистого кордиерита ($2\text{FeO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$), имеющая низкие значения ТКЛР и высокие прочностные показатели.

В качестве исходных сырьевых материалов были использованы огнеупорная глина «Веселовская», кварцевый песок, глинозем технический, чистый оксид железа FeO . Опытные составы характеризовались следующим содержанием оксидов, мол. %: Al_2O_3 20-50; FeO 10-30; SiO_2 40-60. Образцы готовились по традиционной технологии и обжигались при температурах 1100°C, 1150°C, 1200°C.

Изучены следующие свойства: пористость, водопоглощение, ТКЛР, усадка, плотность. Установлена закономерность изменения свойств и фазового состава материалов в зависимости от составов и температур спекания. В результате исследования получены керамические материалы с пористостью от 3,8 до 16,1 %, ТКЛР от $2,8 \cdot 10^{-6}$ до $6,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, водопоглощением от 1,36 до 6,7 %, усадкой от 2,58 до 5,18 %, плотностью от 2,4 до 2,8 кг/м³. При температуре обжига 1100°C показатели удельного объемного электрического сопротивления образцов составили от $3,6 \cdot 10^6$ до $1,3 \cdot 10^{10} \text{ Ом} \cdot \text{см}$. Исследование температурного коэффициента линейного расширения опытных образцов от исходного состава и температуры показало сложную зависимость от указанных факторов, что объясняется образованием новой кристаллической фазы в системе $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ – железистого кордиерита. Повышение температуры спекания также способствует снижению температурного коэффициента линейного расширения для всех изученных составов, что обусловлено более интенсивным выделением мало-расширяющихся кристаллических фаз.

Исследовано поведение исходных керамических масс при нагревании, фазовый состав и структура материала при помощи дифференциально-термического анализа, рентгенофазового анализа и электронной микроскопии. Основными кристаллическими фазами являются муллит, железистый кордиерит, кремнезем в виде высокотемпературного кварца. Размер кристаллов колеблется в пределах от 0,2 до 2 мкм.

Разработанные материалы можно рекомендовать в качестве термостойких деталей для различных отраслей промышленности: металлургическая, машиностроительная и др.

ВЛИЯНИЕ ДЕФЛОКУЛЯНТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛИКЕРОВ ИЗ ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ГАЙДУКОВКА»

С. А. ПОВОД (студ. 5 к.), Ю. А. КЛИМОШ (к.т.н., асс.), БГТУ

Глинистые суспензии, широко применяющиеся в керамической промышленности, как правило, седиментационно и агрегативно неустойчивы, что приводит к расслоению шликера и ухудшению его реологических характеристик. Одним из наиболее эффективных способов регулирования реологических свойств и агрегативной устойчивости шликеров является применение разжижающих добавок (дефлокулянтов). Цель настоящих исследований – подбор электролитов для шликеров на основе глины месторождения «Гайдуковка» (Молодеченский р-н, Минская обл.). Проведенными ранее исследованиями химико-минералогического состава и основных физико-технологических свойств сырья было установлено, что глина месторождения «Гайдуковка» является легкоплавкой, умереннопластичной, кислой, среднedisперсной, неспекающейся и относится к группе каолинитомонтмориллонито-гидроалюидных глин.

В качестве дефлокулянтов нами использовались кальцинированная сода, натриевое и калиевое жидкое стекло, триполифосфат натрия, углещелочной реагент, которые вводились сверх 100 % как индивидуально, так и комплексно.

В ходе экспериментальных исследований изучено влияние разжижающих добавок на реологические и электрокинетические свойства шликеров различной влажности на основе глины «Гайдуковка», подобрано оптимальное сочетание разжижающих добавок. При влажности шликера 40 % наиболее эффективными дефлокулянтами, вводимыми индивидуально, являются кальцинированная сода и триполифосфат натрия в количестве 0,3–0,4 %: текучесть шликера 6,0–6,6 с; коэффициент загустеваемости 1,1–1,2; электрокинетический потенциал 23–28 мВ; скорость набора черепка 0,1–0,21 г/см²·мин; pH 9,0–10,4. При снижении влажности шликера до 37 % наиболее целесообразным является применение комбинации кальцинированной соды (0,2 %) и триполифосфата натрия (0,1 %). Эффективное совместное влияние электролитов на свойства шликеров, вероятно, связано с различной направленностью и механизмом их воздействия, что подтверждает возникновение эффекта синергизма (усиление действия компонентов при их совместном введении) и обуславливает изменение реологического характера течения глинистой суспензии со структурированного на ньютоновский.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛАЗУРИ НА ОСНОВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*С. Н. ДУДИЮК (студ. 5 к.), Е. В. МЕДВЕДСКАЯ (студ. 5 к.), Д. И. ЗАВАЛО (студ. 5 к.),
О. С. ЗАЛЫГИНА (к.т.н.), БГТУ*

В настоящее время в промышленности строительных материалов остро стоит проблема перехода на местное недефицитное сырье с получением качественной продукции.

В данной работе была исследована возможность получения декоративных глазурных покрытий на основе ультрабазитовых горных пород Рудмянского месторождения (Столбцовский район). Анализ химико-минералогического состава ультрабазитовых пород позволил сделать предположение о перспективности их использования для получения цветных глазурей.

В зависимости от химического состава горные породы были объединены в три группы на основе близости содержания основных оксидов. Затем были приготовлены усредненные смеси, на основе которых готовились сырые и фриттованные глазури. При варке фритты в состав шихты вводился содовый плав для снижения температуры варки и оксид хрома для повышения интенсивности окраски.

Глазури готовились методом мокрого помола в шаровых мельницах с последующим нанесением методом полива на обожженную керамическую плитку для облицовки стен. Обжиг осуществлялся в электрических печах при температуре 1050°C с выдержкой в течение 40 минут.

В результате были получены цветные глазурные покрытия с бархатистой поверхностью, перспективные для декоративной керамики. Цвет фриттованных глазурей изменился от светло-терракотового до шоколадно-коричневого; нефритованных – от темно-болотного до коричневого. Все глазурные покрытия характеризуются хорошим сцеплением с черепком и высокими физико-механическими свойствами.

Особо следует отметить то, что сырьевая композиция для получения глазурных покрытий является простой двухкомпонентной системой «ультрабазит-содовый плав» (добавка оксида хрома Cr_2O_3 необязательна, так как на характеристики глазури практически не влияет, а только удорожает материал). Это исключает применение дорогостоящих технических оксидов и импортного сырья, что обуславливает экономическую целесообразность синтеза таких глазурей.

Анализ других месторождений горных пород Республики Беларусь (Микашевичского, Глушковичского) позволяет сделать вывод, что это сырье также может быть использовано для производства декоративных глазурных покрытий, причем для этих целей могут использоваться отходы производства щебня – отсеы и циклонная пыль.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКОЛ ДЛЯ СПАЕВ, ПАССИВАЦИИ И ГЕРМЕТИЗАЦИИ МИКРОСБОРОК

*Р. Н. ПОЛХОВСКИЙ (студ. 5 к.), Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ (к.т.н.),
Г. Е. РАЧКОВСКАЯ (к.т.н.), БГТУ*

Легкоплавкие стекла нашли применение в качестве припоя в вакуумной технике и электронике, как составная часть легкоплавких глазурей и эмалей и как защитные покрытия для терморезисторов, транзисторов и миниатюрных контуров в микроэлектронике. Спаи на основе легкоплавких стекол однородны и при соответствующем подборе ТКЛР свободны от напряжений. Они обладают несомненными преимуществами в отношении влагонепроницаемости и прочности по сравнению с органическими диэлектриками, используемыми для герметизации и изоляции полупроводниковых приборов.

