

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ

**Материалы 14-й Международной
научно-технической конференции
(69-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных работников, докторантов
и аспирантов БНТУ)**

В 4 томах

Том 3

**Минск
БНТУ
2016**

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72я431

Н34

Редакционная коллегия:

Б.М. Хрусталеv – академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор;

Ф.А. Романюк – чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор;

А.С. Калиниченко – д-р техн. наук

В сборнике представлены материалы 14-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (69-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

ISBN 978-985-550-920-3 (Т.3)

ISBN 978-985-550-922-7

© Белорусский национальный
технический университет, 2016

Технические и прикладные науки

Проектирование дорог

Варкулевич В.А., Бородич А.А.

Белорусский национальный технический университет

ДТП с участием диких животных занимают от 0,2 до 0,5 % от общего количества дорожно-транспортных происшествий, но влекут за собой одни из самых тяжелых последствий. Действия животных в данных ситуациях абсолютно непредсказуемы, что и представляет собой особую категорию опасности. Количество раненных, погибших в ДТП с участием диких животных гораздо выше количества произошедших аварий, поэтому эти происшествия заслуживают большого внимания.

Меры, принимаемые в отношении диких животных, направлены на то, чтобы снизить количество ДТП и уменьшить объем травматизма и материального ущерба, и предусматривают:

- Установку предупреждающих дорожных знаков. По результатам шведских исследований выявлено, что только 39% водителей замечают дорожный знак.

- Установку зеркал для отпугивания диких животных в ночное время отраженным светом фар автомобилей. Эксперименты показали, что они не оказывают никакого снижающего действия на количество ДТП с участием диких животных.

- Ограждения для животных. Опыт показал, что подобные сооружения значительно сокращают количество ДТП с участием диких животных на огражденных участках (сокращение составляет примерно 60-70%).

- Запахи с целью отпугивания животных (репелленты). Подсчеты показали, что эта мера привела к значительному снижению ДТП.

- Расчистку леса с целью улучшения видимости. Опыт показал, что такая мера сокращает количество ДТП с участием животных на 20%.

В Республике Беларусь проводится комплекс мероприятий по снижению количества ДТП с участием диких животных. Статистические данные отражают эффективность проведенных мер, так как в сравнении с 2008 годом, в 2014 г. количество ДТП сократилось в 3.9 раза.

Беларусь перенимает опыт зарубежных стран и активно использует самые эффективные методы по снижению количества ДТП с участием диких животных. В настоящее время достигнуты значительные успехи в уменьшении численности аварий с участием диких животных, но следует продолжать уделять большое внимание данной проблеме, так как происшествия такого рода влекут за собой самые тяжелые последствия и огромные социально-экономические потери для страны.

Исключение затора при проектировании улично-дорожной сети

Бураковская А.В., Жевнеренко А.С., Селюков Д.Д.
Белорусский национальный технический университет

Улично-дорожную сеть в Республике Беларусь проектируют в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами (ТКП 45-3.03-19-2006 и СНБ 3.03.02-97), которые учитывают движение одиночного автомобиля в благоприятных погодных условиях и состоянии поверхности дорожного покрытия проезжей части.

Элементы трассы улично-дорожной сети нормируют, начиная с 1939 года, применяя технический подход. Он не учитывает зрение и психофизиологические возможности водителя, его воздействие на органы управления транспортным средством, результат функционирования сложной социально детерминированной функциональной биомеханической системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения» (далее ВТСУДД), состав и интенсивность движения, характеристики состояния транспортного потока и др.

Увеличение интенсивности движения на улично-дорожной сети и наличие медленно движущихся автомобилей в транспортном потоке приводит к заторообразованию и появлению локально движущегося затора на опасных для движения её участках. На них транспортный поток изменяет качественное состояние, возникает динамическая волна, режим движения становится неустановившимся и т.д.

Образование затора (пробки) на улично-дорожной сети обусловлено двумя причинами: недостатками нормирования и проектирования элементов трассы и организации дорожного движения при проезде опасных для движения мест на дороге.

Для исключения затора на улично-дорожной сети необходимо:

- перейти от технического подхода в нормировании элементов трассы к системно-функционально-деятельностному детерминированному методу;
- учитывать при нормировании элементов трассы зрение и психофизиологические возможности, воздействие водителя на органы управления транспортным средством;
- учесть характеристики изменения состояния транспортного потока при проезде опасных для движения мест на дороге, причины возникновения динамической волны и др.;
- управлять искомым результатом функционирования системы ВТСУДД, и т.д.

Способы ограничения скорости движения на опасных участках дорог

Кирдун А.С., Ивкин И.С., Селюков Д.Д.
Белорусский национальный технический университет

На улично-дорожной сети Республики Беларусь имеются опасные для движения участки. Это локально скользкие участки на дорожном покрытии проезжей части, выбоины, ограничение видимости на кривых в плане и продольном профиле, колеи, кривые в плане малого радиуса и др. На них сосредотачиваются дорожно-транспортные происшествия и преступления (далее ДТП и ДТПр).

Опасные для движения участки на улично-дорожной сети созданы дорожными организациями в результате того, что не учтены при проектировании и организации дорожного движения признаки функционирования сложной социально детерминированной биомеханической системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения» (далее ВТСУДД) и её коммуникационных связей.

В современных условиях темпы роста транспортного парка страны опережают темпы строительства улично-дорожной сети и её реконструкции. В этих условиях наиболее эффективным методом по снижению аварийности является информирование водителей о безопасной скорости проезда опасных участков.

Известны статистический и теоретический, натурный и расчетный способы по определению безопасной скорости движения транспортного средства по опасному для движения участку улично-дорожной сети.

Недостатками таких способов является то, что они не учитывают: существенного признака функционирования системы ВТСУДД, её элементов и связей между ними; безопасной технической и психофизиологической скорости проезда опасного участка дороги; конструктивных особенностей и эксплуатационного состояния транспортного средства и улично-дорожной сети. Они снижают точность определения скорости, которую указывают на дорожном знаке перед опасным участком дороги.

Технические решения ограничения скорости движения на опасных участках улично-дорожной сети защищены патентами на изобретения Республики Беларусь №14516, 14517, 14539, 14671, 15485, 18447 и 19003. Реализация патентов дорожными организациями позволит исключить ДТП и ДТПр по причине дорожного фактора, а судебным автодорожным экспертам находить справедливое экспертное разрешение причин возникновения ДТП и ДТПр.

Уровни загрузки дороги движением и аварийность

Сизов П.Д., Султанов Р.А., Селюков Д.Д.
Белорусский национальный технический университет

Вдоль дороги уровень загрузки движением постоянно изменяется из-за наличия на ней опасных для движения мест. Это обусловлено тем, что транспортный поток при проходе опасных для движения мест претерпевает качественное изменение его состояния. Вначале повышается зрительная нагрузка (увеличивается скорость перемещения взора и число объектов наблюдения). Затем повышается функциональная напряженность, водитель воздействует на органы управления транспортным средством для адаптации режима и траектории к безопасному проезду предстоящего участка дороги. Как крайняя мера из-за несоответствия выбранного режима и траектории безопасному проезду происходит дорожно-транспортное происшествие.

Для установления влияния степени опасности для движения мест на улично-дорожной сети на безопасность движения, аварийность, уровень загрузки дороги движением и сложность движения проведено в 1979 году Д.Д.Селюковым исследование, результаты которого приведены в таблице.

Степень опасности участка дороги	Показатель точности выявления опасных по условиям движения участков дороги			
	Коэффициент безопасности	Коэффициент аварийности	Уровень загрузки	Сложность движения
Безопасный	0,38	0,46	0,30	0,20
Малоопасный	0,36	0,36	0,58	0,38
Опасный	0,44	0,14	0,26	1,0
Очень опасный	0	0,50	0,52	1,0

Разница в точности выявления опасных участков по условиям движения обусловлена:

- коммуникационной связью системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения» (далее ВТСУДД), которая положена в основе метода выявления опасного участка дороги, и современной стадией их развития;
- позитивным или негативным результатом функционирования системы ВТСУДД. В методах коэффициентов безопасности, уровня загрузки дороги движением и сложности движения исследуется связь функционирования системы с позитивным результатом. В методе коэффициента аварийности – с негативным результатом движения.

**Конструкции водопропускных труб с полукольцевым
и полуэллиптическим очертанием**

Галяс А.В.

Белорусский национальный технический университет

Конструкция полукольцевой водопропускной трубы значительно уменьшает деформации (осадки) дорожного полотна, поскольку при ее установке не возникает сложностей с уплотнением насыпи по всей высоте трубы. Изготовление составных частей конструкции не требует специальных приспособлений и может выполняться в любом цехе железобетонных конструкций, размеры которого позволяют разместить необходимые опалубочные формы. Хранение и транспортировка частей трубы возможны по отдельности с укладкой в несколько рядов по высоте. Опыт показал, что разрывов дорожного полотна не происходит.

Конструкция полуэллиптической водопропускной трубы включает: верхний элемент – ПЭ оболочка; нижний элемент – плоская плита.

Исследования доказали, что выполненное оптимальное проектирование позволило снизить затраты материалов на производство на 30-45%.

Результаты наблюдений эксплуатируемых ВПТ-ПК показали, что надежная работа всех элементов любых ВПТ может быть обеспечена только при объединении их в единую пространственную систему. Объединение полуэллиптических или полукольцевых арок с опорной плитой и отдельных звеньев между собой выполняется при монтаже ВПТ путем сварки закладных деталей и арматурных стержней.

При оптимизации проектных решений была проработана конструкция раструбного оголовка. Современные программные комплексы позволяют при проектировании учесть комплексную работу его элементов: порталной стенки, откосных крыльев и монолитной плиты входа и выхода, а также учесть совместную пространственную работу оголовка и тела трубы.

Объединение полуэллиптических или полукольцевых арок с опорной плитой и отдельных звеньев между собой выполняется при монтаже трубы путем сварки закладных деталей и арматурных стержней.

В результате оптимизации удалось получить снижение стоимости по сравнению с кольцевой водопропускной трубой на 35–45%, с полукольцевой – на 13–14%. Основной эффект оптимизации достигается за счет рационального распределения усилий в арке и уменьшения пролета (ширины) опорной плиты.

УДК 625.72

Целевой поиск проектных решений при проектировании автомобильных дорог

Нестеров М.В., Назаренко Р.В., Нарыжнов П.В.
Белорусский национальный технический университет

Для разработки методологии целевого поиска проектных решений автомобильных дорог в качестве теоретической основы были приняты результаты исследований, в ходе которых установленные закономерности изменения режимов движения автомобилей и транспортных потоков на двухполосных автомобильных дорогах с учетом изменения показателей их эксплуатационного состояния в течении жизненного цикла.

Для формирования целевой функции в задачах направленного поиска проектных решений предложен комплекс основных критериев, среди которых по результатам моделирования транспортных потоков и анализа вероятностных характеристик движения автомобилей в потоке принят критерий скорости 85% обеспеченности.

На основе результатов экспериментальных исследований можно обосновать величины безопасного интервала и безопасной дистанции между транспортными средствами при движении в транспортном потоке по условиям безопасности движения. Разработать модель смещенного распределения вероятности интервалов в транспортном потоке в зависимости от величины динамического габарита.

На основе обобщения уравнения движения автомобиля при разных режимах можно усовершенствовать математическую модель определения скорости свободного движения на двухполосных дорогах общего пользования. Установлено, что переход к непрерывному распределению скоростей при моделировании движения транспортанепосредственно влияет на изменение показателя времени пребывания в пути.

Получение и развитие модели движения транспортных потоков, реализуется как часть общей методологии целевого поиска проектных решений двухполосных автомобильных дорог. Результаты решения составленной системы дифференцированных могут быть использованы для решения задач моделирования транспортных потоков на двухполосных автомобильных дорогах. Теоретически обоснована возможность установления вероятностного состояния любого автомобиля в структуре транспортного потока.

Разработан метод определения основных составляющих транспортных издержек с учетом изменения показателей эксплуатационного состояния дороги в течение жизненного цикла.

Оценка безопасности дорожного движения

Грудько Т.А., Мордас М.С.

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-транспортные происшествия происходят чаще всего в местах, где водители сталкиваются с внезапными изменениями дорожных условий, вызывающими необходимость резкого снижения скорости движения.

Для выявления участков дороги, создающих опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий, и оценки относительной опасности движения применимы методы, разработанные проф. В.Ф. Бабковым: определение коэффициентов аварийности и коэффициентов безопасности.

При проектировании новых дорог должен быть обеспечен коэффициент безопасности не менее 0,8. При реконструкции или капитальном ремонте существующих дорог перестройке подлежат участки с коэффициентом безопасности менее 0,6.

По сравнению со странами развитой автомобилизации уровень аварийности в Республике Беларусь характеризуется высокой тяжестью последствий (количество погибших из 100 пострадавших в ДТП). В 2013 году на республиканских дорогах этот показатель составил 24,4.

Основная цель повышения безопасности движения в 2015–2019 годах заключается в обеспечении снижения количества ДТП и уменьшении количества погибших и пострадавших в них за счет улучшения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог.

Безопасность движения на автомобильных дорогах может быть обеспечена проведением широкого комплекса мероприятий: совершенствованием конструкций и контролем технического состояния транспортных средств; строгим соблюдением водителями и пешеходами правил движения по дорогам; созданием дорожных условий, обеспечивающих возможности движения автомобилей с высокими скоростями; надлежащей информацией водителей о дорожных условиях и режиме движения. Выполнение всего комплекса мероприятий позволит внедрить повышенные скоростные режимы на протяжении 520 км автомобильных дорог, которые планируется реконструировать в период 2015-2019 ггв соответствии с требованиями к автомобильным дорогам I категории, что увеличит протяженность скоростных дорог до 1587 километров. Реализация таких режимов движения обеспечит увеличение скорости сообщения, пропускной способности, снижение всех видов потерь, включая экономические, экологические и аварийные.

Анализ аварийности на автомобильных дорогах Республики Беларусь и пути её снижения

Жданович А.С.

Белорусский национальный технический университет

Согласно статистике ГАИ в Республике Беларусь, в 2012 году на дорогах страны погибло 1032 человека. То есть смертность в ДТП составила 109 человек на 1 миллион населения.

Как ни странно почти 90% происшествий происходит на горизонтальных, ровных и прямых участках дорог. Подавляющее количество ДТП произошло на дорогах с асфальтобетонным покрытием (свыше 90%) при относительно низкой тяжести последствий. Самые тяжелые последствия зафиксированы в происшествиях, совершенных на цементобетонном покрытии.

Относительно условий движения: на сухом дорожном покрытии совершается около 60% ДТП, на влажном и мокром дорожном покрытии около 25%, на скользком заснеженном и обледеневшем дорожном покрытии отмечается самый низкий уровень дорожно-транспортных происшествий, около 5-7%, но именно в условиях плохой управляемости отмечаются максимально тяжелые последствия происшествий.

Самыми опасными участками дороги считаются перекрестки, дороги с закруглением, дороги с плохой обзорностью.

Для выявления опасных участков могут быть использованы следующие методы: метод, основанный на анализе данных о ДТП; метод коэффициентов аварийности; метод коэффициентов безопасности; метод конфликтных ситуаций.

Чтобы снизить аварийность на автомобильных дорогах выполняют следующие мероприятия: восстановление дорожного покрытия; повышение ровности дорожного покрытия; повышение сцепных качеств дорожного покрытия; совершенствование зимнего содержания дорог; совершенствование содержания тротуаров, пешеходных переходов и велосипедных дорожек в зимний период; контроль правильности расстановки дорожных знаков в соответствии с требованиями стандартов; обеспечение безопасности производства дорожных работ.

Следовательно, проблема снижения аварийности на автомобильных дорогах Беларуси является актуальной и требует усовершенствования методов повышения безопасности дорожного движения.