Цель настоящей работы – разработка новых легкоплавких припаячных стекол в многокомпонентной системе $\text{PbO-ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, изучение их свойств и структуры. Выбор системы для исследования обоснован, прежде всего, входящими в ее состав легкоплавкими компонентами PbO , ZnO , Bi_2O_3 и B_2O_3 , которые вследствие высокой поляризуемости катионов обеспечивают стеклу низкую температуру плавления.

Изучены стеклообразование, физико-химические свойства и структура стекол данной системы в сечении с постоянным содержанием стеклообразователей ($\text{B}_2\text{O}_3\text{+SiO}_2$), равным 25 мол. %.

Исследование кристаллизационных свойств стекол данной системы позволило выявить их высокую кристаллизационную способность при термообработке в интервале температур – 490–570 °C. Установлено, что с увеличением содержания Bi_2O_3 способность к кристаллизации возрастает. В рассматриваемой системе, в составах с высоким содержанием оксида свинца, идет образование свинцово-висмутовых боратов.

Установлено, что температура начала размягчения опытных стекол находится в пределах 335–360°C, ТКЛР изменяется в диапазоне $(100\text{--}125) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Для стекол характерна высокая плотность 6900–7550 кг/м³.

Полученные свинцово-висмутовые стекла могут представлять интерес для создания на их основе легкоплавких стеклоцементов.

СИНТЕЗ ПИГМЕНТОВ МУЛЛИТОПОДОБНОЙ СТРУКТУРЫ

Е. В. ПРАКОПЧИК (студ. 5 к.), И. В. ПИЩ (д.т.н., проф.), БГТУ

При разработке новых керамических пигментов актуальным является расширение базы сырьевых материалов за счет использования природного сырья.

Целью данной работы является разработка составов керамических пигментов широкой палитры цветов на основе беложгущихся глин Латненского и Веселовского месторождений. Глины в расчете на прокаленное вещество содержат около 30 мас.% Al_2O_3 и не более 1,5-2 мас.% Fe_2O_3 .

Для получения пигментов к глинам добавляли красящие оксиды CoO , NiO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO , а также для сравнения хромофорных свойств оксидов и солей переходных d-элементов на глинистое сырье проводили пропитку глин растворами солей указанных выше хромофоров. Синтез осуществляли при температурах 1050–1100–1200 °С с выдержкой 1 час. Окраску пигментов определяли визуальным методом и на основании кривых спектрального отражения, снятых при помощи спектрофотометра СФ-18 в области длин волн 400–750 нм. Определяли координаты цветности, чистоту тона, доминирующую длину волны. В результате проведенных исследований установили фазовый состав синтезированных пигментов, который представлен муллитом несовершенной структуры и некоторыми красящими оксидами, которые в пигментах представлены различными комплексами.

В зависимости от окрашивающих комплексов ионов переходных металлов изменяется цвет окраски. Для $[\text{NiO}_4]$ и $[\text{NiO}_6]$ характерна окраска от коричневого до желто-коричневого цвета.

При исследовании пигмента, окрашенного ионами железа, на дифрактограмме отмечается гематит, который подобно корунду имеет ромбическую решетку. Однако гематит устойчив только до 1000 °С. Выше этой температуры образуется железистая шпинель Fe_3O_4 . Но соединение неустойчиво, что и подтверждает изменение цвета пигмента от коричневого к черному. Поэтому синтез пигментов с использованием Fe_2O_3 рекомендуется проводить при температуре ниже 1150 °С.

Оксид хрома окрашивает пигмент в зеленый цвет. Но при малом содержании хромофора окраска ближе к сиреневой, что можно объяснить образованием твердого раствора корунда $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$.

Оксид кобальта-устойчивый краситель в силикатных расплавах, придает синий цвет, который объясняется соединением $[\text{CoO}_4]$, окраска которого устойчива.

Марганец может образовывать различный цвет в зависимости от концентрации, степени окисления и температуры. Преимущественная окраска-слабо-розовая.

На основе разработанных пигментов были приготовлены цветные глазури для нанесения на поверхность облицовочных плиток. Полученные образцы плиток имели яркие и насыщенные цвета.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА БЕЛЫХ ЭМАЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ

Н. М. ЛЕВШАКОВА (магистрант), Е. В. ЛИСОК (студ. 5 к.), И. М. ТЕРЕЩЕНКО (к.т.н.), БГТУ

Целью работы является получение бесфтористых титановых эмалей повышенной белизны для бытовой техники. Данный эффект стремились достичь варьированием состава опытных эмалей, а также введением соответствующих модифицирующих оксидов.

Опытные составы эмалей синтезировались в системе $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$ в газовой печи при максимальной температуре 1350 °С, причем варьировалось содержание оксидов алюминия, бора и титана при установленном содержании остальных компонентов. Установлено, что замена TiO_2 на Al_2O_3 в некоторых разрезах системы с постоянным содержанием оксида бора и замена B_2O_3 на Al_2O_3 при постоянном содержании диоксида титана обеспечивает возрастание показателя белизны эмалевых покрытий.

Данными рентгенофазового анализа показано, что при чрезмерном содержании B_2O_3 в составе эмалей в продуктах кристаллизации фиксируется (стабильная форма TiO_2) только рутил, при среднем содержании B_2O_3 количество анатаза (метостабильная форма TiO_2) стремительно возрастает и преобладает над рутилом. При малом содержании B_2O_3 количество анатаза уменьшается и перестает доминировать над рутилом.

Проведено изучение влияния некоторых модифицирующих оксидов на основные характеристики эмалевых покрытий. В качестве таковых использовались: ZnO , ZrO_2 , CeO_2 , WO_3 , Sb_2O_3 . Установлено, что присутствие ZnO оказывает существенное влияние на фазовый состав покрытий, подавляя кристаллизацию рутила. Такое влияние ZnO отмечается, однако в узком интервале его концентрации, превышение рамок которого ведет к увеличению содержания рутила, что, однако, мало отражается на качестве покрытий. Введение ZrO_2 приводит к постепенному возрастанию блеска покрытий и мало отражается на белизне покрытий.

Введение CeO_2 при малом содержании приводит к увеличению белизны эмалевых покрытий по сравнению со стандартным образцом. Однако дальнейшее увеличение содержания CeO_2 обеспечивает появление желтоватого оттенка покрытий, что ухудшает их эстетические характеристики. Следует отметить, что оксид церия способствует образованию матовой поверхности покрытий, что является следствием их крупнокристаллической структуры. Введение WO_3 и Sb_2O_3 при малом содержании существенно не влияет на внешний вид покрытий, но увеличение содержания этих модифицирующих оксидов приводит к падению показателя белизны, поскольку рост содержания добавки приводит к накоплению в эмали ионов Ti^{+3} .

Полученные данные позволяют определить основные направления синтеза эмалей для бытовой техники с повышенной белизной.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОГО СЕПАРАТОРА

Д. И. ЧИРКУН (асп. 3 к.), Э. И. ЛЕВДАНСКИЙ (д.т.н., проф.), БГТУ

Процессы измельчения и сепарации широко распространены в различных отраслях промышленности. На эти процессы расходуется до 10 % вырабатываемой в мире электроэнергии, что объясняется как их высокой энергоемкостью, так и низким КПД устройств, используемых для этих целей. Поэтому, учитывая актуальность в настоящее время проблем энергосбережения, очевидна необходимость дальнейшего совершенствования измельчительной и разделительной техники.