**Использование программного продукта PTV Vissim
для моделирования реальных условий дорожного движения**

Завадский Д.Э., Лапша В.А., Мордас М.С.
Белорусский национальный технический университет

VISSIM позволяет имитировать движение транспорта и пешеходов. Мотоциклы, легковые автомобили, грузовой и общественный транспорт, пешеходы и велосипедисты - Vissim отображает всех участников дорожного движения и их взаимодействие в одной модели. Имеется возможность представления в виде 3D модели.

Основными возможностями программы являются:

- оценка влияния типа пересечения дорог на пропускную способность;
- проектирование, тестирование и оценка влияния режима работы светофора на характер транспортного потока;
- оценка транспортной эффективности предложенных мероприятий;
- анализ управления дорожным движением на автострадах и городских улицах, контроль за направлениями движения;
- анализ влияния управления движением на ситуацию в транспортной сети (регулирование притока транспорта, изменение расстояния между вынужденными остановками транспорта);
- детальная имитация движения каждого участника движения;
- моделирование остановок общественного транспорта и станций метрополитена;
- расчет аналитических показателей, построение графика временной загрузки сети;
- расчет выбросов вредных веществ.

Программное обеспечение позволяет пользователю моделировать геометрию любой сложности (развязки в разных уровнях, перекрестки). В качестве модели автомобиля используется модель, разработанная Райнером Видеманном в 1974 году (Karlsruhe University). Данная модель учитывает физические и психологические аспекты водителей.

Vissim является мощным инструментом для моделирования транспортного движения. Имея множество дополнительно подключаемых плагинов, можно воссоздать дорожные условия практически любой сложности. Применение программного комплекса на стадии проектирования и при реконструкции участка автомобильной дороги позволяет выявить аварийно-опасные участки и предусмотреть различные меры по повышению безопасности дорожного движения, что существенно повлияет на экономическую составляющую строительного проекта.

Цементобетонное покрытие и его особенности

Горунов А.А., Давыдёнков Д.Б.

Белорусский национальный технический университет

В мире строительство дорог с цементобетонным покрытием непрерывно возрастает, они становятся основным видом магистральных дорог. По статистике цементобетонных дорог в США — 60%, в Германии — 38%, в Австрии — 46%, в России — 3%.

Цементобетон — главный конкурент асфальтобетона, прочность которого практически не зависит от температуры, длительности действия нагрузки и влажности, в отличие от асфальтобетонного покрытия, а срок службы составляет 20–25 лет.

Цементобетонное покрытие дорожке асфальтобетонного на 70–80%, однако асфальтобетонное требует ухода и ремонта уже через 3–4 года после ввода дороги в эксплуатацию. Фактически через 8 лет общие эксплуатационные затраты на цементобетонные и асфальтобетонные дороги уравниваются.

Эксплуатационные преимущества связаны с тем, что бетон распределяет нагрузку на большую площадь земляного полотна по сравнению с асфальтом. В течение весеннего сезона только 6% цементобетонных дорог подвергаются определенным деформациям, для асфальтобетонных дорог этот показатель составляет 61%.

Вполне очевидно, что с точки зрения усталости материала цементобетон гораздо выносливее асфальтобетона, это является причиной долговечности цементобетонных покрытий.

На цементобетоне не появляются колеи и волнообразности, как на асфальтобетоне, вследствие чего происходит экономия топлива до 20%. Цементобетонное покрытие в темное время суток отражает свет значительно лучше, чем асфальтобетонное, из-за своего светлого оттенка, что обеспечивает хорошую видимость для водителей и позволяет уменьшить уровень освещения на 10–20%. Движение по цементобетонной дороге создает больше шума, но в среднем всего на 5–10 дБ больше, чем по асфальтобетонной, что является незначительным для человека.

Строительство цементобетонных дорог в Республике Беларусь должно сопровождаться полным соблюдением всех технологических норм. Особое внимание требуется уделить нарезке швов и подбору требуемой марки бетона. Иначе мы не получим действительного эффекта, как экономического так и эксплуатационного, от данного покрытия, что является недопустимым в наших условиях.

Обеспечение безопасности дорожного движения с применением железобетонных ограждений Delta Bloc

Борисенко Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Безопасность дорожного движения – одна из самых актуальных проблем дорожной отрасли. Ежегодно в ДТП погибают около одной тысячи человек. Необходимо сосредоточить усилия для снижения уровня аварийности дорожного движения. Самая распространенная причина транспортных происшествий – несоблюдение скоростного режима, неправильная оценка водителем дорожной ситуации и совершение необдуманных маневров, особенно при прохождении поворотов.

Есть несколько путей обеспечения безопасности и один из них - это установка ограждений. Ограждения бывают тросовые, железобетонные, барьерные.

Тросовые и барьерные ограждения слишком гибкие и не выдерживают тех нагрузок, которые могут выдерживать железобетонные ограждения. Однако обычные железобетонные ограждения слишком твердые и недостаточно гибкие и при ДТП они создают большую аварийность. Но можно применять ограждения Delta Bloc. Они достаточно твердые и одновременно гибкие, это достигается подбором специального состава бетона и запатентованной замкнутой цепи элементов в конструкции.

Преимуществами ограждений Delta Bloc являются:

- длительный срок службы (первые блоки установлены 26 лет назад и успешно эксплуатируются без необходимости замены);
- отсутствие повреждений при легких столкновениях и столкновениях средней тяжести;
- быстрая и простая замена отдельных конструктивных элементов после серьезного столкновения;
- быстрая установка (позволяет сократить сроки строительства).

Использование системы ограждений Delta Bloc возможно на разделительных полосах и обочинах, на мостовых конструкциях, а также для ограждения мест проведения строительных работ.

Для удобства есть возможность устройства комбинированных систем ограждений за счет переходных блоков.

Необходимость применения железобетонных ограждений Delta Bloc на автомобильных дорогах Республики Беларусь очевидна для обеспечения безопасности дорожного движения.

Шумопоглощающие покрытия

Завадский Д.Э., Назаренко Р.В., Шохалевич Т.М.
Белорусский национальный технический университет

Одним из источников шумового загрязнения окружающей среды является взаимодействие шин автомобилей с покрытием дороги. Причиной возникновения шума при контакте покрытия и шины является воздух, заключенный между выступами протектора, который сжимается и затем выходит наружу с громким свистящим звуком.

Цементобетонное покрытие по критерию шумообразования проигрывает асфальтобетонному. При движении по цементобетону уровень шума, в среднем, на 5-10 дБ выше, чем при использовании асфальтобетонных покрытий. Использование пористого и высокопористого асфальтобетона способствует снижению уровню шума. Объем пустот в таких покрытиях составляет около 25%, тогда как в обычных – лишь около 6%. При использовании высокопористых асфальтобетонов уровень шума может быть снижен в 1.5-2 раза.

Однако высокопористые асфальтобетоны гораздо дороже (укладка в 1.5 раза дороже) по ряду причин и имеют некоторые недостатки по сравнению с плотными смесями: быстрое снижение шумопоглощающих свойств по мере использования покрытия; пористая структура позволяет кислороду проникать глубоко в покрытие, вследствие чего начинаются процессы окисления; низкая морозоустойчивость.

С целью продления срока службы шумопоглощающего эффекта покрытия устраивают двухслойное пористое покрытие, которое позволяет отводить воду и грязь из-под дорожной одежды.

Разработана технология холодного асфальтобетона с вязким дисперсным битумом. При смешении холодных увлажненных минеральных составляющих с органическим вяжущим образуется эмульсия на твердом эмульгаторе. Температура готовой смеси не превышает 25-40 °С. Такую асфальтобетонную смесь невозможно уплотнить до плотности горячего асфальтобетона. Уплотнению препятствует вода, которая после испарения образует тонкопористую структуру, в которой большая часть пор закрыта.

В мире достаточно давно используют технологии шумопоглощающих покрытий. В настоящее время широкое использование таких покрытий обеспечено развитием нанотехнологий, которые продлевают срок службы покрытия с сохранением шумопоглощающих свойств.

Характеристика транспортного шума и способы борьбы с ним

Ганевич Е.А., Нестеров М.В., Шохалевич Т.М.
Белорусский национальный технический университет

Самым распространенным источником шума и главной причиной слухового раздражения и беспокойства людей является шум автомобильного транспорта. Шум транспортных средств по временным характеристикам относится к непостоянному шуму. Поэтому для измерения и нормирования транспортного шума используют показатель, называемый эквивалентным уровнем шума. Для комфортной жизни людей эквивалентный уровень шума на территории жилой застройки в дневное время не должен превышать 55 дБА, в ночное 45 дБА, согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.

Транспортный шум, зависит в основном от следующих параметров: типа и модели подвижного состава; типа двигателя; технического состояния подвижного состава; типа и качества дорожного полотна и верхнего строения пути; скорости движения; условий распространения шума; условий эксплуатации.

К настоящему времени установлена взаимосвязь различных факторов и их влияние на общий уровень шума и разработана систематизация всех факторов по четырем группам: транспортные факторы, создающие уровень шума; дорожные факторы, определяющие уровень шума; природно-климатические факторы, влияющие на уровень шума; защитные факторы, снижающие уровень шума.

В общем случае методы снижения транспортного шума можно классифицировать по следующим трем направлениям: уменьшение шума при изменении маршрутов движения транспортных средств; снижение шума на пути его распространения; применение средств шумозащиты. Использование того или иного метода или их комбинации зависит в значительной мере от степени и характера требуемого уменьшения шума.

В настоящее время широко применяются шумозащитные экраны - конструкции, возводимые вдоль крупных проспектов, автомагистралей, железнодорожных путей. Располагаются, как правило, на высокоскоростных магистралях проходящих мимо жилых и офисных районов. Установка таких конструкций экономически обоснована в густонаселенных районах, где трассирование дороги на расстоянии от жилых и офисных зданий невозможно. Барьеры обычно выполнены в виде панелей с несущими балками слева и справа, есть возможность выполнения проемов для проезда автотранспорта или прохода пешеходов.

Экономическая эффективность использования снегоплавильных установок в Республике Беларусь

Стрельчук А.Д., Бородич А.А.

Белорусский национальный технический университет

Особенности климатических условий Республики Беларусь таковы, что для большинства регионов наиболее проблемным вопросом является зимнее содержание автомобильных дорог. В это время года происходит существенное изменение состояния их поверхности, что вызывает усложнение условий движения автомобилей.

Технология содержания автомобильных дорог и городских улиц в зимний период времени предполагает следующие виды мероприятий: очистка поверхности, сбор, вывоз и утилизация снежной массы.

Лежащий снег, в т.ч. снег на обочинах и отвалах, является накопителем химических и других загрязняющих веществ. В крупных городах загрязнение снега усиливается из-за отработавших газов, выбрасываемых в атмосферу транспортом. Накопление снежных масс в большом объеме порождает еще и экологические проблемы.

Для решения данных актуальных проблем в ведущих странах мира уже начали применять новые машины и технологии уборки и утилизации снега. Мобильные снегоплавильные установки предназначены для утилизации снега на территориях различного назначения (парковки, автостоянки, промышленные площадки, складские территории, городские улицы, аэропорты и пр.). Техника может использоваться в любом месте и не требует каких-либо специальных условий для размещения. Единственное требование — наличие ливневой канализации или иного способа для утилизации талой воды.

Существующая в настоящее время система удаления снежных масс требует пересмотра, доработок и совершенствования. Уже принимаются меры по разработке и производству новых видов противогололедных составов для обработки автомобильных дорог. Однако для достижения положительных результатов должны приниматься комплексные решения, потому что от качественной очистки проезжей части дорог и тротуаров напрямую зависит безопасность дорожного движения, и, следовательно, жизнь и здоровье участников дорожного движения и пешеходов.

Применение современных снегоплавильных машин позволит оптимизировать расходы на уборку снежных масс с автомобильных дорог, будет способствовать улучшению экологических показателей, а также снижению дорожно-транспортных происшествий.

Возможные пути оптимизации в решении вопроса парковок внутри городских районов (кварталов)

Гатальский Р.К., Мороз В.В., Олешкевич А.В.
Белорусский национальный технический университет

В данный момент, город Минск и все областные города столкнулись с большой проблемой размещения и временного хранения автомобильного транспорта, в том числе и мотоциклов, мопедов и т.д. Стали происходить конфликтные ситуации: пешеход-автомобиль, автомобиль-автомобиль, также частичная постановка автомобилей на зелёную полосу.

Проблемой планировок старых кварталов является невозможность расширения площади застройки, поэтому существует самый очевидный выход: грамотная перепланировка проездов, парковок, площадок, тротуаров.

Например: существующая парковка, напротив дома, позволяет на отведённой парковочной площадке расположить автомобиль в один ряд, при этом остаётся место для проезда (выезда) одного автомобиля + пол ширины автомобиля. Старая планировка не предусматривала такого увеличения числа авто на одну квартиру, коэффициент составляет 1,25. В нынешнее время этот коэффициент должен доходить минимум до 1,5.

Грамотная перепланировка (реконструкция), поможет увеличить количество машиномест на 35-45 процентов. Например: если забрать всего лишь от 1 до 1,5 метров зеленой зоны (не на прилегающей к дому территории), а также сделать разметку каждого места (можно сделать специальные пандусы по машиноместу), тогда появиться возможность создания второго ряда под парковку.

В настоящее время, конечно, пытаются разгрузить самые проблемные места паркингами, система мультипаркинга, гаражами надземные и подземные. Все эти нововведения хороши, но как показала практика применения паркингов очень убыточны и их необходимо строить в месте с другими масштабными объектами (стадионами, большими офисами, чтобы вывести их на самоокупаемость). Также перспективно видится мультипаркинговая система, но она тоже требует больших затрат.

Правильная перепланировка с минимальным отбором зеленой и игровой площадок принесёт значительное улучшение в системе решения парковок жилых территорий. Здесь надо понимать, что при увеличении рядов необходимо обеспечить безопасность нахождения пешеходов (детей) внутри жилой застройки спец. ограждениями и зелеными насаждениями, понятную систему проезда авто, проходов для пешеходов.

Пути оптимизации существующей планировки на примере города Минска

Гатальский Р.К., Гаравская А.Ю., Колесник В.Ю.
Белорусский национальный технический университет

Дорожная планировка города Минска существует с середины прошлого века, а значит ее можно только оптимизировать. Одним из вариантов решения проблемы является необходимость увода транспортных потоков от центра, для тех кому не нужно попасть в центральную часть города.

Дорожная сеть построена по радиально-кольцевой схеме, отсутствуют магистрали непрерывного движения. Все ветки существующих потоков в основном проходят через центральную часть города, где в итоге скапливается транспорт, отсюда образуются заторы.

Простой реконструкцией улиц (расширяя, добавляя новые полосы) здесь не обойтись. Пробки все равно не исчезнут, так как основные заторы образуются на перекрестках. Происходит это в основном из-за присоединения новых районов с другой системой планировки, уплотнением застройки, а также непродуманной системы маршрутов.

Одним из выходов является строительство безостановочных скоростных магистралей, обходящих центр с минимальным числом светофоров, созданием зелёных коридоров и обязательным проложением пешеходных переходов под или над землёй, для обеспечения высокой пропускной способности и скорости потока.

Одним из интересных решений в Европейских странах являются паркрайдовые системы, где люди с личного транспорта пересаживаются на общественный транспорт, т.е. оставляют свой автомобиль на специальных перехватывающих стоянках, и доезжают до нужного им объекта на метро. Для этого необходимо устраивать стоянки, парковки, для перехвата въезжающего транспорта в центральные окрестности города. Обычно их устраивают на окраинах, возле самых крайних станций метро.

Планировка дорог в новых кварталах в большинстве случаев является радиальной (строение дерева), где главная дорога микрорайона разветвляется на второстепенные проезды, дробящиеся на тупики, ведущие к жилым постройкам. Благодаря четкому разделению дорог по интенсивности движения можно ограничить ширину проезжих частей и применять облегчённые покрытия там, где интенсивность движения небольшая. Подобная планировка дает экономический эффект, благодаря сокращению площади улиц и облегчению дорожных покрытий.

Методика проектирования отвода воды с проезжей части

Кононова Е.И., Филонович А.Э.

Белорусский национальный технический университет

Для сбора и отвода поверхностных вод с проезжей части предусматривается устройство прикромочных и водосбросных лотков. Они необходимы на участках дорог I-IV категорий с продольными уклонами более 3%, насыпями высотой более 3м, у вершин вогнутых вертикальных кривых с радиусами 8000м и менее, перед мостами и путепроводами и за ними для предохранения обочин и откосов земляного полотна от размыва.

Прикромочные лотки могут быть непрерывного формирования из бетона или асфальтобетона или же сборными из бетонных плит лоткового профиля. Для безопасности движения транспортных средств их следует устраивать по краю укрепленной обочины (остановочной полосы) с усовершенствованным типом покрытия. Продольный уклон прикромочного лотка должен быть не менее 3‰.

На дорогах II-III категорий взамен прикромочных лотков может применяться специальная конструкция щебеночных обочин, действующая по принципу рассекания и поглощения водного стекающего потока.

Для сброса воды, собирающейся с проезжей части прикромочными лотками, по откосам земляного полотна устраиваются поперечные водосбросные лотки открытого типа или выпуски закрытого типа с дождеприемными устройствами (колодцами).

Водосбросные лотки открытого типа устраиваются из сборных железобетонных элементов или хризотилцементных труб диаметром 0,4м. Расстояние между поперечными водосбросными лотками зависит от ширины покрытия, с которого происходит сток поверхностных вод, и от продольного уклона дороги.

В местах устройства виражей на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в категорий с разделительной полосой воду с внешней проезжей части закругления дороги сбрасывают через дождеприемные колодцы за пределы земляного полотна с устройством выпусков закрытого типа.

Для сброса воды с разделительной полосы шириной 12,5м устраиваются дождеприемные колодцы по ее оси.

На выпусках водосбросных лотков открытого и закрытого типов к подошве насыпи или в кювет устраиваются гасители из монолитного бетона и сборных бетонных элементов, из георешеток с заполнением ячеек щебнем, или в комбинации из перечисленных материалов и изделий.

Методика проектирования отвода воды от земляного полотна

Кононова Е.И., Дасевич Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Для отвода воды от земляного полотна и прилегающих к дороге склоновых участков рельефа предусматривается устройство кюветов, кювет-резервов, водоотводных и нагорных канав, перепадов и быстротоков.

Глубину кюветов следует принимать на 0,2м ниже устья дренажных устройств или низа дренирующего слоя дорожной одежды в точке выхода его на откос. При отсутствии дренажа глубина кювета от бровки земляного полотна назначается в зависимости от вида грунта (0,6-0,9м).

Заложение откосов со стороны обочины зависит от категории дороги(1:3, 1:4). Крутизну откосов кюветов, водоотводных и нагорных канав с противоположной стороны следует принимать в зависимости от грунта (1:1,5, 1:2).

Кюветы должны иметь продольный уклон не менее 5‰, в исключительных случаях не менее 3‰. Для канав, расположенных на расстоянии не менее 4м от подошвы насыпи, уклон дна не менее 1‰.

Наибольший продольный уклон кюветов, водоотводных и нагорных канав следует принимать в зависимости от вида грунта, типа укрепления откосов и дна с учетом допустимой по размыву скорости течения. Допускаемые скорости течения воды назначаются по типу укрепления.

При проектировании кюветов необходимо проверить справляется ли он с пропуском расчетного расхода дождевой воды, который рекомендуется определять по методике Союздорпроекта.

При проектировании водоотводных канав необходимо определить гидравлически наивыгоднейшее сечение канавы.

$$\beta = B/h;$$

где B – ширина канавы по дну;

h – глубина протекания воды в канаве.

Значения B и h определяем из закона непрерывности потока:

$$Q = W * V_{\text{доп}}$$

Зная расчетный расход Q и допустимую скорость воды $V_{\text{доп}}$, находим площадь живого сечения W . Далее, рассчитав гидравлически наивыгоднейшее сечение канавы и площадь живого сечения, определяем глубину воды, ширину дна, которую округляем до целых дециметров, и корректируем значение глубины воды. Глубина канавы принимается на 0,2 м выше уровня воды.

**Обоснование капитальных вложений в развитие
и совершенствование автомобильных дорог**

Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Дорожная сеть, как составная часть инфраструктуры, способствует выполнению автотранспортом своей народнохозяйственной функции – эффективной доставке грузов и пассажиров по назначению.

Недооценка роли качества автомобильных дорог в экономике республики является одной из причин экономических трудностей в отраслях народного хозяйства осуществляющие автомобильные перевозки. Поэтому необходимо, чтобы хороший уровень технического состояния дорог экономически стимулировался самими потребителями транспортных услуг, чтобы затраты на восстановление автомобильных дорог учитывали их износ.

Зависимость эффективности работы автомобильного транспорта от дорожных условий бесспорна. Поэтому возникает необходимость разработать структуру взаимосвязей между параметрами, характеризующими транспортно-эксплуатационное состояние дорог с факторами, влияющими на показатели экономического развития любой области и всей экономики в целом.

Капитальные вложения в дорожное хозяйство ведут к улучшению качества дорог, что в совокупности снижает затраты на эксплуатацию транспортных средств, понижая себестоимость перевозок.

Затраты предприятий на транспортные перевозки составляют значительную долю от всех затрат, необходимых на поддержание работоспособности дорог. Поэтому вложение достаточных средств в автомобильные дороги оказывает большое влияние на снижение транспортных и эксплуатационных затрат производственных предприятий, то есть на эффективность их работы (снижение себестоимости товарной продукции). Повышение производительности автомобильного транспорта и эффективности затрат на дорожно-ремонтные работы невозможно без повышения транспортно-эксплуатационного состояния существующих дорог (в частности их ровности). При оценке экономической эффективности капитальных вложений в ремонт и содержание автомобильных дорог необходимо использовать системный подход, то есть исходить из показателей производительности и себестоимости перевозок.

**Повышение эффективности работы автомобильных дорог
как составной части автомобильного транспорта**

Качановская К.Ю., Зиновенко О.В.

Белорусский национальный технический университет

Эффективное функционирование экономики государства зависит от наличия развитой и надежно функционирующей сети автомобильных дорог. Чем больше плотность и выше качество сети автодорог, тем богаче страна.

Автомобильные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения круглогодичного, непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями в любое время года и в любых условиях погоды. От ее технического уровня и эксплуатационного состояния существенно зависит скорость движения транспортных средств, безопасность движения и экология придорожного пространства. С увеличением технической скорости возрастает производительность автомобильного транспорта при неизменной сумме постоянных расходов, что позволяет снизить себестоимость автомобильных перевозок.

С ростом интенсивности за последние 5 лет транспортная нагрузка на дороги существенно возросла. В первую очередь это касается основных и дополнительных транспортных маршрутов общего объема транспортных средств, на которые приходится около 69 % от общего объема грузовых перевозок.

Степень развития и техническое состояние дорожной сети конкретного региона определяют затраты автомобильного транспорта на перевозки и непосредственно влияют на экономическую эффективность работы транспортных организаций. Актуальным вопросом в области финансирования является определение вклада работы автомобильных дорог в формирование оптимальной транспортной энергоемкости ВВП конкретной отрасли народного хозяйства в конкретном регионе.

Уменьшение затрат автомобильного транспорта обеспечивает снижение себестоимости производства товаров и услуг, что способствует росту реального валового внутреннего продукта. Возникает необходимость в обосновании потребности в финансировании работ на ремонт и содержание дорог с учетом очередности производства, что приведет к повышению эффективности их работы. Важность такого обоснования связана с тем, что эффективность затрат определяется наличием выделяемого общего объема финансовых ресурсов.

Разработка планово-расчетных цен на природные нерудные строительные материалы

Белозорова Ю.А., Агатенко Я.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Широкое применение нерудных строительных материалов в дорожной отрасли вызывает необходимость уделять особое внимание формированию цен на данный вид продукции.

Расчет отпускной цены на продукцию предприятия позволяет выявить целесообразность ее производства и реализации. При формировании отпускных цен в обязательном порядке составляются плановые калькуляции с расшифровкой статей затрат. Для успешной деятельности предприятия цены на продукцию должны обеспечить возмещение понесенных затрат, связанных со всеми этапами жизненного цикла продукции и получение прибыли.

Определение цены является одной из труднейших задач, стоящих перед любым предприятием. Ведь именно цена определяет успехи предприятия – объемы продаж, доходы, получаемую прибыль. Поэтому необходимо уделять большое внимание рассмотрению данного вопроса на предприятии. Отпускная цена продукции рассчитывается путем составления плановой калькуляции.

Наличие эффективной системы ценообразования невозможно без знания методики ценообразования, его отраслевых особенностей, изучения действующего законодательства в области ценообразования. Один из основных критериев эффективности системы ценообразования – обеспечение рентабельности продукции и получение прибыли.

Определение затрат на природные нерудные строительные материалы производится в разрезе вышеперечисленных этапов производства и включают следующие статьи расходов: вспомогательные материалы, основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих, расходы на содержание и эксплуатацию дорожной техники, транспортные расходы, общепроизводственные расходы, общехозяйственные расходы, налоги и отчисления в бюджетные и внебюджетные фонды. Наибольший удельный вес в себестоимости занимают расходы на содержание и эксплуатацию дорожной техники.

С целью дальнейшего совершенствования механизма ценообразования необходимо постоянно производить изучение причин изменения уровня отпускной цены за единицу и учитывать влияние ценообразующих факторов на конечную величину цены в целом.

Совершенствование финансирования ремонта автомобильных дорог

Солодкая М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Основные направления развития народного хозяйства в государстве наряду с широкой программой дорожного строительства в стране предусматривают «улучшать качество строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог».

По мере роста автомобильного парка и повышения интенсивности эксплуатации автомобильного состава автотранспорта возрастает разрушающее воздействие автомобилей на дорожные покрытия и увеличивается потребность автомобильных дорог в ремонтах.

Существующая система планирования дорожно-эксплуатационных расходов, связанных с поддержанием дороги в работоспособном состоянии, включает в себя ежегодные расходы на текущий ремонт и содержание и затраты на капитальный ремонт, выполняемые периодически в соответствии с установленными межремонтными сроками.

Характерной особенностью действующего в стране порядка финансирования ремонтов основных фондов, имеющих периодичность проведения более одного года, является использование амортизационных отчислений, постепенного переноса стоимости основных фондов дорожного хозяйства на создаваемую им совместно с автомобильным транспортом продукцию.

Взаимосвязь между автомобильным транспортом и дорогой происходит по двум направлениям. С одной стороны, техническое состояние дороги оказывает непосредственное влияние на технико-эксплуатационные и экономические показатели автотранспорта. В свою очередь, потребность в затратах на ремонт автомобильных дорог и поддержание их в работоспособном состоянии определяется, прежде всего, интенсивностью эксплуатации дорожной сети подвижным составом автотранспорт. Эффективность работы автомобильного транспорта формируется при непосредственном участии автомобильных дорог, составляющих совместно с подвижным составом и производственно-технической базой единый отраслевой комплекс.

Опыт финансирования дорожного строительства и ремонта в наиболее развитых странах свидетельствует о широком использовании принципов самокупаемости. Это происходит тремя путями: за счет государственных ассигнований, местных бюджетов и путем прямого взимания платы за проезд всех видов транспорта.

Бетоны на органогидравлических вяжущих для устройства конструктивных слоев дорожных одежд

Веренько В.А., Асипенко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее распространенным типом покрытия в Республике Беларусь является асфальтобетон. Асфальтобетон обладает рядом достоинств: возможность устройства тонких слоев, хорошая демпфирующая и ремонтоспособность, низкий уровень шума, технологичность. Однако, как и любой другой материал, асфальтобетон имеет свои пороговые параметры надежности и долговечности. В частности, это недостаточная устойчивость к пластическим и усталостным деформациям. Это приводит к преждевременному выходу покрытий из строя, либо увеличению толщины и материалоемкости дорожных одежд.

Отказ от применения асфальтобетонных покрытий и замена цементобетоном невозможна по ряду причин. Во-первых, устройство цементобетонных покрытий требует повышенных материальных затрат, поскольку толщина слоя в силу высокого соотношения модуля упругости и прочности на изгиб составляет 20-24 см. Цементобетон обладает низкой ремонтпригодностью и долговечностью в условиях интенсивного воздействия химических реагентов, которые применяются в борьбе с гололедом, особенно в городских условиях.

Сложившаяся ситуация привела к поиску путей получения материалов, сочетающих положительные свойства асфальто- и цементобетонов.

Повышение качества и долговечности дорожных покрытий, снижение стоимости и материалоемкости дорожного строительства невозможно без применения новых конструкционных материалов. Одним из таких материалов является бетон на композиционных битумо-цементных (органогидравлических) вяжущих.

Бетон на органогидравлических вяжущих (ОГВ) — искусственный строительный материал, сочетающий в своей структуре свойства термодинамически несовместимых органических (битумов, дегтей) и гидравлических (цемент, гипс, зола и т. д.) вяжущих. Появление бетонов на ОГВ в дорожном строительстве было связано с рядом причин:

1. Недостаточной надежностью и долговечностью традиционного асфальтобетона на действие современных транспортных нагрузок;
2. Внедрением новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, требующих наличия в структуре материала воды (эмульсии, вспененные битумы, влажные органоминеральные смеси и т. д.);

3. Появлением новых технологий ремонта и реконструкции дорожных покрытий (метод Ресайклинга, холодного ремиксирования и др.).

Основной особенностью бетонов на ОГВ является использование в качестве вяжущих битума и цемента. В общем случае, расход битума составляет 2-4 %, цемента 3-8%. Таким образом, применение бетонов на ОГВ, позволяет использовать до 80 кг цемента на 1 тонну смеси.

Основным структурообразующим элементом бетонов на ОГВ является формирование межфазных переходных слоев кластерного типа. Поскольку гидравлические и органические вяжущие являются термодинамически несовместимыми и не могут образовать устойчивой однофазной системы, граница раздела фаз является размытой и контакты осуществляются через межфазные переходные слои. Процесс структурообразования бетонов на ОГВ заключается в появлении различного рода связей прогидратировавших агрегатов гидравлического вяжущего между собой при наличии пленок органического вяжущего различной толщины. В ряде случаев возможно появление фазовых контактов между прогидратировавшими агрегатами цемента, вызванных взаимодействием продуктов гидратации. Эти контакты возникают в разрывах битумных пленок, а также и через битумные пленки небольшой толщины. Причинами их появления при наличии углеводородных пленок являются: внутрикристаллическое давление, перенос ионов вследствие диффузии, разрыв углеводородных пленок в результате контракции, частичная взаимная растворимость составляющих.

Применение бетонов на ОГВ позволит решить проблему местных проездов и жилых улиц частного сектора, где в настоящее время (по экономическим соображениям) невозможно использовать капитальные дорожные одежды. Конструкция дорожных одежд для местных проездов должна включать основание из ПГС или асфальтогранулята толщиной 10-20 см, слой покрытия из бетона на ОГВ толщиной 6-15 см и слой износа.

В настоящее время в БНТУ разработана методика, алгоритм и программа получения бетонов на ОГВ требуемой марки, с учетом особенностей состава гранулята, требующая минимальных трудовых и финансовых затрат.

Таким образом, применение бетонов на ОГВ позволит расширить объемы строительства и главное, использовать большие объемы портландцемента. Важно, что могут использоваться как бездобавочные цементы, так и цементы с добавками, которые составляют основную массу, выпускаемых в РБ цементов. Цементы с добавками непригодны для устройства цементобетонных покрытий.