Современная помольная установка обычно содержит два основных агрегата: мельницу и сепаратор, работающих в замкнутом цикле. Естественно, эффективность замкнутого цикла измельчения зависит от эффективности работы и мельницы, и сепаратора. В настоящее время все более широкое признание, благодаря высоким показателям работы, получают воздушные центростремительные сепараторы. Разделение материала на фракции в них происходит под действием центробежных сил, а также вследствие контакта разделяемого материала с проницаемой поверхностью, которая может формироваться неподвижным ситом либо вращающейся стержневой конструкцией, образующей «условное» сито. Такая организация процесса сепарации позволяет добиться более высокой эффективности разделения по сравнению с классическими способами.

Вместе с тем, несмотря на достаточно широкое распространение за рубежом таких сепараторов, теоретических исследований по центростремительной сепарации на проницаемых поверхностях в литературе практически нет, что затрудняет их проектирование и внедрение в другие производства. Для решения этой проблемы были проведены теоретические исследования процессов движения и разделения материала в центростремительном сепараторе. В результате исследований была получена система дифференциальных уравнений, описывающих движение частиц в рабочем объеме сепаратора, а также система граничных условий прохождения этих частиц в крупный или мелкий продукт. На основании полученных систем уравнений разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитывать граничный размер разделения в зависимости от технологических параметров сепаратора и конструктивных особенностей его исполнения.

Разработанное математическое описание было апробировано на сепараторе SD-80 фирмы «Magateaux» (Бельгия), работающем на ОАО «Красносельскстройматериалы». Высокая сходимости теоретически рассчитанных и производственных данных свидетельствуют о достоверности математического описания, что позволит в дальнейшем использовать его для расчета и проектирования подобных разделительных устройств, например, для нужд ПО «Беларуськалий».

ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СИЛЬВИНИТОВОЙ РУДЫ В РОТОРНО – ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

П. С. ГРЕБЕНЧУК (студ.), Э. И. ЛЕВДАНСКИЙ (д.т.н., проф.), БГТУ

Энергоемкость является одним из основных показателей любого технологического процесса. Известно, что одним из наиболее энергоемких является процесс измельчения материалов, и особенно тонкого, т. е. помола. Это связано не только с большими объемами материала, подвергаемого измельчению, но и с низкой эффективностью машин, применяемых для этих целей.

Целью наших исследований является создание конструкции мельницы, отличающейся простотой, надежностью, низкой материалоемкостью и энергоемкостью, а также высоким качеством готового продукта; и организация в данной конструкции процесса избирательного измельчения материалов.

Исходя из вышеперечисленных условий была разработана новая конструкция роторно-центробежной мельницы многократного ударного нагружения материала, рабочим органом которой является вращающийся ротор с закрепленными на нем разгонными и отбойными лопатками. Материал в данной мельнице разрушается вследствие многократного удара об отбойные лопатки и футерованную внутреннюю поверхность корпуса. Изменяя скорость вращения ротора, можно достичь любой степени измельчения материала даже при высокой его твердости.

На созданной полупромышленной мельнице проведены опыты по избирательному измельчению калийной руды, которая состоит из кристаллов KCl, NaCl и около 8 % более твердой породы – галопелита. При оптимальной скорости вращения ротора кристаллы KCl и NaCl измельчались до требуемых размеров, а галопелит за счет худшей измельчаемости на выходе из мельницы имел более крупный размер кусков, которые последующей классификацией удалялись из руды. Опытами установлено, что избирательным измельчением на новой конструкции мельницы можно удалять из руды более половины галопелита и тем самым увеличить производительность обогатительных фабрик, улучшить качество калийных удобрений, а также снизить количество экологически вредных отходов калийного производства.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ИЗУЧЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНОГО БЕСПРИВОДНОГО МАССООБМЕННОГО АППАРАТА

Д. И. МИСЮЛЯ (студ. 4 к.), А. А. БОРОВИК (к.т.н.), БГТУ

В химической и смежных с ней отраслях промышленности при проведении процессов абсорбции и ректификации нашли широкое применение колонные массообменные аппараты. Исходя из этого, была разработана новая конструкция роторного бесприводного массообменного аппарата [1], использующего энергию фазовых потоков для создания контактной поверхности и последующей сепарации фаз. Для интенсификации процессов переноса и разделения была проведена модернизация существующей конструкции данного аппарата. Принципиально новыми конструктивными элементами являются: установленное на валу в верхней контактной ступени аппарата жидкостное колесо с вертикальными лопатками и тангенциально расположенным подводным жидкостным патрубком, а также вертикальные неподвижные лопатки, жестко соединенные с газовым патрубком. Кроме того, в модернизированном аппарате диаметр втулки значительно больше, чем в прототипе. Применение жидкостного колеса с тангенциально расположенным подводным жидкостным патрубком позволяет использовать кинетическую энергию подаваемой в аппарат жидкости для вращения ротора. Использование втулки большого диаметра позволяет увеличить скорость газа и давление на лопатки вентиляторного колеса.

При проведении опытных исследований определялась минимально допустимая скорость газа в аппарате (так называемая критическая скорость газа), при которой ротор переходит из неподвижного состояния в состояние вращения. Согласно полученным данным наблюдается существенное снижение (менее 0,4 м/с) критических скоростей газа в усовершенствованной конструкции по сравнению с прототипом. Это связано, прежде всего, с увеличением сил динамического давления на лопатках вентиляторного колеса и возрастанием крутящего момента на валу вследствие уменьшения проходного сечения для газа.

Также были проведены экспериментальные исследования влияния скорости газового потока на частоту вращения ротора в бесприводном массообменном аппарате. Использование новых конструктивных элементов в аппарате положительно влияет на увеличение частоты вращения ротора, что объясняется следующими причинами. Во-первых, применение вентиляторных колес с малыми проходными сечениями приводит к увеличению сил давления на лопатках вентиляторного колеса и возрастанию крутящего момента на валу. Во-вторых, благодаря тангенциальному подводу жидкости к жидкостному колесу обеспечивается преобразование кинетической энергии подаваемой на верхнюю ступень аппарата в энергию вращающегося ротора. В-третьих, вертикально установленные лопатки увеличивают осевое давление газа на лопатках вентиляторных колес.

1 Патент № 1879 РБ, В 01 D 3/30. Роторный дисперсионно-пленочный массообменный аппарат / А. И. Еришов, А. А. Боровик, В. А. Марков (РБ). 1090; Заявлено 23.12.93; Опубли. 15.05.97 г. 3 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНЫХ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

Д. С. ИВАНОВ, В. И. ЖУКОВ, В. С. ПИВЕНЬ, (студ. 4 к.), Н. П. САЕВИЧ (к.т.н.), БГТУ

Теплообменные аппараты и устройства, в которых происходит генерация паровой фазы, являются крупными потребителями энергоресурсов и широко применяются во многих отраслях народного хозяйства. Обычно в качестве греющего агента в испарителях используется конденсирующийся пар. Процесс конденсации характеризуется, как правило, большими коэффициентами теплоотдачи по сравнению с коэффициентами теплоотдачи при поверхностном кипении, особенно при малых температурных напорах. В таких случаях, для уменьшения общего термического сопротивления необходимо повышать интенсивность поверхностного кипения. Поэтому разработка и исследование новых методов интенсификации теплообмена поверхностного кипения с целью создания более эффективных и компактных испарителей представляет значительный научный и практический интерес.

В данной работе представляются результаты исследований активных методов интенсификации теплообмена за счет подвода легкой (паровой) фазы в кипящую жидкость. Объектом исследований являлась модель однотрубного вертикального испарителя с контуром естественной циркуляции. Кипение модельных сред осуществлялось под атмосферным давлением в диапазоне изменения плотности теплового потока от 5 до 90 кВт/м² [1].

Согласно результатам экспериментов принудительный подвод получаемого извне острого пара с последующим его диспергированием на начальном участке вертикальной трубы позволяет увеличить средний коэффициент теплоотдачи для кипящей при малых температурных напорах жидкости в 1,5...2 раза. Выяснено также, что для достижения максимального эффекта интенсификации необходимо обеспечить равномерную и четкую подачу острого пара по трубному пучку испарителя.

Предложен более простой в реализации активный метод интенсификации, основанный на двухступенчатом подводе тепла к испаряемой жидкости в одном теплообменнике. Первая ступень такого аппарата имеет малые размеры и обогревается паром высоких параметров, вторая (основная) часть позволяет эффективно использовать тепло паров низкого давления без существенного роста поверхности теплообмена. В настоящее время экспериментально доказана работоспособность предлагаемой схемы испарителя с двухступенчатым обогревом и планируются дальнейшие более детальные исследования с получением локальных характеристик теплообмена.

Использование подобных активных методов интенсификации возможно в вертикальных испарителях различных тепло-массообменных установок с целью эффективной утилизации тепла паров низкого давления, например в установках многоступенчатого выпаривания и ректификации, без существенных конструктивных изменений существующей теплообменной аппаратуры.

1. Саевич Н. П., Калишук Д. Г., Еришов А. И. Исследования интенсификации кипения воды в вертикальной трубе // ИФЖ. 2004. Т. 77, № 1. С. 191–196.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАПЛЕОТБОЙНИКА С НИЗКИМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

М. Г. СКОТНИКОВ (студ. 4 к.), С. К. ПРОТАСОВ (к.т.н.), БГТУ

Снижение уноса целевых продуктов в виде мелких капель газовыми потоками из аппаратов, в которых осуществляется взаимодействие фаз, является важной задачей при разработке новых конструкций и модернизации старых. Брызгоунос в массообменных тарельчатых колоннах определяет основной размер аппарата – расстояние между тарелками. Именно унос является фактором, ограничивающим повышение скорости газа (пара) в массообменных аппаратах. Во многих производственных процессах недопустимы капли жидкости в газе после аппарата. Во всех этих случаях устанавливают брызгоуловители или отбойники.

Существующие конструкции улавливающих устройств обладают высоким гидравлическим сопротивлением. С целью снижения гидравлического сопротивления каплеотбойника была разработана новая конструкция пластинчатого типа, выполненная в виде двухскатной крыши.

Проверку работоспособности отбойника и оптимизацию его основных геометрических размеров осуществляли по величине межтарельчатого уноса с ситчатой массообменной тарелки и ее гидравлическому сопротивлению с отбойником и без него. Исследования проводили на системе воздух – вода в колонне диаметром 240 мм. Скорость газа по аппарату изменяли в пределах от 0,5 до 3,2 м/с при нагрузках по жидкости в пределах изменения линейной плотности орошения от 3 до 9 м³/(м·ч). В процессе исследований изменяли угол наклона отбойника к полотну тарелки, расстояние между пластинами и расстояние отбойника от верхнего среза переливной планки.

Полученные опытные данные по уносу обработаны по известной методике [1] и представлены в виде относительного уноса ϵ (количества унесенной жидкости в кг, отнесенного к количеству газа в кг).

В результате исследований установлено, что унос уменьшается с уменьшением расстояния между пластинами по вертикали при всех нагрузках по газу и жидкости. Оптимальное расстояние 10 мм было определено с учетом гидравлического сопротивления. Установлены оптимальный угол наклона отбойника к полотну тарелки, равный 45°, и оптимальное расстояние нижней пластины от переливной планки, равное 40 мм. Во всем диапазоне изменения скоростей и плотности орошения унос изменяется незначительно и имеет величину порядка 0,01 кг жидкости/кг газа. Гидравлическое сопротивление отбойника не превышает 40 Па. С увеличением плотности орошения гидравлическое сопротивление увеличивается.

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что пластинчатый отбойник может конкурировать с известными конструкциями каплеуловителей.

1. Рамм В. И. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОСТАНОВКЕ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ КИНЕТИКИ СУШКИ

И. Ю. БЕЛОМЫТЦЕВА (студ. 5 к.), Н. И. ДОВНАР (студ. 4 к.), Т. И. НАЛИВАЙКО (студ. 4 к.),
Д. Г. КАЛИШУК (к.т.н.), БГТУ

Постановка новой лабораторной работы по специальной инженерной дисциплине, ее отладке и оптимизация, как правило, включает методические и экспериментальные исследования. Это относится и к работам по процессам и аппаратам химической технологии. В ходе них студенты исследуют типовые процессы химической технологии на копиях химического оборудования. К учебным установкам предъявляются требования по хорошей воспроизводимости эксперимента, сходимости его результатов с данными литературы. Невысокая квалификация студентов-экспериментаторов, специфика учебных лабораторий требуют максимально возможного исключения вредных факторов, простоты управления процессами и установками, малой, не превышающего времени учебного занятия, продолжительности всех действий по получению необходимого объема опытных данных. Все это ужесточает условия по выбору модельных сред и образцов, режимов проведения эксперимента.

Во многих случаях при расчетах, проектировании и изготовлении установки на основании анализа информации из литературы невозможно достаточно точно установить режимы проведения исследований, подобрать подходящие модельные среды и образцы. Указанная задача усложняется из-за использования в составе установок нестандартных узлов, приспособленных агрегатов. Поэтому с целью оптимизации эксплуатационных характеристик вновь созданных установок требуется проведение трудоемкого поискового эксперимента.

Такого рода эксперимент, в частности, осуществлен на кафедре процессов и аппаратов химических производств при постановке лабораторной работы по изучению кинетики сушки. В ходе его были установлены:

- нагрузочные параметры работы нестандартного воздушонагревателя во взаимодействии с газодувкой, а именно мощности, при которых достигается требуемый диапазон температур сушильного агента;
- геометрические параметры высушиваемых образцов, обеспечивающие проведение эксперимента за допустимый промежуток времени при достаточно высокой точности измерения текущей массы этих образцов;
- доступная для изготовления образцов порода древесины, обеспечивающая хорошую воспроизводимость эксперимента и не требующая для измерений текущей массы высокоточных весов;
- расходы воздуха через сушилку, при которых достигается удовлетворительная сходимость экспериментальных и теоретических значений коэффициентов массоотдачи.

Проведенная экспериментальная работа позволила более точно изложить методики эксперимента и обработки опытных данных.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖИДКОСТИ В РОТОРНОМ МАССООБМЕННОМ АППАРАТЕ

И. А. ЛЮТАРЕВИЧ (асп.), В. А. МАРКОВ (д.т.н.), БГТУ

В настоящее время значительное внимание уделяется вопросам, связанным с защитой окружающей среды, в частности, по очистке газов от вредных примесей, выбрасываемых в атмосферу на химических и других предприятиях. Эффективным способом очистки больших потоков газа является абсорбция.