Тонкослойные покрытия со стекловолокном

Веренько В.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в мировой практике наиболее эффективными технологиями восстановления эксплуатационной надежности покрытий автомобильных дорог и улиц, имеющих неструктурные повреждения (например, продольные и поперечные трещины, шелушение, сетка трещин и т.д.), являются технологии устройства защитных слоев с синхронным распределением волокна: поверхностная обработка Fibre Chip Seal и тонкий слой из эмульсионно-минеральной смеси Fibre Slurry Seal (MicroSurface).

Отличительной особенностью поверхностной обработки Fibre Chip Seal является то, что синхронно, перед распределением щебня, производится россыпь стекловолокон (длиной от 30 до 120 мм), которые обеспечивают большую долговечность поверхностной обработки, особенно на растрескавшихся покрытиях. В качестве вяжущего могут применяться битумы, модифицированные битумы, битумные эмульсии. Технология обеспечивает продление срока службы покрытия до капитального ремонта на 2-4 года в зависимости от его состояния.

Технология устройства такого рода поверхностных обработок широко применяется в Республике Бурятия и на Дальнем Востоке России, что свидетельствует о ее эффективности даже в самых тяжелых климатических условиях.

Технология устройства тонкого слоя Fibre Slurry Seal (Microsurface) (далее - Fibre Slurry Seal) толщиной до 15 мм (до 25 мм) заключается в механизированном распределении литых эмульсионно-минеральных смесей, состоящих из каменных материалов (щебня, песка, наполнителя) подобранного состава, битумной эмульсии (модифицированной битумной эмульсии), воды, специальных добавок, регулирующих срок распада эмульсии, и волокна. Технология обеспечивает продление срока службы покрытия до капитального ремонта на 3-6 лет в зависимости от его состояния.

Для условий г. Минска второй вариант устройства защитного слоя (по технологии Fibre Slurry Seal) является более предпочтительным в первую очередь по причине его эстетичности и безопасности (отсутствует вынос щебня автотранспортными средствами во время их движения).

Технико-экономические расчеты, выполненные в Белорусском национальном техническом университете, свидетельствуют о

значительной эффективности данной технологии. Так, например, средний годовой экономический эффект от применения данной технологии составляет до 60 тыс. белорусских рублей на 1м² устроенного тонкого защитного слоя в сравнении с 5 см слоя из горячего асфальтобетона. При этом, повышаются такие показатели дорожного покрытия как его несущая способность (до 50%), циклическая долговечность (до 150%) и водостойкость (до 100%), что позволяет обеспечить продление срока службы дорожного покрытия до капитального ремонта на 3-7 лет. Помимо этого, что немаловажно для городских условий, снижается уровень шума (на 10-15%) и повышается коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием (в 1,2-1,5 раза).

Для реализации технологии может быть применена техника, разработанная компанией «Гаоюань» (КНР) – всекитайский холдинг, в состав которого входят научно-исследовательские, строительные и производственные подразделения. За более чем 15 лет компания сформировала профессиональный научно-исследовательский корпус с высококвалифицированным персоналом из профессоров, докторов наук и других опытных научных работников.

Учеными из Белорусского национального технического университета совместно с китайскими коллегами усовершенствована методика диагностики дорожных покрытий применительно к климатическим условиям провинции Хэнань, на основе которой разработана методология назначения вида превентивных и ремонтных мероприятий с максимальными технико-экономическими показателями, разработаны долговечные конструкции дорожных покрытий с тонкими защитными слоями, составы материалов для их устройства и технологические решения, реализованные в технике компании Гаоюань.

Эффективность внедрения в практику дорожного строительства г. Минска технологии устройства тонких защитных слоев из эмульсионно-минеральных смесей с волокном не вызывает сомнений.

УДК 625.7

Устройство дорожных покрытий по технологии холодного ресайклинга

Поливко А.Г., Литвин Е.Ю., Лабанов П.А.

Белорусский национальный технический университет

В Саратовском государственном техническом университете предложена холодная технология производства и применения вибролитого регенерированного асфальтобетона, позволяющая устраивать покрытия

без применения катков и исключая необходимость применения битумных эмульсий, существенно удорожающих стоимость дорожных одежд. Первичное уплотнение смеси выполняется вибрацией, при распределении смеси асфальтоукладчиком. Окончательное уплотнение осуществляется движением транспорта в ходе эксплуатации покрытия. Отличительной особенностью предложенного способа регенерации является образование в процессе перемешивания в объёме асфальтовой смеси прямой медленнораспадающейся битумной эмульсии на твердом эмульгаторе, роль которого могут выполнять обычно применяемые минеральные порошки. Выполненные расчеты показали, что общий народнохозяйственный эффект (складывающийся из экономического, экологического и социального эффектов) составляет около 50 % по сравнению с обычным плотным асфальтобетоном горячего приготовления. Технология имеет ряд значимых достоинств. Значительно снижается энергопотребление, так как отпадает необходимость высушивания и нагрева минеральных составляющих и старого асфальтобетона, а также длительного уплотнения укаткой. Экономия ресурсов осуществляется за счет исключения из технологической линии асфальтобетонного завода сушильного барабана, форсунки, топочного хозяйства, пылеуловительной установки, грохота, необходимости их обслуживания, снижения металлоемкости завода, а также за счёт отсутствия необходимости применения катков. Значительно улучшается экологическая безопасность, так как благодаря холодному и влажному приготовлению смесей исключается выброс в атмосферу пыли, канцерогенных углеводородов.

Для холодного вибролитого регенерированного асфальта, как и для всех асфальтов с дисперсными органическими вяжущими, характерна принципиальная невозможность уплотнения до плотности горячего асфальтобетона. При уплотнении сближению частиц препятствует вода, заполняющая все поры, а также клеящее действие битума. Поэтому холодный вибролитой регенерированный асфальт имеет остаточную пористость свыше 10 % и относится к высокопористым, что обуславливает меньшее шумовыделение при движении по нему автомобилей в сравнении плотным асфальтобетоном горячего приготовления. В холодном вибролитом регенерированном асфальте асфальтовяжущее вещество имеет тонкопористую структуру, в которой большая часть пор закрыта, что обеспечивает защиту от проникновения мелких минеральных частиц в глубь материала.

По основным показателям холодные вибролитые регенерированные асфальты удовлетворяют требованиям, предъявляемым ко второй марке горячего плотного асфальтобетона. Водонасыщение соответствует пористым асфальтобетонам, приближаясь к верхнему пределу показателя

для горячего плотного асфальтобетона. Остаточная пористость на 1,5...4 % больше водонасыщения, что объясняется закрытой тонкопористой структурой асфальта.

Теоретические расчёты показывают, что шумовыделение холодного вибролитого регенерированного асфальта на 2...6 дБ ниже по сравнению с плотным асфальтобетоном горячего приготовления. Установлено, что в среднем шумовыделение холодного вибролитого регенерированного асфальта на 8,9 дБ меньше в сравнении с горячим плотным мелкозернистым асфальтобетоном типа Б, на 7,0 дБ меньше в сравнении с горячим плотным мелкозернистым асфальтобетоном типа В, на 3,9 дБ меньше в сравнении с вибролитым асфальтобетоном горячего приготовления II типа. Снижение уровня шума на 6 дБ субъективно воспринимается как уменьшение громкости вдвое.

УДК 625.7

Влияние элементов плана и профиля, состояния проезжей части автомобильных дорог на увеличение функциональной напряженности водителя

Молочко А.В., Адашкевич В.И.

Белорусский национальный технический университет

Дорожные условия оказывают значительное влияние на режим и безопасность движения, при перегрузке водителя дорожной информацией он не в состоянии воспринять ее всю. Неправильная ее оценка и принятие ошибочных решений приводит к аварийным ситуациям.

Наибольшее количество ДТП наблюдается на участках дорог, где водитель испытывает большое нервно-психическое напряжение.

Суть водительской деятельности заключается в сложном психологическом взаимодействии водителя и условий движения. Под условиями движения понимается совокупность характеристик и параметров проезжей части дороги, придорожного пространства, дорожных знаков, указателей, сигналов светофора и др.

Важным вопросом является выбор трассы дороги. Исследования показали, что идеальным источником информации водителя может служить сама дорога, подсказывающая всей своей трассой, сочетанием с ландшафтом и средствами зрительного ориентирования направление и режимы движения. Реализацией этой идеи является ландшафтное проектирование. Конечная цель состоит в том, чтобы трасса дороги была зрительно плавной и психологически ясной водителю. Поэтому еще на стадии проектирования большое внимание уделяется соблюдению

принципов зрительного ориентирования (оптического трассирования). Учитывается, что, ведя автомобиль, водитель ориентируется по предметам, расположенным параллельно траекторий движения автомобиля, таким, как края покрытий, ряды придорожных насаждений, осевой швов бетонных покрытий и др.; эти естественные ориентиры могут усиливаться искусственными, например, разметкой дороги. Водитель, обегая взглядом естественные и искусственные ориентиры, строит в своем сознании как бы направляющий коридор, по которому он ориентирует движение автомобиля. Водитель, скользя взглядом по прямой или плавной кривой, склонен ее мысленно экстраполировать, продолжать движение глаз по дальнейшему направлению, обусловленному сложившимся в сознании направлением. Считается, что дорога оказывает направляющее действие на водителя, вызывая у него своеобразную инерцию выбора направления движения, оказавшуюся достаточно мощным средством воздействия на выбираемый водителем режим движения. Таким образом, трасса дороги и элементы ее обустройства должны как бы подсказывать водителю направление, а иногда и режим дальнейшего движения. Ошибки проектировщиков (неправильное трассирование дороги, например, неожиданно резкий поворот вместо кажущегося очевидным направления) могут быть истинной причиной грубых ошибок водителя, ведущих к ДТП. Зрительная ясность дороги для водителя обеспечивается, помимо перечисленных, и другими средствами: выбором размеров кривых в плане и продольном профиле, плавным сопряжением с ними прямых участков, ограждением дороги, использованием направляющих столбиков, выделением краевых полос, укреплением обочин.

Водители оценивают дорогу по качеству и состоянию ее покрытия, которое должно иметь шероховатость. На участки со скользким и неровным покрытием приходится до 75% всех ДТП.

Каждое сужение дорожного полотна, даже если оно не уменьшает ширины проезжей части, вызывает снижение скорости движения. Это связано со зрительным восприятием водителя. При хорошей видимости водитель получает своевременную информацию об обстановке и состоянии дороги, может заблаговременно принять необходимые меры.

Дорога должна исключать возможность появления как монотонных, так и чрезмерно напряженных условий движения – рациональным сочетанием элементов трассы и всей дороги с ландшафтом.

Психологическая безопасность водителя, быстрая и точная реакция в критической дорожной ситуации имеет решающее значение для предотвращения ДТП и требует создания условий движения, при которых водитель будет работать в состоянии оптимальной напряженности; изменения дорожных условий для него не будут неожиданными, и дорога

не поставит перед ним задач, в решении которых можно допустить ошибку.

Психологически правильной можно считать только трассу, не содержащую неожиданностей для водителя и заблаговременно подсказывающую ему изменение направленности движения.

УДК 625.7

Изменение показателей технического уровня автомобильной дороги и характеристик её эксплуатационного состояния

Русак Н., Адашкевич В.И.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки технического уровня и эксплуатационного состояния дорог используют систему показателей:

1. Эксплуатационный коэффициент обеспечения расчетной скорости
2. Уровень загрузки дороги движением
3. Показатель безопасности движения
4. Показатель прочности дорожной одежды
5. Показатель ровности дорожного покрытия
6. Показатель сцепных качеств дорожного покрытия
7. Показатель дефектности дорожных покрытий

Показатели технического уровня а/д и характеристики её эксплуатационного состояния изменяются в течении года под влиянием погодно-климатических условий и под влиянием интенсивности движения и состава транспортного потока. Изменение каждого из этих показателей влияет на ситуацию на дороге, в частности на аварийность, повышается рост дорожно-транспортных происшествий. Рассмотрим основные причины изменения этих показателей.

Рассмотрим основные показатели:

-показатель сцепных качеств:

В дорожной практике показателем надежности контакта автомобильной шины с дорожным покрытием служит величина сопротивления скольжению автомобильной шины по поверхности проезжей части дороги, оцениваемая значением коэффициента сцепления. На величину коэффициента сцепления оказывает влияние комплекс факторов: материал дорожного покрытия, состав и свойства резины протектора автомобильной шины, неровности на поверхности дорожного покрытия (шероховатость) и беговой дорожки протектора шины, вертикальная нагрузка на колесо автомобиля и скорость его движения, состояние покрытия дороги и др.

-уровень загрузки дороги движением:

Это показатель, характеризующий условия и безопасность движения автомобилей и определяемый отношением интенсивности движения автомобилей к пропускной способности этого участка.

дороге с интенсивным движением и уровень риска ДТП высокий.

-коэффициент безопасности:

Для каждого периода года определяют как отношение максимальной скорости движения на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок.

-прочность дорожной одежды:

Прочность дорожных одежд является важнейшим транспортно-эксплуатационным показателем, влияющим на технический уровень и эксплуатационное состояние автомобильной дороги и, в частности, определяющим способность дорожных конструкций сопротивляться многократно повторяющемуся воздействию нагрузок от проезжающих транспортных средств и обеспечивать эффективность перевозочного процесса в течение межремонтного срока службы. Транспортные средства воздействуют на дорогу одновременно с факторами, зависящими от природно-климатических условий (водой, температурой, ветром, солнечной радиацией).

-ровность дорожных покрытий:

Имеются два основных фактора, определяющих ровность дорожного покрытия и динамику её изменения в процессе эксплуатации:

- технология производства работ (с учётом качества производства работ и используемых материалов) при строительстве и ремонте дорожной одежды и земляного полотна, определяющие начальную ровность дорожного покрытия;

- воздействие движения и погодно-климатических факторов, вызывающих естественные процессы образования микротрещин и накопления остаточных деформаций в слоях дорожной одежды, проявляющихся в конечном итоге развитием сквозных трещин на дорожном покрытии, образованием просадок и колеи по мере снижения несущей способности дорожных конструкций и достижения предельного состояния дорожной одежды.

Наиболее интенсивно изменение ровности покрытия происходит в местах образования сетки трещин, характеризующихся минимальными показателями прочности дорожной конструкции, где интенсивно протекают процессы повреждения кромок трещин, взаимного смещения и просадки частей покрытия.

Проблема регенерации старых цементобетонных покрытий

Хамницкий В.А., Ковалев Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день в Республике Беларусь начато новое строительство бетонных дорог. Эксплуатируются около 1,6 тыс. км существующих автомобильных дорог с цементобетонным покрытием. Из них к дорогам республиканского значения относится – 682 км, к дорогам местного значения – 911 км. На территории Российской Федерации на сегодняшний день протяженность автомобильных дорог с цементобетонным покрытием составляет около 8 тыс. км. Большая часть существующих цементобетонных дорог России и Беларуси была построена 25 – 50 лет назад, и нуждаются в капитальном ремонте. Основным видом ремонта цементобетонных покрытий автомобильных дорог в Беларуси в настоящее время является перекрытие их асфальтобетонными слоями, т.е. слоями усиления. Данный вид ремонта получил широкое распространение в связи с большей экономичностью по сравнению с другими способами, которые требуют частичного или полного разрушения старого цементобетонного покрытия.

Вместе с тем слоям усиления из асфальтобетона присущи и серьезные недостатки. Один из них – образование отраженных трещин, копирующих имеющиеся в основании швы и трещины. С течением времени трещины на асфальтобетонных покрытиях прогрессируют и служат причиной скоротечного разрушения, уменьшая срок службы дорожных одежд почти вдвое. Опыт зарубежных стран показывает, что использование разрушенного старого цементобетонного покрытия в виде нового основания является основополагающим фактором в обеспечении надежности и долговечности «обновленной» дорожной одежды.