По виду организуемой поверхности контакта фаз среди поверхностных, распыливающих и барботажных аппаратов следует выделить дисперсионно-пленочные с объемным взаимодействием газа с жидкостью, в которых контакт фаз осуществляется в зоне интенсивного диспергирования жидкости распыливающим устройством с последующим дополнительным контактом в зоне пленочного движения фаз и сепарации. Использование дисперсионно-пленочных абсорберов с незначительным гидравлическим сопротивлением позволяет (особенно при давлениях, близких к атмосферному) осуществлять очистку с небольшими затратами энергии без снижения производительности.

В работе [1] были проведены исследования диспергирования жидкости вращающимся вертикальным перфорированным цилиндром. При вращении распыливающего устройства цилиндрической формы, изобарические поверхности представляют собой конгруэнтные параболоиды вращения и при этом давление жидкости в нижней части диспергатора выше, чем в верхней. Следовательно, при постоянном давлении снаружи цилиндра разность давлений (движущая сила процесса истечения) по высоте изменяется, что приводит к неравномерному орошению.

Для исследований, с целью более равномерного орошения по высоте, было выбрано диспергирующее устройство конической формы с большим верхним основанием. Для такого устройства характерно движение на поверхности внутри канала в виде пленки, за счет разной центробежной силы.

Опыты проводились на воде при изменении нагрузок по жидкости $L = 27 \div 75$ л/ч. Диапазон изменения частоты вращения ротора составлял $200 \div 1200$ об/мин. В ходе исследований применялись конуса с углом образующей 4° , 7° и 11° . Согласно результатам обработки экспериментальных данных получена зависимость расхода жидкости по высоте диспергирующего устройства при разных режимных параметрах, которая может быть использована при расчете и проектировании дисперсионно-пленочных аппаратов.

1. Волков В. К. Закономерности движения и взаимодействия фаз в роторных массообменных аппаратах / Автореф. канд. дисс. ... канд. тех. наук. Мн., 1993. 22 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

ФИО	Страница
Абложей С.И.	263
Абрамчук В.Н.	236
Аверкович Р.В.	157
Агиевич С. В.	182
Адакимчик А.В.	215
Адамчик Д. А.	275
Адамчик Р.С.	221
Акудович В.В.	102
Алексеев А.В.	300
Алисиенок О.А.	256
Алифанова И.Л.	120, 121, 122
Альхимович О.Б.	225
Андрейчиков Р.С.	237
Андриевский А.В.	217
Аносова Н.А.	277
Антаневич А.А.	144
Антоневич А. Б.	179, 191
Антоневич И.П.	297
Антоненко А.А.	164
Антонов С.Н.	283
Ануфриева О.М.	273
Апанасович В.В.	105
Артеменко А.Б.	275
Артемова Е.В.	267
Артемьев В.П.	262
Архипов В.И.	102
Архипов В.И.	242
Арцимович И.З.	164
Ассанович Б.А.	158, 159
Астапенко Г.Ф.	102, 103
Афанасенко Ю.В.	283
Ахремчик Е.В.	322
Бабарека А.С.	136
Балабанов И.В.	136
Балашенко Д.В.	116
Барайшук С.М.	211
Баранова А.И.	278
Барановская Е.И.	328
Барашко И.В.	269
Бахар Л.М.	316
Башмакова М.П.	283
Бекиш Ю.Н.	260
Белегов А.Н.	136
Белов Д.А.	312
Беломятцева И.Ю.	334
Белый А.А.	104
Белявский В.С.	226
Белясова Н.А.	285, 288, 290, 292
Березун Е.В.	317
Береснев С. А.	164

ФИО	Страница
Бжезинская В. И.	165
Бирюк В.А.	328
Блажко Е.В.	292
Близник Ю. О.	165
Бобков В. В.	195
Бобкова Е.А.	294
Бобкова Н.М.	325
Богданец М. Н.	166
Богомазова Н.В.	257
Болвако А.К.	258, 302
Бондаренко Ж.В.	266, 268, 272, 274
Бондарик В.М.	152, 153
Борздов В.М.	218
Борздов Н.Г.	230
Борзенков А.В.	110, 112
Борисова Т.М.	282
Боричевский А.И.	301
Боровик А.А.	333
Боровский С.Е.	232
Ботезат Л.А.	279
Брайкова А.М.	254
Бракович А.И.	145, 146
Бринкевич К.Л.	211
Буйневич В.О	317
Буйневич С.А.	317
Булва А. Д.	166
Булгаков И. В.	167
Бурко И.Н.	272
Бусько В.Л.	129
Бутько Т.А.	305
Бутько Т.А.	304
Бушмич О.Н.	132
Вайцэховіч Н.Ю.	130
Ванина Т.М.	284
Варшавский Д.С.	103
Василевская М.В.	266
Василевский В.П.	117
Василенко И.В.	310
Вашило В. В.	167
Вейник П.А.	112
Векша А.В.	293
Великанова И.А.	255
Верес О.Г.	206
Верховцова Н.В.	312
Верхотуров А.Е.	103, 104
Весельев А.В.	222
Вильтовская С.Г.	305
Вискуб Т. В.	168
Владимиров Д.Д.	154
Власова В.В.	271

ФИО	Страница
Волков С.В.	234
Воробьев А.А.	121
Воропай Е.С.	235
Ворошилов А. А.	168
Ворошкевич А.К.	292
Вувуникян Ю. М.	164, 178, 181, 186, 192, 194
Высоцкая а.И.	291
Высоцкий В.В.	298
Габрусева Т.В.	230
Гаджиева Л. Э.	168
Гаевская Т.В.	260
Гайдукевич Ю.А.	161
Гамеза А.Н.	169
Гапоник Л.В.	310
Гапоник П.Н.	300
Гей С.Л.	249
Геллер Б.Э.	312, 314
Герман А.Е.	221
Гибхин А.В.	311
Гидлевский О.В.	126
Гинель А.К.	219
Глиндзич Д.П.	169
Глоба А.И.	313
Голенда Л.К.	118
Голенков В.В.	132, 133
Головатый А.А.	238
Головина Н.В.	240
Гололобов Д.В.	159
Голуб Н.М.	301
Голубев Ю.Л.	293
Гомолицкий Р.И.	128, 158
Гончаревич А.Л.	129
Гончаренко В.Г.	102
Гончарик Д.С.	228
Горбанева Н.А.	303
Горбачевич А.С.	229
Горбачева Е.В.	278
Горбачик В.Е.	282, 283
Гордейко Д.А.	322
Горегляд Д. И.	170
Горелик С.Г.	170
Горячко Д.В.	112
Гребеников Е.А.	196
Гребенчук П.С.	332
Гречуха С.П.	323
Гриншпан Д.Д.	293
Гринь Н. В.	170
Гринько К.Н.	297
Грицук А.В.	309, 314, 315
Гришечкин Ю.А.	251

ФИО	Страница
Грушова Е.И.	316, 317
Губанова Т.С.	321
Губич О.В.	122
Гулис И.М.	226
Гулякина Н.А.	132
Гурин А. С.	171
Гурин В.С.	171
Гурин Н.И.	114
Гусаков И.В.	270
Гусакова О.В.	202
Давыдов М.В.	155
Даниленок М.М.	203
Дегтярик Л.С.	267
Дежурко А.М.	104
Дейцева А. Г.	195
Дельцова В.Д.	277
Демидчик С.В.	243
Демяшкевич И.А.	232
Джежора А.А.	222
Дик С.К.	154, 155, 156
Дмитрук А.А.	243
Добрянский В.М.	207
Довнар Н.И.	334
Долгова Т.А.	115
Дорохович А.Г.	117
Дорошева Л.В.	224
Драбович Н.П.	104
Драпеза А.А.	297
Дробот С.В.	149, 161
Дробь Ю.А.	137
Дрозд Е.С.	244
Дрозд Н.М.	276
Дроздович В.Б.	255
Дроздовский Е.Е.	137
Дубинин С.В.	263
Дубровина О.В.	121
Дудин А. Н.	171, 184, 185, 190
Дудюк С.Н.	318, 330
Дунина Е.Б.	247
Дыма К.В.	152
Дяденко М.В.	323
Дятлова Е.М.	328, 329
Евдокимович Ю.Н.	159
Егоров А.Н.	213
Егорова Е.А.	282
Егорова Е.Л.	306
Егорова З.Е.	286, 290, 291
Елисеев С.Ю.	262
Еремина А. Р.	172
Ермалицкая К.Ф.	234
Есипок А.В.	219
Ещенко Л.С.	261

ФИО	Страница
Жаворонок К.И.	223
Жарнов А.М.	232
Жарнова О.А.	242
Жарский И.М.	255
Жданович В.А.	153
Железнякова Т.А.	241
Жиляк Н.А.	146, 147
Жихарева К.М.	291
Жолнерович Н.В.	268, 274
Жук А. О.	172
Жук А.А.	223
Жук В.В.	104
Жук Д.В.	173
Жук Е. Е.	172
Жуков В.И.	333
Жукова А.Н.	306, 307
Журавков М. А.	178, 198
Завало Д.И.	318, 324, 330
Завацкий Ю.А.	223
Загорский А.Е.	213
Зажогин А.П.	239
Зайцев М.В.	294
Закирова В.В.	273
Залесский А.В.	205
Залыгина О.С.	318, 324, 330
Заранский В.В.	321
Заяц Н.И.	321
Зборовский А.П.	208, 217
Званкович Т.В.	268
Звертовская О.Ю.	311
Зезюля П.А.	231
Зеленкова Е.Н.	290
Земченко Д.П.	324
Зикратьев А.В.	137
Зильберглейт М.А.	114
Зимичева Е.В.	272
Зинченко В.Ф.	262
Зноско К.Ф.	233
Зорин В.П.	240
Зыбельт В.В.	249
Зыгмантович С.В.	122, 123, 124
Иванов А.Ю.	213
Иванов А.Ю.	223
Иванов Д.С.	333
Ивахненко Н.В.	223
Ивашкевич Е.В.	233
Ивашкевич И.В.	225
Ильина Е. А.	148
Ихелис А.А.	125
Каберда П.А.	245
Кадан А. М.	167, 173
Кадан М. А.	173
Казарновская Г.В.	281

ФИО	Страница
Казем К.	301
Казюка Е.О.	306
Казючиц Н.М.	209
Какшынская В.А.	131
Калинин А.А.	143
Калиновский С.М.	127
Калитин С.Б.	136, 137
Калишук Д.Г.	302, 334
Камков А.Г.	310
Камлач П.В.	153
Кананович Д.Г.	299
Канаш И.Э.	184
Каплевский К.Н.	235
Капранава В.С.	130
Капшай В.Н.	248, 251
Капшай В.Н.	251
Карасик Е.А.	112
Карпенко Ю. В.	174
Карпович О.И.	308
Касперович А.В.	317
Каток Я.М.	298
Катюшина Т.С.	212
Каханович Е.В.	105
Кашталанова Ю.А.	117
Каштелян И.Н.	274
Кирина И.К.	218
Кисель Р.М.	301
Кичигин И.И.	138
Кишилов Д. В.	174
Кишкурно Т.В.	148
Клецкая З.М.	115
Климашевская О.А.	329
Клименок В. И.	171, 177, 190
Климош Ю.А.	329
Клищенко А.П.	232
Клунейко Т.А.	284
Клюкач А.Г.	257
Книппель М.Р.	207
Князева И.А.	298
Коблов Е. В.	175
Ковалев А.Л.	283
Ковалев И.Л.	316
Ковалев С.В.	116
Ковалева Ю.С.	279
Ковалевич А.В.	251
Ковалевич Д.Г.	159
Коваленко Н.А.	277
Коваленко О.А.	105, 223, 236, 237, 238
Коваленко Т.В.	223
Ковальчук Т.А.	297
Кожан И.И.	277
Козинец Е.П.	303

ФИО	Страница
Козлова Е.И.	215
Козловский А.Н.	245
Козловский В.С.	127
Козячий А.Н.	159
Колбаско В.В.	132
Коленчук О.А.	275
Колодинский А.М.	207
Комар О.Г.	158
Комарова И.К.	126
Конаш П.А.	154
Кононов А.Г.	205
Константинов С.Г.	275, 294
Копыцкий А.В.	213
Коренская И.Н.	130
Корниенко А.А.	249
Коробко А.О.	210
Короткевич О.С.	120
Косова М.М.	114
Костевич А.Л.	171, 183
Костевич С.А.	137
Костюк С.В.	286
Костюкевич А.В.	276
Котяшов Е.О.	227
Кочетков Д.С.	241
Кошкин Я. Б.	175
Кравченко М.И.	279
Кракасевиц С.В.	154
Кречко Н.А.	305
Кривулько К. Ф.	232
Кротович А.Е.	288, 290
Крукова А. А.	176
Крукович В.И.	261
Круль Л.П.	312
Крутько Э.Т.	307, 308, 310, 313
Кручко В.А.	280
Крылов Г.Г.	245
Крылов Е. В.	176
Крылова Г.В.	245
Крылова Л.Г.	248
Кубрак П.Б.	255
Кугейко М.М.	231
Куделя Т.В.	222
Кудрявцев Е.П.	262
Кузнецов А. Л.	177
Кузьменков М.И.	319, 320, 321
Кузьменкова Н.М.	320
Куис Л.В.	287, 289
Кукареко К.В.	202
Куликов В.В.	207
Кульпанович А.П.	143
Кульпанович Е.Н.	257
Кунаховец В.А.	138

ФИО	Страница
Купреев А.Г.	226
Курбацкий А. Н.	197
Курило П.В.	219
Курило С. И.	177
Курильчик О.В.	317
Курстак Т. И.	178
Кусакин Д.В.	250
Куц А.И.	251
Кушунин А. А.	178
Куц Д. Д.	179
Лабович И.Г.	179
Лабынко Ю.В.	154
Лавицкая А. С.	254
Лавренев Д.В.	138
Ладис А.О.	237
Лазарева О.Г.	287
Лазаревич В.Л.	109
Лазаревич Е.В.	108
Лазаревич О.В.	265
Лазовский А.В.	106
Ламоткин С.А.	271, 276, 296
Лапин М. В.	179
Лапука О.Г.	144
Ларькин А.В.	214
Латышев С.С.	309
Левданский Э.И.	332
Левин Г.М.	119
Левицкая А.С.	209
Левицкий И.А.	322, 325, 326, 327
Левшакова Н.М.	331
Леонов А.В.	250
Леонтьев В.Н.	284, 287
Лещев С.М.	293
Лещенко Е.Ю.	218
Лигоцкий А. Л.	180
Линник А.И.	282
Лиопо В.А.	249, 251
Лиопо В.П.	249, 251
Липик В.Т.	309
Лисенкова А.М.	241
Лисок Е.В.	331
Лихачёва А.В.	285, 289, 314, 315
Лобатый А.А.	136
Логиновский А.А.	180
Лопасин Н.В.	225
Лукашевич М.Г.	208, 217
Лукашевич С.М.	209
Лукьянович И.Р.	170
Лукьянчук Н.Ю.	149
Лутковский В.М.	104, 106, 107, 180
Луценко Е.В.	217