Разрушение, деструктурирование старого цементобетонного покрытия получило широкое применение в США. На сегодняшний день используется два основных способа разрушения цементобетонного покрытия: сбрасывание груза на покрытие (удар) и способ вибрационного резонанса. Разрушение старого цементобетонного покрытия вибрационным резонансом значительно экономичнее сбрасывания груза, т.к. требует примерно в 70 раз меньше ударной разрушающей нагрузки, а именно 9 кН вместо 600 кН.

Рассмотрена перспектива снижения разрушающей нагрузки при дроблении цементобетонного покрытия по способу вибрационного резонанса на основе применения Эффекта Ребиндера.

Применение 3Ds MAX студии

Новиков П., Минова О.Е.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существует множество программ для создания трехмерных изображений различных объектов, но безусловным лидером среди них является 3ds max. Большинство молодых программистов-дизайнеров в России и в мире используют ее при создании различных компьютерных проектов. На данный момент в мире около 90% графических моделей построено на базе программы 3d max. Проекты, выполненные с помощью max, встречаются в таких известных работах как «Шрек», «Аватар», «Рождественская история» и многие другие картины.

Идея создания 3d объектов не только для игр, фильмов и сайтов, но и в сфере образования активно реализуется в течение последних 5 лет. Новым направлением использования программы является её применение в школьных образовательных проектах. Данное направление мало изучено, но имеет большие перспективы для развития, т.к. совмещая программирование с наукой, учащийся более основательно вникает в выбранную им тему. Допустим, создание трехмерной модели молекулы воды позволяет учащемуся изучить её строение в естественном виде, что трудно показать обычным двухмерным рисунком (в учебнике). Так же, возможности программы 3ds max можно применить в таких предметах как геометрия, изобразительное искусство, информатика, биология, черчение и др. Использование компьютерных технологий в сфере образования придает дополнительную мотивацию и заинтересованность в изучении предмета.

Актуальность темы и потребность изучить ее более подробно обусловили выбор темы нашей работы как «Примеры позитивного влияния компьютерного творчества на учебную деятельность старших подростков».

Целью нашей работы стало разработка объемных моделей структур животной клетки с помощью компьютерной программы 3 ds max. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Ознакомление с областью применения программы;
2. Изучение особенностей строения структур клетки;

До недавнего времени основными методами выполнения графических материалов являлись черчение, рисунок, живопись, макетирование и другие виды работ, выполняемых вручную. Средства современной компьютерной графики развиваются стремительными темпами. Это

связано с быстрым увеличением аппаратных мощностей графической системы персональных компьютеров. С другой стороны это развитие связано с потребностями конечных пользователей. Все это позволило трехмерной графике найти широкое применение как в индустрии развлечений, например при создании графики для компьютерных игр, в том числе и браузерных, так и в серьезных системах, которые нашли применение в архитектуре, дизайне, проектировании деталей и целых объектов. Рассмотрим программу 3D графики: 3D Studio MAX, рассмотрим ее возможности, применение в различных сферах а так же рассмотрим практическое применение программы 3D Studio MAX для создания трёхмерной модели фигуры.

3ds Max (3D Studio MAX) — полнофункциональная профессиональная программная система для создания и редактирования трёхмерной графики и анимации, разработанная компанией Autodesk. Содержит самые современные средства для художников и специалистов в области мультимедиа.

Построение трехмерных объектов в программе 3ds Max называется моделированием. 3D-моделирование – это создание 3-х мерной модели мира при помощи формы и цвета. 3D-модель – это не изображение, а именно модель мира. Задача художника максимально ярко, объемно и правдоподобно отразить предмет, и не важно – реальный он или вымышленный. Для отображения простых и сложных объектов 3ds Max использует так называемую полигональную сетку, которая состоит из мельчайших элементов - полигонов. Чем сложнее геометрическая форма объекта, тем больше в нем полигонов и тем больше времени требуется компьютеру для просчета изображения.

УДК 004.932

Криптографические методы защиты информации

Загрецкая Ю.Ю., Минова О.Е.

Белорусский национальный технический университет

Готовое к передаче информационное сообщение, первоначально открытое и незащищенное, зашифровывается и тем самым преобразуется в шифrogramму, т. е. в закрытые текст или графическое изображение документа. В таком виде сообщение передается по каналу связи, даже и не защищенному. Санкционированный пользователь после получения сообщения дешифрует его (т. е. раскрывает) посредством обратного преобразования криптограммы, вследствие чего получается исходный, открытый вид сообщения, доступный для восприятия санкционированным

пользователям. Методу преобразования в криптографической системе соответствует использование специального алгоритма. Действие такого алгоритма запускается уникальным числом (последовательностью бит), обычно называемым шифрующим ключом. Для большинства систем схема генератора ключа может представлять собой набор инструкций и команд либо узел аппаратуры, либо компьютерную программу, либо все это вместе, но в любом случае процесс шифрования (дешифрования) реализуется только этим специальным ключом. Чтобы обмен зашифрованными данными проходил успешно, как отправителю, так и получателю, необходимо знать правильную ключевую установку и хранить ее в тайне.

Стойкость любой системы закрытой связи определяется степенью секретности используемого в ней ключа. Тем не менее, этот ключ должен быть известен другим пользователям сети, чтобы они могли свободно обмениваться зашифрованными сообщениями. В этом смысле криптографические системы также помогают решить проблему аутентификации (установления подлинности) принятой информации. Взломщик в случае перехвата сообщения будет иметь дело только с зашифрованным текстом, а истинный получатель, принимая сообщения, закрытые известным ему и отправителю ключом, будет надежно защищен от возможной дезинформации.

Современная криптография знает два типа криптографических алгоритмов: классические алгоритмы, основанные на использовании закрытых, секретных ключей, и новые алгоритмы с открытым ключом, в которых используются один открытый и один закрытый ключ (эти алгоритмы называются также асимметричными). Кроме того, существует возможность шифрования информации и более простым способом - с использованием генератора псевдослучайных чисел. Использование генератора псевдослучайных чисел заключается в генерации гаммы шифра с помощью генератора псевдослучайных чисел при определенном ключе и наложении полученной гаммы на открытые данные обратимым способом. Надежность шифрования с помощью генератора псевдослучайных чисел зависит как от характеристик генератора, так и, причем в большей степени, от алгоритма получения гаммы. Этот метод криптографической защиты реализуется достаточно легко и обеспечивает довольно высокую скорость шифрования, однако недостаточно стоек к дешифрованию и поэтому неприменим для таких серьезных информационных систем, каковыми являются, например, банковские системы.

Наиболее перспективными системами криптографической защиты данных сегодня считаются асимметричные криптосистемы, называемые также системами с открытым ключом. Их суть состоит в том, что ключ,

используемый для зашифровывания, отличен от ключа расшифровывания. При этом ключ зашифровывания не секретен и может быть известен всем пользователям системы. Однако расшифровывание с помощью известного ключа зашифровывания невозможно. Для расшифровывания используется специальный, секретный ключ. Знание открытого ключа не позволяет определить ключ секретный. Таким образом, расшифровать сообщение может только его получатель, владеющий этим секретным ключом. Известно несколько криптосистем с открытым ключом. Наиболее разработана на сегодня система RSA. RSA- это система коллективного пользования, в которой каждый из пользователей имеет свои ключи зашифровывания и расшифровывания данных, причем секретен только ключ расшифровывания.

Специалисты считают, что системы с открытым ключом больше подходят для шифрования передаваемых данных, чем для защиты данных, хранимых на носителях информации. Существует еще одна область применения этого алгоритма - цифровые подписи, подтверждающие подлинность передаваемых документов и сообщений.

Из изложенного следует, что надежная криптографическая система должна удовлетворять ряду определенных требований.

- Процедуры зашифровывания и расшифровывания должны быть «прозрачны» для пользователя.
- Дешифрование закрытой информации должно быть максимально затруднено.
- Содержание передаваемой информации не должно сказываться на эффективности криптографического алгоритма.

УДК 625.7

Методы оценки эксплуатационного состояния автомобильных дорог за рубежом

Москвин Арт. Ю., Москвин Ант. Ю., Мытько Л.Р.
Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги представляют собой комплекс сооружений, предназначенных для круглосуточного беспрепятственного пропуска транспортных средств с расчетными скоростями и нагрузками в любой период года при любых погодных-климатических условиях.

Система диагностики является необходимым элементом управления надежностью дорожной сети по сигналам о состоянии ее элементов. Если система управления в ответ на сигнал об отказе по транспортно – эксплуатационным параметрам исключает участок дороги из процесса

функционирования, то происходит изменение внутренней структуры, реконфигурация режимов эксплуатации автомобильной дороги. Но для решения такой задачи необходимы управляющие сигналы, указывающие на отказы (физические эффекты, с определенной вероятностью свидетельствующие о возможности отказа), что значительно сокращает время выработки сигнала, управляющего надежностью, обеспечивая высокую степень безотказности и отказоустойчивости.

Цель диагностики и оценки состояния автомобильных дорог состоит в получении полной, объективной и достоверной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорог, условиях их работы и степени соответствия фактических потребительских свойств, параметров и характеристик требованиям движения.

Общая оценка качества и состояния автомобильных дорог производится по показателям потребительских свойств, обеспечиваемых фактическим уровнем эксплуатационного содержания, геометрическими параметрами, техническими характеристиками, инженерным оборудованием и обустройством.

По результатам диагностики и оценки состояния дорог в процессе эксплуатации выявляют участки дорог, не отвечающие нормативным требованиям и определяют виды и состав основных работ и мероприятий по содержанию, ремонту и реконструкции с целью повышения их транспортно-эксплуатационного состояния до требуемого уровня.

В июле 2013 года в Германии проведена геодезическая оценка состояния автомобильных дорог методом лазерного сканирования. Обладая возможность съемки с высоким пространственным разрешением, лазерный сканер предоставляет всё, что необходимо для проверки и измерения поверхности дороги на ширину четыре метра при помощи лазерного луча.

Сканер закрепляется на транспортном средстве для измерений с высоты трех метров. Вращающаяся внутри сканера восьмиугольная зеркальная конструкция направляет лазерный луч на дорогу, перпендикулярно направлению движения транспортного средства. Угла съемки в 70 градусов достаточно, чтобы отсканировать любую дорогу шириной до четырех метров - даже при использовании стандартного транспортного средства. Сигнал отражается от асфальта на сканер, где он попадает на специальный чип детектора.

Расстояние между сканером и поверхностью дороги может быть выведено исходя из того, сколько времени занимает путь лазерного света, чтобы вернуться назад от поверхности дороги. Такая технология позволяет проводить измерения с точностью до от 0,15 до 0,3 миллиметров. В отличие от обычных измерительных приборов, здесь нет необходимости

крупных капиталовложений в покупку дорогостоящего оборудования – лазер может быть установлен на любом транспортном средстве. Следует только убедиться в том, что ориентация и положение транспортного средства известно, что достигается с помощью использования Глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS) и инерциальной системы измерений. Система IPM Pavement Profile Scanner (PPS) уже прошла первые испытания в полевых условиях. Сбор данных о состоянии дорожного полотна позволяет делать общую оценку транспортной инфраструктуры. Средний срок службы автомобильной дороги с цементобетонным покрытием составляет около 30 лет, а с асфальтобетонным покрытием редко держится более двенадцати лет.

Неровности и повреждения, такие как колеи, должны быть идентифицированы на ранней стадии для того, чтобы предотвратить повреждение нижележащих слоев посредством своевременного проведения ремонтных работ.

В Канаде также используется лазерное сканирование. Их новые технологии (LYNX Mobile Mapper M1 laser scanning system) лазерного сканирования уже достаточно прочно закрепились в современных инженерных изысканиях, как высокоточные и эффективные методы сбора данных о пространственном положении объектов. Лазерный сканер или лидар (LIDAR англ. Light Detection and Ranging) – это прибор, выполняющий измерения с помощью лазерного оптического дальномера. Сканер выполняет измерения с очень высокой частотой (до нескольких сотен тысяч измерений в секунду), в результате чего получается большой объем координированных данных. В дальнейшем эти данные используются для построения пространственных цифровых моделей измеряемых объектов. Имеются лазерные сканеры наземного, воздушного и мобильного базирования.

Мониторинг, диагностика и оценка состояния автомобильных дорог в целом и дорожной одежды в частности являются базовой информационной основой для эффективного использования средств и материальных ресурсов при реконструкции, ремонте и содержании дорожной сети.

Таким образом, с использованием технологии мобильного лазерного сканирования системой LYNX M1 можно оперативно и с высокой точностью получать следующие геометрические параметры и оценочные характеристики автодороги и объектов дорожной инфраструктуры:

- ширина проезжей части, основной укрепленной поверхности дороги и укрепительных полос продольные уклоны проезжей части и обочин;
- поперечные уклоны проезжей части и обочин
- радиусы кривых в плане и уклоны поворотов;

- состояние дорожной одежды (наличие, вид, расположение и характеристика дефектов);
- дефекты разметки, колеиность;
- ровность покрытия;
- высота насыпи, глубина выемки и уклоны их откосов, состояние земляного полотна;
- наличие и высота колесоотбойников и бордюров

Одновременно на основании полученных данных возможно:

- Решение полного комплекса топографических задач, связанных с созданием и обновлением карт, планов (вплоть до масштаба 1:500), схем межевания, кадастр и т.п.
- Создание полного комплекта изыскательских материалов для проведения ремонтных и строительных работ дорог.
- Проведение инвентаризации и паспортизации объектов дорожной инфраструктуры.
- Создание и заполнение дефектных ведомостей.
- Построение высокоточных 3D моделей дороги и прилегающей территории.

* Работа выполнена под руководством доцента Мытько Л.Р.

УДК 625

Новые технологии беспроводной зарядки электромобилей

Шинкевич Ю.В., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

На протяжении многих лет, люди используют транспорт, не задумываясь, что двигатели автомобилей наносят ужасный вред окружающей среде. Первый электромобиль в виде тележки с электромотором был создан в 1841 году. Хотя электромобиль появился раньше, чем двигатель внутреннего сгорания, люди предпочли последний.

Электромобили отличаются низкими транспортными расходами. Ford Ranger потребляет 0,25 кВт·ч на один километр пути, Toyota RAV4 EV — 0,19 кВт·ч на километр. Средний годовой пробег автомобиля в Беларуси составляет 13500 км (т. е. 37,5 км в день). При стоимости электроэнергии 4,5-8 центов (810-1440 бел. Руб.) за кВт·ч стоимость годового пробега Ford Ranger составляет от \$160 до \$275, RAV-4 — от \$120 до \$210. Цена топлива в Беларуси в среднем 70 центов за литр, значит стоимость годового пробега при потреблении в среднем 13л/100км равен 1228\$, что примерно в 6 раз дороже.

Сейчас в мире ежегодно реализуется порядка 500 тысяч электромобилей. По данным Международного энергетического агентства,

ожидается, что к 2025-му году доля электрокаров на мировом рынке автотранспортных средств достигнет 15%. Хотя сами производители электрокаров настроены не оптимистично и полагают, что лишь в 2018-м году удастся реализовать 1 млн машин с электродвигателем.

По прогнозам одной из крупнейших в мире аудиторских компаний KPMG, доля электромобилей к 2026-му году будет составлять: в США – 6-10%; в Западной Европе – 6-10%; в Японии – более чем 25%; в Китае – 11-15%; в Индии – 6-10%; в Бразилии – 6-10%; в России – 1-5%.

Основной проблемой, задерживающей массовое распространение электромобилей, на сегодняшний день является сравнительно невысокая дальность их пробега без подзарядки. Значительно увеличить ее не позволяет существующая технология изготовления батарей – при увеличении вместимости их размеры становятся слишком большими.

В 2009 году южнокорейские ученые предложили нестандартное решение проблемы дальности пробега электромобилей. Для этого под асфальтом протянуты электрические кабели, которые передают электромагнитное излучение определенной частоты на "антенну", установленную в днище автомобиля. За счет магнитного резонанса и происходит передача энергии от дороги к машине. А дальше все, как у уже привычного сегодня электромобиля. Авторы разработки, ученые Корейского института науки и технологий, особо подчеркивают, что эта разработка не имеет ничего общего с принципом движения трамвая или троллейбуса. Энергия передается без контакта с рельсами или проводами.

Такой проект, на первый взгляд, имеет массу недостатков. Один из них заключается в том, что слишком дорого закатывать в асфальт десятки километров кабеля. Но этого не и требуется. На автомобилях установлены небольшие батареи, которые заряжаются, когда транспорт замедляет ход, например, перед перекрестками и светофорами. В эти периоды аккумуляторы запасаются энергией, которой хватает до встречи со следующим "пунктом питания". По оценкам ученых, вполне достаточно оснастить силовыми полосами шириной 20 сантиметров 10 процентов дорог города. А вообще на одной полной зарядке батарей автомобиль может проехать 80 километров.

Но даже такой вариант может оказаться выгодным, так как он экологически чистый. Такой проект не только решает энергетическую проблему автомобиля, но и кардинально изменит его дизайн. Ведь ему будут не нужны большие бензобаки и крупные двигатели. Это значит, что транспорт станет не только экологически чистым, но и миниатюрным, привлекательным.

В Великобритании на одной из автодорог прошли испытания технологии беспроводной зарядки электромобилей, оборудование которых

скрыто под дорожным покрытием и которые позволяют заряжать батареи электрических и гибридных автомобилей прямо во время движения.

Суть нового проекта заключается в создании полосы со специальным покрытием, которое будет передавать электрический заряд автомобилю при помощи магнитной индукции. Во время испытаний по электрической зарядной полосе дороги следовали лишь те автомобили, на которых установлено специальное оборудование для беспроводной зарядки на ходу. В процессе эксперимента моделировались условия оживленного транспортного движения по автостраде.

Насколько удачным будет проект — покажет время. В дороги будущего закладывается глобальная идея совершенства, от реализации которой зависит не только повседневное настроение, а порой и безопасность наших жизней. Это введет к новой истории развития дорожной отрасли в мире, так как полностью изменит представление населения о самих дорогах и их технических возможностях.

**Инновационные
материалы и технологии
в дорожном строительстве**

Возмещение дорожного фонда путем взимания платы с автоперевозчиков с помощью NTR

Ковалев Я.Н., Солодкая М.Г., Столярчук А.А.
Белорусский национальный технический университет

Проблема взимания платы за оказание транспортных услуг давно известна и по-разному решается в мире для различных видов транспорта. В настоящей работе предлагается один из возможных вариантов решения этой проблемы в системе «автоперевозчик – автомобильная дорога» с помощью современных технических средств (NTR).

NTR (Navigator tollroads) – устройство для автоматического определения платы, взимаемой с грузоперевозчиков, перевозящих грузы по автомобильных дорогам с различными эксплуатационно-техническими характеристиками. Прибор позволяет выбрать оптимальный маршрут с минимальной стоимостью перевозки. Устройство предлагается применять для крупных предприятий, перевозящих тяжелые грузы, так как транспортные средства с большой нагрузкой на ось интенсивно разрушают дорогу. Благодаря этому устройству появится возможность восполнения дорожного фонда средствами, необходимыми для ремонта и содержания дорог, используемых грузоотправителями.

Принцип действия NTR заключается в отслеживании месторасположения транспортного средства в режиме реального времени с помощью системы GPS. При этом перевозчик следует по маршруту, указанному прибором, с учетом оптимальных параметров участков дорог рекомендуемого маршрута (например, скорость движения, коэффициент динамичности, зависящие от неровности дороги и др.). После выбора маршрута, устройство работает на отслеживании движения транспортного средства и фиксацию оплаты за 1 ткм груза.

При использовании NTR грузоотправитель может постоянно контролировать реальную стоимость перевозок, взимаемых за оказание дорожно-транспортных услуг (дорожная составляющая стоимости перевозки), а также оценивать влияние неровностей дорожных покрытий участков маршрута на транспортные средства (транспортная составляющая стоимости перевозки). Преимуществом предлагаемого проекта является простота и эффективность его использования (так как каждый грузоотправитель сможет платить за эксплуатацию дорог в зависимости от их качества).

Полное решение проблемы оптимизации автоперевозок дает возможность частично возмещать дорожный фонд, что в рамках государства дает значительный экономический эффект.

Особенности эксплуатационного режима работы дорожных цементобетонных покрытий в условиях Казахстана

Пшембаев М.К., Ковалев Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

Территория Казахстана расположена в зоне резко-континентального климата (РКК), который характеризуется коротким жарким летом и суровой длинной зимой, что присуще для регионов, удаленных от морей и океанов, формирующих зоны повышенного давления атмосферного фронта. Проблема повышения эксплуатационной устойчивости бетонных дорожных покрытий, работающих в таких условиях, является актуальной.

Известно, что деформационная устойчивость бетонных покрытий зависит от температурного режима их работы в различные периоды года. Причем, развитие деформаций в конструктивном слое в значительной мере определяется динамикой первоначального образования на них поверхностных коррозионных деформаций. Следует отметить, что этому вопросу пока не уделяли должного внимания и исследования по данной проблеме с учетом РКК почти отсутствуют. Особенности климатических характеристик Казахстана характеризуются следующими значениями среднегодовых параметров: длительность суммарной солнечной реакции составляет 2000-3000 часов, её максимум на большей территории приходится на июнь, минимум – на декабрь. Значения годовой суммарной радиации в лесостепной зоне составляет 4200, а в пустыне Кызылкум – более 7000 МДж/м². Морозы достигают – 40...-50⁰С. Средняя температура самого холодного месяца – 22⁰С, теплого + 21⁰С. Максимум температуры воздуха составляет +49⁰С, минимум – 57⁰С. Среднее количество годовых осадков сравнительно небольшое: 300... 600 мм. Исходя из общей характеристики климатических условий Казахстана основными задачами по исследованию температурного режима дорожных покрытий являются следующие: 1) исследовать температурный режим покрытий в стационарных и нестационарных условиях РКК с учетом доминирующего влияния солнечной радиации в летнем сезоне и наружных температур воздуха – в другие периоды года; 2) разработать методику расчета критических температурных напряжений в бетонных покрытиях, вызывающих образование микротрещин в поверхностном слое, стимулирующих появление на нем поверхностных деформаций в виде шелушения.

Решение указанных задач является одним из основных разделов фундаментальных исследований, являющихся основной для разработки физико-химической защиты поверхностного слоя бетонных покрытий с помощью пропиточных композиций.

**Строительство дорожных бетонных покрытий
в Республике Беларусь и проблема защиты их поверхностного слоя
от коррозионных разрушений**

Гиринский В.В.

Белорусский национальный технический университет

С 2014 года идет строительство крупнейшего по масштабу и значению в Республике Беларусь объекта «Вторая кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Минска». Характерной особенностью данной дороги является цементобетонное покрытие, которое устраивается с применением самых современных технологий и механизмов. Транспортно-эксплуатационные показатели и высокая долговечность дают этому типу покрытия неоспоримые преимущества перед покрытиями других типов. Цементобетонные покрытия имеют высокую распределяющую способность и малую величину вертикальных упругих перемещений под нагрузкой автомобилем, незначительный износ вследствие истирания, высокий коэффициент сцепления. Прочность цементобетона может возрастать в течение всего срока службы дорожной одежды, что служит дополнительным резервом долговечности.

Благодаря светлому цвету поверхности цементобетонных покрытий для их освещения требуется на 20% меньше энергии. На таких покрытиях автомобили расходуют примерно на 5... 10% меньше топлива, чем на асфальтобетонных, при скорости движения более 90 км/ч.

Главной особенностью строительства объекта «Вторая кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Минска» является то, что устройство цементобетонного покрытия производится при помощи бетоноукладочного комплекса в два слоя с автоматическим армированием. При этой технологии бетоноукладочный комплекс укладывает одновременно два слоя из различных бетонных смесей. Бетонная смесь нижнего слоя подается автомобилем-самосвалом непосредственно на основание перед первой машиной комплекса и обрабатывается ее рабочими органами, которые установлены в передней части. Нужно отметить, что цементобетонное покрытие работает в условиях сложного напряженного состояния под воздействием повторных нагрузок от автомобилей и переменных температурно-влажностных режимов. Поэтому существует необходимость дополнительной защиты поверхностного слоя бетонного покрытия жидкими пропиточными композициями, что является актуальным.

В настоящее время нами проводится научно-исследовательская работа по разработке защиты цементобетонных покрытий на основе жидких пропиточных композиций, которые позволят добиться повышения устойчивости дорожного бетона к эксплуатационным воздействиям.

Оценка эксплуатационного состояния жесткого дорожного покрытия на основе принципа континуумизации

Бабаскин Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет

Принцип континуумизации относится к теории непрерывных сред для объяснения процессов протекающих в неоднородных материалах, к которым относится цементобетон. Разработка системы комплексной оценки эксплуатационного состояния цементобетонного покрытия направлена на отражение истинного состояния покрытия и выражения связей между компонентами системы через физические и математические факторы. Рассмотрим систему трансформации исходного состояния покрытия в разрушенное и восстановленное состояние после ремонта, т.е.

$$C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_3 .$$

Исходная система C_1 характеризуется единой структурой и показателем прочности R_{\max} . Для системы C_2 характерно дискретное состояние, когда каждая часть характеризуется своей прочностью, т.е. $R_{\max} = R_1, R_2 \dots R_n$. Система C_3 отражает восстановленное покрытие с помощью некоторого материала, именуемого праймером, причем идеальное решение вопроса будет при условии, что прочность праймера будет равна прочности первичного материала, т.е. $R_{\text{пр}} \rightarrow R_{\max}$.

Наиболее уязвимой частью любой системы является зона контакта, характеризующаяся как адгезия. Следовательно, цементобетон будет характеризоваться на различных этапах своей трансформации адгезионной прочностью мелкого, крупного заполнителей $R_{\text{м}}^{\text{ад}}$, $R_{\text{к}}^{\text{ад}}$, прочностью крупного заполнителя, и прочностью цементного камня $R_{\text{ц}}$. Таким образом, условие прочности цементобетона в общем виде, до и после ремонтных работ, отражается следующей зависимостью

$$R_{\text{б}} = f(R_{\text{ц}}, R_{\text{кп}}, R_{\text{кп}}^{\text{ад}}, R_{\text{м}}^{\text{ад}}, [R_{\text{пр}}, R_{\text{пр}}^{\text{ад}}])$$

На основании полученного выражения описаны различные дефекты, возникшие в цементобетонном покрытии.

Для перехода от структурной модели к функционально-структурной были учтены связи между отдельными факторами для наиболее вероятного соответствия между переменными, что позволило выбрать начальную модель в виде полинома n -ой степени.

Для полной оценки связей между факторами система C_1 представлена четырьмя подсистемами, характеризующими компоненты цементобетона, каждая из систем C_2 и C_3 представлена пятью подсистемами, определяющими прочность компонентов.

Исследование водно-теплового режима грунта в высоких насыпях

Кокареко П.И., Бабаскин Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет

Водно-тепловой режим земляного полотна оказывает большое влияние на работоспособность дорожной конструкции. Учитывая, что земляное полотно состоит из местных грунтов, содержащих в различном количестве пылевато-глинистые частицы, влияющие на миграцию воды в порах грунта, от которой зависит глубина промерзания, плотность и оптимальная влажность. Следовательно, постоянный мониторинг водно-теплового режима, контроль и регулирование содержания влаги в грунте, имеет большое значение для стабильного состояния дорожной конструкции. На автомобильных дорогах часто встречаются участки, на которых высота насыпи или глубина выемки превышает среднестатистическое значение, составляющее 3...6 м. На таких участках наблюдается неравномерная плотность в теле насыпи и концентрация воды в виде линз, подстилаемых слоем глинистого грунта. В выемках может добавляться высокий уровень грунтовых вод, приводящий к фильтрации воды через стенки откоса.

Данная работа посвящена исследованию состояния грунта в теле насыпи или выемки, с целью принятия своевременных мер по ремонту и содержанию земляного полотна. Мероприятиями, направленными на устранения нарушения водно-теплового режима земляного полотна, могут быть: отвод излишка воды через пробуренные скважины, замена пучинистого грунта дренирующим с помощью шнекового оборудования, закрепление грунта на любой глубине способом инъектирования и другие. Для проведения анализа состояния грунтов и принятия обоснованного решения, необходимо оценить их прочность и влажность. Установить положение границ слоев можно с помощью георадиолокационного профиля, получаемого при георадарном обследовании грунтов. Сущность метода радиолокации, который относится к неразрушающим методам контроля, заключается в том, что георадар при помощи антенны излучает электромагнитные волны, распространяющиеся в грунте, которые отражаются от многочисленных границ пород с различными электрофизическими свойствами и регистрируются прибором. Глубина распространения электромагнитных волн может составлять до 25 м для песчаных и супесчаных грунтов (при диэлектрической проницаемости 3-6 дБ/м). В суглинках глубина исследования снижается. Расшифровка радиолокационного изображения поверхностной среды (РЛИПС) в виде цветовой матрицы позволяет определить места концентрации влаги и изменения плотности.

Модификация и гидрофобизация поверхности дорожно-строительных каменных материалов продуктами термической деструкции торфа

Будниченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

При развитии и совершенствовании сети республиканских дорог решаются задачи по минимизации затрат и повышению качества строительства и ремонта асфальтобетонных покрытий, являющихся доминирующими в настоящее время. Однако такие покрытия недостаточно долговечны. В основном их разрушение происходит во время эксплуатации от воздействия транспортных нагрузок и температурно-влажностных факторов окружающей среды, что приводит к необходимости проведения внеплановых ремонтных мероприятий, а иногда к полной замене разрушенных покрытий.

Уменьшение влияния разрушающего воздействия транспортных нагрузок на долговечность асфальтобетонного покрытия традиционно решается путем усиления конструкции дорожной одежды и применения деформационно-устойчивых асфальтобетонов. Наиболее сложной является проблема повышения коррозионной стойкости асфальтобетона, которая значительно снижает его долговечность. Ее решение зависит от прочности структуры материала, которая в значительной мере определяется величиной адгезионной связи, осуществляемой на границе раздела фаз между поверхностью каменных материалов и битумом. Эффективным средством, направленным на увеличение адгезионной связи между структурными компонентами асфальтобетона, является их активация или модификация. Уникальные свойства торфа представляют интерес для его применения в дорожном строительстве при приготовлении асфальтобетонных смесей, а именно имеется актуальная возможность применения торфа, как активирующей добавки, с целью увеличения прочности адгезионной связи в системе «битум – минеральный наполнитель» и гидрофобизации поверхности каменных материалов. Экспериментальные исследования, проведенные в данных направлениях, позволили сделать следующие заключения:

-поверхность каменных материалов обработанная продуктами термической деструкции торфа проявляет яркие гидрофобные свойства на протяжении длительного периода;

-проведенный анализ физико-механических характеристик образцов асфальтобетона, изготовленных из торфоактивированных минеральных компонентов, показал положительное влияние такого рода модификации на его свойства. Установлена устойчивая тенденция улучшения всех прочностных показателей и улучшение коррозионной стойкости асфальтобетона.

Механизация процесса нанесения полос противоскольжения

Гарост М.М., Галуза А.В.