ФИО	Страница
Лысенко С.А.	231
Лысюк Н. П.	181
Лютаревич И.А.	335
Лютко А.В.	118
Ляшенко Л.С.	235
Мазура Н.В.	322
Макеев Н.Г.	280
Максимов П.О.	304
Максимович О. В.	181
Малашин А.Н.	137
Малкин В.А.	143
Мальцев В.Н.	140
Малюгин В. И.	183
Манак И.С.	217, 226, 228, 231, 240
Мануленко А.Ф.	310
Манько А.А.	246
Марголин Л.Н.	212
Маркевич Р.М.	287, 289
Маркевич С. В.	182
Марков В.А.	335
Марковская Н. В.	170
Маркушевский А.М.	158
Мармыш Д.Н.	230
Марозава I.А.	123
Мартыневский М.А.	121
Марчик Е.В.	320
Масилевич А.А.	290
Маслов А. С.	182
Матальцкий М. А.	172, 179
Матвеев К.С.	280, 282
Матвиец А.А.	319
Матусевич Ю.И.	306
Матюшков В.В.	139
Махонь В.В.	283
Мацкевич А.Н.	145
Мачалина М.В.	256
Машарипова О.В.	264
Медведская Е.В.	318, 330
Мелех О.	157
Мелех О.	156, 157
Мелеш Л.В.	123, 124
Мельников Д.Г.	235
Миксюк А. Ю.	183
Микулович В.И.	179
Милованова И.С.	183
Милькевич П.В.	106
Минина И.Г.	212
Минченко Л.И.	108, 109, 110
Мисевич А.В.	208
Мисюля Д.И.	333
Михайлова М.В.	281
Михалкович О.М.	210

ФИО	Страница
Михальченков А.А.	139
Михнюк М.Н.	170
Мицкевич В.А.	154
Мленик П.В.	264
Мовшович А.В.	118
Можейко О.А.	324
Мороз А.Н.	136
Мосолова Е.Г.	214
Мостович А.В.	159
Мостыка А.К.	326
Мотузко А.В.	140
Мурашкевич А.Н.	254
Мушко В. В.	184, 185
Наврозов А.А.	111
Назаров П.В.	238
Наливайко Т.И.	334
Наркевич И.И.	252
Насонова С.Л.	247
Наурзбаева Е.Х	279
Нащанский А.В.	140
Невар Т.Н.	288
Некрашевич И.В.	302
Немцов В.Б.	244
Нестерова С.В.	296
Нехай С.А.	155
Ниживинский В.С.	140
Никитенко А.Н.	286
Никитин А.В.	242, 246, 247
Никитина Е.А.	282
Николайчик А.В.	306
Новик М.В.	319
Новиков А.Г.	216
Новиков А.О.	270
Новиков В.С.	325
Новикова Ю.С	317
Новикова Ю.С.	316, 317
Новицкий К.В.	121
Образцов Н.С.	156, 157
Огрызко С. В.	185
Оджаев В.Б.	209
Ожог О.М.	296
Олейник Д.Ю.	138, 142
Ольховик О.В.	265
Омельянович Д.А.	274
Онищук А.Г.	141
Орловский Д. С.	185, 186
Осадчий И.А.	143
Осипов А.Н.	155
Осипов О.Е.	118
Остапенко М.С.	110
Павлюкевич Ю.Г.	327, 330
Пальчик В.Ю.	143
Панькова О. С.	186

ФИО	Страница
Папко И.В.	140
Папко Л.Ф.	324
Пардон С. А.	187
Пархоменко С.Н.	124
Парчевский П. В.	187
Патапович М.П.	239
Паус К.В.	282
Пашкевич А.П.	128, 158
Пегасин Д.В.	141
Пегасин М.В.	141
Переверзева Н. А.	165, 167
Перез-Чернов А. Х.	188
Перетрухин В.В.	263
Першин В.Т.	149, 160
Петлицкий А. И.	188
Петров А.Ю.	299
Петрова Л.И.	115
Петрукович И.С.	316
Петухоў Ю.А.	204
Пецевич В. М.	200
Печерский Г.Г.	260, 261
Печилин А.М.	142
Пивень А.Д.	189
Пивень В.С.	208, 333
Пилецкая О.Т.	236
Пилюпенко О. В.	189
Пилюпук О.В.	279
Писанко В.А.	111
Пискун Ю.А.	310
Пищ И.В.	326, 331
Пищулов И.П.	142
Плинда А.А.	286
Плышевский С.В.	320
Побединская Н.П.	303
Повод С.А.	329
Подболотов К.Б.	328
Подвительский А.Н.	106
Подвицкий Д.В.	119
Подгурский Ю.А.	138
Подолицкий И. М.	190
Полевиков В.Э.	190
Полховский Р.Н	330
Поляк А.Н.	120
Поляков А.Н.	326
Поплавский А.Л.	252
Поскребышев А.Н.	143
Потапенко А.Г.	103
Потапова К.Ф.	273
Пракопчик Е.В.	331
Прокопенко А.В.	144
Прокопчик А.Ф.	233
Прокопьев С.Л.	216
Протасов С.К.	334

ФИО	Страница
Пулко Ю. В.	191
Пунчик З.В.	120
Рабион Е.Н.	285
Радевич А.Г.	295
Радченко А.В.	286
Радыно А.Я.	192
Развин Ю.В.	220
Развин Ю.В.	221
Разделовский О.В.	109
Рай К.С.	140
Ракуть Л.Н.	272
Растворцев А.А.	160
Рахманько Е.М.	299
Рачковская Г.Е.	330
Ревин В.Т.	160, 161, 162
Ревяко М.М.	304
Ремез Е.Д.	285, 289
Ременчик В.М.	161
Репич М.В.	238
Реут И.В.	220
Решетов В.А.	240
Ровдо Я.В.	252
Роговский С.И.	159
Рожанский Д.В.	132
Романов В.В.	271
Романович А.Г.	143
Романцевич Е.В.	147
Романчук Т. А.	191
Ропот А.О.	220
Рудак А.М.	148
Русина Ю.	126
Ручай Н.С.	291, 292
Ручанова Н.В.	113
Рыжковский А.И.	129
Рыжова В.В.	224
Рымовская М.В.	291, 292
Рысюкевич А.В.	305
Рычкова Е.А.	155
С. Ван Невел	173
Сабуть А.В.	250
Савашенко А.В.	308
Савенко А.В.	122
Савицкая Т.А.	269
Савицкий В.В.	237
Савкина А.С.	254
Савков П.И.	125, 128
Савостьянова Ю.С.	278
Саевич Н.П.	333
Сачников В.А.	108
Сачников К.А.	236
Сакович А.А.	319
Самутина Н.Н.	281
Сапьяник В.Г.	138