Белорусский национальный технический университет

Для обеспечения безопасного движения пешеходов в зимний период (наземные переходы, остановки общественного транспорта, пандусы и т.п.) создаются зоны и участки тротуарного покрытия с повышенным коэффициентом трения за счет нанесения полос противоскольжения. Белорусский ученый Национальной академии наук Бусел Д. А. разработал покрытие на основе водной дисперсии эпоксидной смолы. Материал находится в жидкой фазе, при нанесении на тротуар затвердевает и приобретает шероховатую пористую структуру, удерживающую противогололедные материалы.

В настоящее время процесс нанесения полосы с покрытием противоскольжения осуществляется вручную.

Для механизации процесса нанесения полос противоскольжения в БНТУ по результатам изучения научно-технической и патентной литературы предложено оригинальное оборудование для нанесения полос противоскольжения, на тракторе с установленной в передней части лотковой щеткой (серийно выпускаемой в Республике Беларусь) навешивается рама с гидроцилиндром подъема-опускания, на которой крепится стрела с гидроцилиндром для изменения ее вылета, на конце выносной стрелы закреплен подпружиненный барабан. Бак для раствора, с установленными в нем двумя шнековыми питателями, крепится на тракторе. Бак и барабан соединены при помощи гибкого патрубка.

Технология нанесения полос противоскольжения: лотковая щетка, производит очистку рабочей площадки от загрязнений; включаются шнековые питатели и раствор по питающему патрубку подается в барабан, после его заполнения раствором он начинает вращаться за счет сил трения и силы прижатия создаваемой гидроцилиндром, и начинается процесс нанесения полосы противоскольжения; на завершающей стадии выключаются шнековые питатели и включается подача сжатого воздуха в питающий патрубок для его очистки от раствора.

При нанесении полос противоскольжения оборудование обеспечивает дискретность с проходами для пропуски дождевых осадков.

Влияние светотехнических характеристик на безопасность дорожного движения

Пахолак Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Светотехнические характеристики – оптическое состояние покрытия дороги, которое складывается в результате метеорологической видимости, искусственного стационарного освещения или под действием фар транспортных средств. Восприятие водителем дорожной ситуации находится в зависимости от светотехнических характеристик. Они оказывают большое влияние на безопасность движения, особенно в ночное время суток.

На гладких покрытиях лучи света отражаются, а для водителя создается дискомфорт, который приводит к увеличению риска ДТП. Кроме того, высокая зеркальность покрытия увеличивает эффект ослепления водителя встречного транспорта. Шероховатые покрытия способствуют рассеиванию света и лучшему восприятию водителем особенностей проезжей части.

Дорожной разметке как основному средству организации движения предъявляются повышенные требования. Ведь около 50 % ДТП происходят ночью во время дождя. Специалисты компании PrismoRoadMarkings разработали разметку ZebraBright, которая сочетает в себе реактивную краску из метилметакрилата и разработанные компанией белые стеклянные микрошарики Clusterbeads. Она помогает снизить риск возникновения ДТП на 35% и обладает невысокой стоимостью, повышенной износостойкостью, хорошим сцеплением с поверхностью.

В идеале, дорога должна быть освещена и ночью, однако это требует больших материальных затрат. В этих случаях прекрасно помогают светоотражательные элементы в виде светоотражательных столбиков или «кошачьих глаз». Применение этих методов снижает опасность ночного съезда с дороги на 30-50% . Для ночной ориентации водителя применяются виброполосы. Они устраиваются дорожной фрезерной машиной, у которой одно из колес – специальной формы. Это мероприятие снижает риск съезда водителя с дороги на 20%.

Дорожные знаки в зависимости от материалов, из которых они изготовлены, по-разному проявляют себя под влиянием света фар и по-разному воспринимаются водителями. Для обеспечения видимости знаков в светлое и темное время суток необходимо устанавливать и использовать материалы с высокими световозвращающими характеристиками.

Мероприятия по обеспечению безопасности на автомобильных дорогах

Пахолак Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Использование знаков переменной информации. Знаки переменной информации являются одним из элементов системы информирования водителя, которые могут существенно повысить уровень безопасности дорожного движения. Задачей этих знаков является отображение в текущий момент времени переменных образов и текстов, информирующих о ситуации, которая вызывает необходимость изменения организации движения в конкретном месте или на определенном участке дороги. По отображаемому содержанию знаки делятся на графические и текстовые.

Использование точечных световозвращающих элементов. Используются в дополнение к разметке, дорожным знакам, сигнальным столбикам. Обязательно обозначаются такими элементами опасные места, кольцевые пересечения, пешеходные переходы.

Использование средств определения скорости. Для определения скорости движения в большинстве случаев используются устройства на основе радаров. Радары устанавливаются на подходах к населенным пунктам, пешеходным переходам, местах концентрации ДТП и в других местах, где требуется снижение скорости. В местах установки радара количество случаев превышения скорости снижается на несколько десятков процентов, а число ДТП сокращается на 35%.

Использование передвижных светофоров для организации реверсивного движения в местах производства работ. Применяются если на участке производства работ высокая интенсивность движения, недостаточная ширина дороги, невозможность устройства объезда. Управление светофорами осуществляется автоматически, на основе радарной технологии, или вручную.

Система знаков 3D. Применяется в местах, где информация и сигналы обычных дорожных знаков не являются достаточными. Она может заменить также физические элементы, такие как замедляющие пороги, сепараторы движения. Система 3D создает эффект препятствий на дороге, заставляя водителя снижать скорость.

Энергопоглощающие барьеры. Обеспечивают безопасность, как при лобовом, так и при боковом ударе. При лобовом столкновении элементы барьера телескопически складываются и эффективно поглощают энергию удара. При боковом ударе до 15 градусов автомобили направляются в необходимую сторону, не вызывая разрушения барьера.

**Комплексно-модифицированный песчаный асфальтобетон
и области его применения**

Александров Д.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Широкое применения песчаного асфальтобетона в дорожной отрасли возможно только при выполнении следующих условий:

- 1) комплексная модификация состава;
- 2) максимальное снижение сдвигающих напряжений.

Основной недостаток песчаных асфальтобетонов – высокая пластичность, обусловленная технологией производства материала. Необходимость обработки большой удельной поверхности заполнителя вяжущим с целью полного покрытия зерна влечет за собой увеличение содержания неструктурированного битума в составе смеси. Для решения этой проблемы существует достаточное количество технологических приемов. Одни направлены на снижение количества свободного битума, другие на совершенствование структуры асфальтобетона на различных уровнях. Однако не многие из них могут быть уже сегодня реализованы на практике, часто возникает необходимость в создании новых промышленных модулей и внедрение их в уже устоявшийся технологический процесс приготовления асфальтобетонных смесей. Поэтому наиболее оптимальными способами повышения качеств песчаных асфальтобетонов можно назвать дисперсное армирование; модификация битума полимерами (полиэтиленом); применение двухстадийной технологии введения вяжущего или использование вспененных битумов.

Снизить величину сдвигающих напряжений можно или уменьшением толщины слоя или максимальным его удалением от подвижной нагрузки.

Комплексно-модифицированный песчаный асфальтобетон может быть использован в качестве:

- сверхтонкого защитного слоя к такому слою предъявляются требования по плотности, трещиностойкости, износо- и коррозионной стойкости;
- трещинопрывающей прослойки к такому слою так же предъявляются требования по плотности и трещиностойкости;
- нижнего слоя пакета асфальтобетонных слоев конструкции дорожной одежды повышенной надежности и долговечности, испытывающего наибольшие растягивающие напряжения, в то время как для верхних слоев испытывающих небольшие сдвигающие и сжимающие напряжения будут использоваться многослойные асфальтобетоны.

Судак В.В.

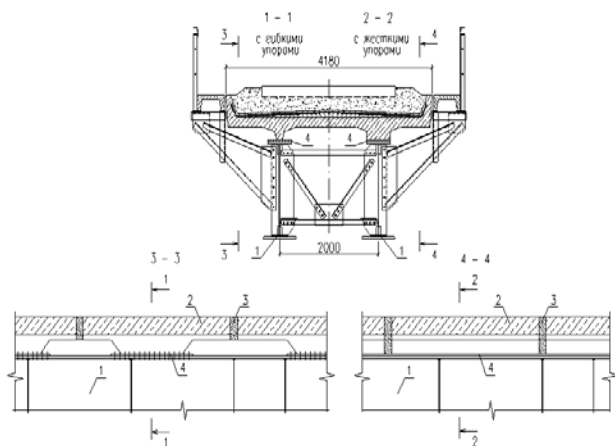
Белорусский национальный технический университет

Работы по ремонту мостового полотна, характер которых определяется его конструкцией, следует считать весьма ответственными.

Предложения по усилению пролетных строений:

- усиление балок постановкой шпренгельных затяжек;
- замена железобетонного балластного корыта на металлическое со сварной ортотропной плитой;
- усиление пролетных строений на основе восстановления прочности бетона поперечных швов омоноличивания плит балластного корыта с применением современных быстротвердеющих смесей;
- усиление стыков плиты, постановкой на них металлических накладок.

Ремонт элементов мостового полотна с ездой на металлическом под-рельсовом основании (металлические поперечины, ортотропная плита и др.) производится в основном аналогично ремонту металлических пролетных строений. Элементы пути при устройстве езды на балласте ремонтируют так же, как и железнодорожный путь на перегонах.



Научный руководитель: старший преподаватель Гречухин В.А.

Совершенствование технологии регенерации как перспективный способ ремонта старых цементобетонных покрытий

Хамицкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

Разрушение, деструктурирование старого цементобетонного покрытия получило широкое применение в США. На сегодняшний день используется два основных способа разрушения цементобетонного покрытия: сбрасывание груза на покрытие(удар) и способ вибрационного резонанса. Разрушение старого цементобетонного покрытия вибрационным резонансом значительно экономичнее сбрасывания груза, т. к. требует примерно в 70 раз меньше ударной разрушающей нагрузки, а именно 9кН вместо 600кН.

Существует перспектива снижения разрушающей нагрузки на деструктуризацию старого цементобетонного покрытия по способу вибрационного резонанса на основе применения Эффекта Ребиндера. Основанием данной перспективы послужило исследование Савухи А.В. применения Эффекта Ребиндера для дробления каменных материалов.

Эффект Ребиндера– эффект адсорбционного понижения прочности твердых тел.

На старом цементобетонном покрытии адсорбционный эффект проявляется вследствие адсорбции атомов ПАВ на внутренних поверхностях трещин и зародышевых трещин, которые образуются при деформировании материала по средствам вибрационного резонанса. ПАВ мигрируют по поверхности тела с большими скоростями и проникая в трещины, стараются их расклинить. Давление на стенки трещины может достигать 10 ГПа. Трещины, возникающие под действием внешней нагрузки при проникновении в них атомов, еще больше расклиниваются в результате уменьшения работы, затрачиваемой на образование новой поверхности, и усиливают деформацию, которая в свою очередь еще больше расклинивает трещины и способствует дальнейшему проникновению молекул ПАВ.

Согласно выше сказанному, предполагается значительное снижение разрушающей нагрузки на деструктуризацию старого цементобетонного покрытия по способу вибрационного резонанса на основе применения Эффекта Ребиндера. Полученный вторичный материал, от разрушения бетонного покрытия, можно использовать для основания нового покрытия и в качестве заполнителя бетонной смеси для устройства слоев дорожной одежды, что делает данную технологию регенерации как способ ремонта не только материалоемкой, но и энергоэффективной.

**О проблемах ремонта старых цементобетонных дорог
и пути их решения**

Заец С.С., Хащицкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день в Республике Беларусь широко вводится строительство бетонных дорог. Эксплуатируются около 1,6 тыс. км существующий автомобильных дорог с цементобетонным покрытием. Из них к дорогам республиканского значения относится – 682 км., к дорогам местного значения – 911 км. Большая часть существующих цементобетонных дорог Белоруссии была построена 25-50 лет назад, после чего их строительство было полностью свернуто в 1990г., вследствие обоснования экономической нецелесообразности перехода на цементобетонные дороги Минавтодором в 1981 году. Таким образом, все научные разработки тоже были приостановлены, а многие научные решения по поводу совершенствования технологий ремонта цементобетонных дорог были даже не начаты, т.к. на то время это не имело своей актуальности для новых цементобетонных дорог. Вследствие этого, сегодня перед Республикой Беларусь встал вопрос по ремонту старых цементобетонных дорог, для которых не подходят технологии и машины по ремонту асфальтобетонных дорог, а современные экономичные технологии и машины отечественного производства были не созданы.

Основным видом ремонта цементобетонных покрытий автомобильных дорог в Беларуси в настоящее время является перекрытие их асфальтобетонными слоями, т.е. слоями усиления. Данный вид ремонта получил широкое распространение в связи с большей экономичностью по сравнению с другими способами, которые требуют частичного или полного разрушения старого цементобетонного покрытия. Вместе с тем слоям усиления из асфальтобетона присущи и серьезные недостатки. Один из них – образование отраженных трещин, копирующих имеющиеся в основании швы и трещины. С течением времени трещины на асфальтобетонных покрытиях прогрессируют и служат причиной скоротечного разрушения, уменьшая срок службы дорожных одежд почти вдвое.

Таким образом разрушение старого цементобетонного покрытия становится основополагающим фактором в надежности и долговечности будущего покрытия, а снижение энергозатрат на разрушение бетонного покрытия основополагающим фактором в использовании данного вида ремонта.

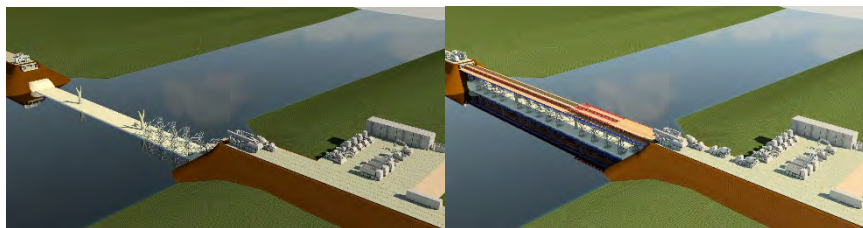
УДК 624.21/8

Применение BIM-технологий при проектировании ПОС и ППР по строительству балочного неразрезного железобетонного моста на стационарных подмостях с последующим расчетом опор из инвентарных конструкций

Денисик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Модель трёхпролётного моста создана в ПК AutodeskRevit в соответствии с действующими ТНПА с учётом стадийности и времени производства работ (рисунок 1).



Модель импортирована в ПК МКЭ SOFiSTiK для определения грузоподъёмности временных опор из инвентарных конструкций МИК-С в стадии монтажа пролётного строения.

В результате расчёта были определены усилия в сечениях элементов: изгибающие моменты, продольные и поперечные силы, а также просчитан коэффициент использования материалов.

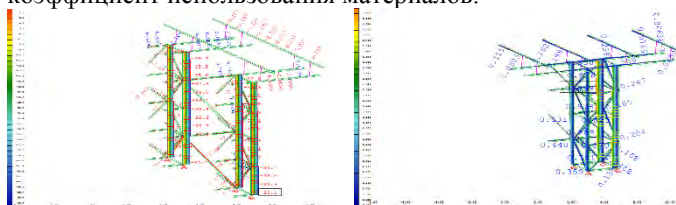


Рисунок 2 – Эпюры продольных сил и коэффициента использования

По результатам расчёта подобран оптимальный шаг для расположения временных опор.

Научный руководитель: старший преподаватель Гречухин В.А.

Козюля А.А.

Белорусский национальный технический университет

16 октября 2001 года началось строительство виадука «Мийо» во Франции. Особенность данного виадука заключалась в том, что он имел на тот момент самые высокие опоры в мире.

Строительство данного виадука производилось способом подвижки. По причине того, что опоры достигали 240 метров в высоту, традиционные методы строительства не могли решить данную задачу. При традиционной подвижке пролетное строение производило бы слишком большое боковое давление на опоры.