ФИО	Страница
Саханчук Ж.Н.	277
Сахарова Е.Г.	115
Свиридов Д.В.	264
Свито И.А.	214, 215
Севостьян Д.М.	116
Севрюк А.В.	203
Седышев С.Ю.	138
Селивончик О.Н.	268
Семенова М.С.	133
Семенчук Н. В.	177
Сендер А. Н.	192
Сербун П.Ф.	160
Сергей е.В.	288
Серебрянская Т.В.	300
Серёжкин В. Н.	166
Сиваев П.В.	222
Сивый А.И.	262
Сидоревич А.Н.	107
Сидоренко А.Ю.	297
Сипайло С.В.	115
Сиротко С.И.	111, 113, 125
Скаун В.В.	233
Скворцов А.А.	225
Скоков П.И.	278
Скорб Е.В.	264
Скотников М.Г.	334
Скрундь В. В.	192
Скумс П. В.	193
Слепец В. И.	193
Смелков В.К.	270, 272
Смелкова С.В.	282
Смородинский С.С.	129
Смурага Ю.Г.	155
Смуругова Е.В.	260, 261
Снежко Э.В.	243
Сныткова А.Ю.	246
Собачевский А.С.	327
Соколов Д.В.	128
Соколов М.Т.	263
Соловьева Т.В.	267
Солтовец Г.Н.	270, 272, 273
Солтовец Г.Н.	282
Сонец О.В.	156
Сотский А.Б.	225
Сперанский Д.С.	218
Ставров В.П.	315
Ставров В.П.	308, 315
Стальмошенок Е.К.	203, 204
Старовойтов Э. И.	180
Стасевич О.В.	284
Стаськевич А.Г.	121
Стаськов Н.И.	225
Статкевич О. Н.	200

ФИО	Страница
Статкевич Т. Н.	200
Стаховский С.М.	110
Сташенин А.Б.	327
Стержанов М.В.	110, 212
Стецко И.П.	107
Столяров А.В.	107
Стрекаль Н.Д.	216
Суворов А.Г.	119
Супиченко Г.Н.	277
Суримто В.В.	295
Сухоцкий Ю. Ф.	194
Сыроежко Р. Г.	194
Тавакколи Дж.	195
Танкевич В.Л.	247
Тарасевич А.В.	325
Тарасевич С.Е.	131
Тарасюк Н.С.	204
Ташлыков И.С.	210, 211
Ташлыков И.С.	206
Тебенькова Т.П.	307
Телепун С.Я.	221
Терех А.С.	154, 156
Терещенко И.М.	323, 331
Тикач М.В.	289
Тимошенко И.А.	227
Тиханович Ю.Е.	287
Тишин А.Ю.	224
Тищенко В.В.	258
Толкач О.Я.	311
Толстик Е.А.	230
Трофимова А.В.	229
Трутченко Л.И.	278
Труш Н. Н.	191
Трущенко Д.В.	270
Тузиков А.В.	102
Тузиков А.В.	119
Тульев В.В.	206
Тхорева И.М.	281
Углов В.В.	203, 204
Уляшко П.В.	206
Урбанович П.П.	145, 146, 147, 148
Усенко А.Е.	259
Ушакоў Дз.У.	228
Фалейчик Б. В.	195
Фалетров Я.В.	294
Федорако Д.А.	308
Федоренко Д.В.	248
Федоренко М.П.	117
Федоркевич Н. П.	149
Федорская А. В.	195
Федосов С.М.	266
Федотов А.К.	214, 215

ФИО	Страница
Федотова Ю.А.	205
Фетисова С.А.	196
Филипчик А.Г.	162
Фираго В.А.	222
Флюрик Е.А.	287
Фомич Ю.В.	196
Фомичева Л.А.	249
Фурашова С.Л.	283
Фурс А.Н.	246
Хайруллин М.М.	142
Халанский А.Г.	104
Харин Ю. С.	171, 169, 199
Харитонович А.Г.	313
Хижняк Е.А.	259
Хмельницкий А.И.	241
Хмызов И.А.	269
Хмылко Э.К.	216
Хомич Е.В.	108
Хоронеко О.В.	314
Хрол Е.З.	304
Цанава А.А.	143
Цехан О. Б.	174, 187
Ціхановіч В.У.	228
Цуба С.В.	304
Цылин Л. С.	150
Цыриков Ф.В.	144
Чарковский А.В.	280, 281
Чергинец Д. Н.	197
Черенда Н.Н.	205
Черепица С.В.	309
Черная Н.В.	265, 266, 268, 270, 274, 276
Черная Н.В.	271
Черник А.А.	257, 258
Чернушевич Г.А.	263
Чесалин Н. В.	197
Чиркун Д.И.	332
Чонгарская Л.М.	278
Чубаров С.И.	234
Чумак Н. Г.	198
Шабан С.А.	136, 139
Шагиева Л.И.	112
Шадур А.Л.	159
Шамелова О.В.	118
Шанько О.А.	315
Шарыпин В.Н.	143
Шафранская А.Я.	119
Шафранская И. В.	166
Шашок Ж.С.	303
Шеин А.С.	145
Шелепова В.П.	280
Шепелевич В.Г.	202
Шибайло Т.Н.	269

ФИО	Страница
Шибека Л.А.	273
Шиман Д.В.	148
Шинкаренко И.С.	133
Шинкевич Н. Н.	198
Ширко А.В.	244
Ширко И.А.	130
Шичкова Т.А.	256
Шишкина Н.И.	115
Шкадрцов Д. И.	199
Шкуматов В.М.	294
Шлык П. А.	199
Шостак Л.Г.	114
Шпак А.Д.	125

ФИО	Страница
Шпаковский Г.И.	103
Шпарун Н.В.	273
Шубенкова Е.В.	315
Шуляк И.В.	277
Шутов С.И.	139
Щемелева Е.А.	217
Щербина Е.И.	307
Щербина Л.А.	313
Щукина Л.В.	156, 157
Эмелло Г.Г.	256
Юденков В.С.	116, 124
Юденков В.С.	124
Юркштович Н.К.	267

ФИО	Страница
Юрченко А.Н.	278
Юрьева И.В.	295
Юсевич А.И.	316
Юхневич А.В.	259
Якимцова Л.Б.	305
Якимцова Л.Б.	306
Януть В.И.	211
Ярмола А. Н.	199
Ясковец Е.А.	139
Яценко В.В.	304
Яцко К.В.	216
Яцков Н.Н.	105, 238

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ	3
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ, АВТОМАЦИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	23
ТРАНСПОРТ	47
ЭНЕРГЕТИКА	75
МЕТАЛЛУРГИЯ	89
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	93
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. БИБЛИОТЕКОВЕДЕНИЕ	101
РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	135
МАТЕМАТИКА, ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ	163
ФИЗИКА	201
ХИМИЯ	253
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	336

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Сборник тезисов докладов X республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь
«НИРС-2005»

В трех частях. Часть 2.

В авторской редакции

На русском, белорусском и английском языках

Ответственный за выпуск А. Г. Захаров

Оригинал-макет подготовлен отделом НИРС
Управления подготовки кадров высшей квалификации
Главного управления науки БГУ

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times

Отпечатано на ризографе