Задача была решена Марком Бономо и Жан Мари-Кремером. Они разработали новые домкратные системы. На опоры устанавливались четыре такие подвижные системы. Их задача в том, чтобы приподнимать пролетное строение над опорами и протаскивать вперед. В каждой системе работают две клинообразные балки. Гидравлический привод толкает верхний клин вперед, он скользит вверх по нижнему клину, пролетное строение приподнимается над опорами и продвигается на 600 мм. вперед. Затем нижний клин отодвигается назад и опускает всю конструкцию на поддерживающие балки. Оба клина возвращаются на исходную позицию и цикл повторяется.

Все четыре устройства на каждой опоре запрограммированы на одновременную работу. В результате они поднимают всю конструкцию и толкают ее вперед.

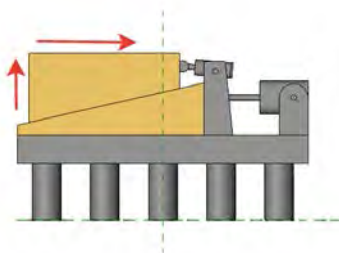


Рисунок 1 – Пример домкрата

Научный руководитель: старший преподаватель Гречухин В.А.

УДК 624.21/8

Применение BIM-технологий при проектировании ПОС и ППР по строительству балочного неразрезного железобетонного моста на временных опорах с последующим расчетом таврового настила под опалубку

Герасименко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Модель двухпролётного моста создана в ПК AutodeskRevit в соответствии с действующими ТНПА с учётом стадийности и времени производства работ

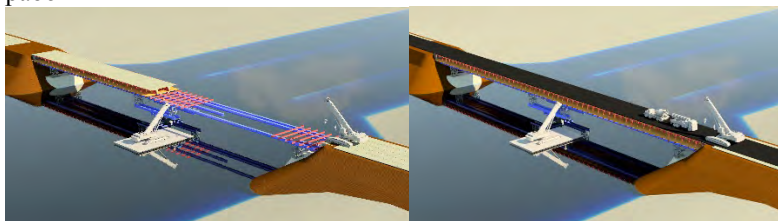


Рисунок 1 – Стадии установки балочной клетки и опалубки

Модель импортирована в ПК МКЭ SOFiSTiK для определения грузоподъёмности таврового настила под балку в стадии монтажа пролётного строения.

В результате расчёта были определены усилия в сечениях элементов: изгибающие моменты, продольные и поперечные силы, а также просчитан коэффициент использования материалов.

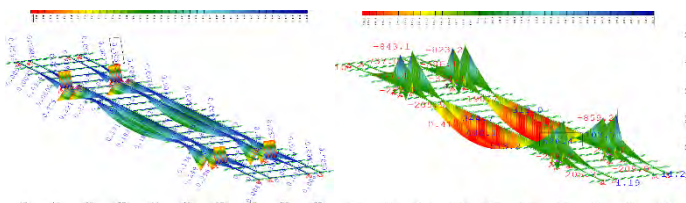


Рисунок 2 – Эпюры коэффициента использования и изгибающих моментов

По результатам расчёта подобран оптимальный шаг для расположения временных опор.

Научный руководитель: старший преподаватель Гречухин В.А.

УДК 624.21.014.2

Создание аванбека для надвигки пролетных строений в программном комплексе AUTODESK REVIT

Косяков А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Метод установки пролетных строений мостов в проектное положение способом надвигки широко применяется в мостостроении в сочетании с иными способами и в чистом виде. Применение этого способа невозможно без такой конструкции как аванбек. Сущность метода состоит в том, что на берегу полностью собирается пролетное строение и тяговыми лебедками и полиспастами по направлению продольной оси моста надвигается в пролет. Такая надвигка носит название продольной. Применяется также поперечная надвигка, при которой пролетное строение собирается сбоку моста, а затем надвигается в проектное положение.

В качестве исходных данных выбран 2-пролетный мост. Пролетное строение, длиной 51м, состоит из двух главных балок, объединенных продольными и поперечными связями с помощью болтовых соединений.

Для надвигки данного пролетного строения был разработан аванбек, состоящий из 3-х секций, объединенных между собой болтовыми соединениями. Каждая секция состоит из 2-х балок, соединяемых между собой горизонтальными и вертикальными связями.

Так как не используются временные опорные конструкции, возможен «кивок» пролетного пролета совместно с аванбеком. Исходя из этого на конце аванбека устроены домкраты.

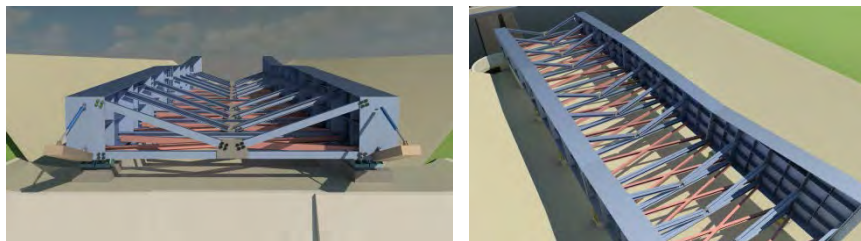


Рисунок 1 – Общий вид аванбека

Научный руководитель: старший преподаватель Гречухин В.А.

Технология укладки рулонных дорожно-строительных материалов

Ермалицкий А.А., Корженевский Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Мировой и отечественный опыт дорожного строительства свидетельствует о широком применении различных видов геосинтетических материалов с целью упрочнения, армирования конструктивных слоев транспортных путей, а также предотвращения интенсивного вертикального и горизонтального смещения частиц различных фракций дорожно-строительных материалов в процессе движения большегрузного автотранспорта. При этом в качестве разделяющих горизонтальных прослоек особенно эффективно применение рулонных геосинтетических материалов (РГМ). При небольших объемах строительства укладка РГМ в незначительной степени зависит от условий засыпки и выполняется вручную либо механизированно.

На основании проведенных исследований нами проработаны вопросы конструктивного исполнения как навесного, так и прицепного дорожно-строительного оборудования для укладки РГМ. Изучены принципы взаимодействия рабочих органов с РГМ с учетом специфики технологического процесса. В качестве основы для разработки эскизного проекта предложена конструкция универсального прицепного устройства, агрегируемого с различными базовыми машинами (погрузчики, тракторы), которая включает направляющие и фиксирующие геосинтетическое полотно элементы с гидравлическим приводом.

Процесс укладки РГМ с использованием разработанного прицепного устройства состоит из следующих видов работ:

- доставка к объекту строительства рулонов погрузочно-разгрузочным оборудованием или универсальной дорожной машиной, оснащённой специализированным рабочим органам;
- загрузка рулона в прицепное оборудование с помощью гидравлического захвата;
- протягивание конца РГМ вокруг обводной трубы, которая обеспечивает предварительный натяг полотна;
- крепление геосинтетического материала к дорожному основанию с помощью металлических скоб;
- укладка РГМ до полной раскатки рулона, либо его обрезка рабочим инструментом;
- засыпка грунтом геотекстического материала, планирование дороги с последующим уплотнением с помощью дорожной техники.

В дальнейшем будут разработаны чертежи предлагаемого оборудования.

Пропитывающие восстанавливающие составы

Завасдкий Д.Э., Кравченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

Естественное старение битума в составе асфальтобетона является причиной появления различных дефектов, таких как шелушение, трещины, выбоины. Процесс старения битума можно замедлить с помощью различных пропитывающих составов. Действие таких составов основано на замещение и пополнение фракций битума, утраченных из-за старения в процессе эксплуатации асфальтобетонного покрытия.

Перед применением пропитывающих составов необходимо очистить поверхность покрытия машиной с механической щеткой либо промыть для удаления пыли, грязи и мусора.

Норма расхода определяется заранее на небольшом участке асфальтобетонного покрытия. Состав распределяют автогудронаторами при достаточно низкой скорости движения. После нанесения состава, участок необходимо обработать песком или отсевом дробления ($0,5-0,8\text{кг/м}^3$). После распределения песка участок может быть открыт для движения, таким образом песок с пропитывающим составом перемешивается и вдавливаются под действием движущегося транспорта.

Применения пропитывающих составов продлевает срок службы до 5 лет, а межремонтный период – до 3 лет. При повторной обработке покрытия каждые пять лет, срок службы увеличивается на 2-3 года.

Рекомендуется наносить состав на новые покрытия со сроком службы 2-3 года, на которых ещё не наблюдается явных разрушений. Также рекомендуется наносить пропитывающие составы на новые асфальтобетонные покрытия, при укладке которых были замечены отклонения в технологии (несоблюдение температурного режима при приготовлении или укладке, недоуплотнение, резкое изменение погодных условий).

Состав предназначен для покрытий, которые имеют незначительные разрушения (волосяные трещины, мелкие разрушения, выкрашивания, сетки трещин).

Примерами таких пропитывающих составов являются Reclamite и CRF. Применение этих составов замедляет процесс старения покрытия на молекулярном уровне. Результаты применения и экономическая эффективность доказаны 35-летним мировым опытом.

Применение энергии ветра в дорожном хозяйстве

Лапша В.А., Попова А.А., Кравченко С.Е.
Белорусский национальный технический университет

Ветер представляет собой движение воздушных масс в результате перепадов давления.

Устройства, преобразующие энергию ветра в полезную механическую, электрическую или тепловую виды энергии, называются **ветроэнергетическими установками (ВЭУ) или ветроустановками.**

При правильной организации использования ветроэнергетики такой дешевый и неиссякаемый источник энергии, как ветер, может удовлетворить большую часть потребностей в дорожном хозяйстве:

1. обеспечение освещения в темное время суток;
2. подогрев дорожного полотна зимой для предотвращения наледей и гололедицы;
3. откачка воды из вертикального и горизонтального дренажа;
4. снижение затрат на добычу и транспортировку электроэнергии;
5. возможность накопления энергии для обслуживания во время отсутствия ветра;
6. возможность использования совместно с другими источниками энергии;
7. минимальные сроки ввода ВЭУ в эксплуатацию;
8. улучшение экологической обстановки за счет снижения уровня загрязнения окружающей среды.

Исходя из того, что у нас слабые ветра, нам необходимо нестандартное конструктивное решение. Его можно найти в виде вертикальных ВЭУ (или ВЭУ с вертикальными лопастями). Такие ВЭУ эффективно работают при слабом ветре, а в сочетании с тонкими проводами мы получим минимальные потери электроэнергии при транспортировании ее к накопительной установке (батарее).

Для эффективного накопления заряда мы рекомендуем применять литий-железо-фосфатные, так как они обладают наиболее высокими характеристиками. Аккумулятор должен стоять через каждые 15-20 ветрогенераторов (зависит от месторасположения).

Эффективней всего использовать ВЭУ под путепроводом (аэродинамическая труба) и на прямых участках дороги. Также для более эффективного использования можно скомбинировать ВЭУ с солнечными панелями (сверху генератора).

Система «Superpave»

Назаренко Р.В., Нестеров М.В., Кравченко С.Е.
Белорусский национальный технический университет

Аббревиатура «Суперпейв» (Superpave) обозначает **SuperiorPerformancePavements**, т.е. метод проектирования составов асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками. Система «Superpave» - это комплексная система проектирования составов смесей, удовлетворяющих самым высоким требованиям к эксплуатационным характеристикам в зависимости от транспортной нагрузки, климатических и структурных условий на конкретном участке укладки покрытия. Улучшение эксплуатационных характеристик покрытия достигается за счет проектирования и сочетания наиболее подходящего битумного вяжущего, минерального компонента и, если это требуется, модификатора. Система «Superpave» применима для свежих и рециклизованных плотных, горячих асфальтобетонных смесей, с модификаторами или без них, для укладки новых покрытий, а также для поверхностных слоев. Система разработана для минимизации остаточной деформации, усталостного трещинообразования, низкотемпературного трещинообразования, она позволяет оценить влияние старения и влаги на развитие трех вышеуказанных дефектов покрытий. Эта система, объединяющая свыше 25 продуктов SHRP в единую систему проектирования и анализа смесей и технические условия на новые материалы, методы испытаний, методы проектирования смесей в единый комплексный координированный пакет. В «Superpave» вошли 3 взаимосвязанные компонента, последовательно обновив нормативную базу AASHTO и ASTM:

–SHARP - технические условия и методы испытаний битума;

–Superpave - технические условия и метод проектирования составов асфальтобетонных смесей с определением поровых характеристик уплотненных образцов асфальтобетона;

–методы испытаний и система анализа реологических свойств асфальтобетона с использованием математических моделей работоспособности и компьютерного программного обеспечения.

Технология позволяет заглянуть в будущее и предсказать, что произойдет с дорожным покрытием лет через 10 лет. В расчет берется характер трафика на дороге, общие нагрузки на нее и климат, присущий данной местности. На выходе вычислительная машина выдает свое мнение о том, какие типы асфальта будут более предпочтительны и экономически выгодны.

Способы введения ПАВ в старое цементобетонное покрытие для снижения энергозатрат по его деструктуризации

Савуха А.В.

Белорусский национальный технический университет

В цементобетонном покрытии (особенно к концу его срока службы) образуется огромное количество трещин и микротрещин, в которые может беспрепятственно проникать ПАВ. Таким образом, поверхностно-активные вещества попадая в трещины и микротрещины цементобетонного покрытия, покрывают их поверхность слоем толщиной всего в одну молекулу (что определяет возможность использования очень малых количеств добавок этих веществ), предотвращая процесс «схлопывания», препятствуя возобновлению молекулярного взаимодействия.

Предполагается следующая технология производства работ:

1) Поливка старого цементобетонного покрытия ПАВ при помощи поливочной машины. До этого производится смешение ПАВ с водой в количестве не превышающем 0,1-0,4 %.

2) Ожидание впитывания ПАВ под действием собственного веса, либо запуск дорожного катка или виброкатка по только что разлитому ПАВ, для создания давления и нагнетания жидкости в существующие на покрытии трещины.

3) Прохождение бетонолома и виброрезонансное разрушение существующего цементобетонного покрытия.

4) Удаление разрушенного материала (возможно дальнейшее его использование при строительстве дороги).

5) Устройство нового верхнего слоя покрытия.

Испытания образцов-балочек на изгиб и сжатие показали незначительное снижение прочности образцов после обработки ПАВ. В настоящее время в Республике Беларусь взят курс на строительство новых цементобетонных покрытий. Это значит, что в будущем вопросам ремонта и деструктуризации этих покрытий будет уделяться особое внимание. Сокращение энергозатрат при проведении таких работ станет одним из факторов при выборе методов реконструкции цементобетонных покрытий.

Таким образом, предложенная методика имеет потенциал для внедрения в дорожную отрасль, а также требует детальной разработки как технологической схемы проведения работ, так и поиску и подбору ПАВ, позволяющему сократить энергозатраты до минимума и обеспечить хорошее проникновение ПАВ в трещины цементобетонного покрытия.

Доломитовый щебень. Материалы, применяемые в дорожном строительстве

Батманов К.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривая применяемые материалы в дорожном строительстве нужно уделить должное внимание такому материалу как доломитовый щебень. Учитывая более низкие показатели по прочности данной породы относительно того же гранита следует находить пути применения доломита в конструктивных слоях дорожной одежды. Существуют и разрабатываются способы укрепления данного материала в целях широкого применения. Доломитовый (известняковый, известковый) щебень – продукт дробления осадочной горной породы.

Основными преимуществами доломитового щебня является:

1. Доломитовый щебень – экологически чистый материал. Радиоактивность доломита по природе своей на порядок ниже гранита, поэтому применяется этот щебень в любых видах строительства.

2. Положительным физическим свойством доломитового щебня является его сцепка с битумом и цементным раствором. Что значительно снижает вероятность сезонного износа асфальтобетонных покрытий, упрочняет асфальтобетонное покрытие и продлевает ему срок службы при минимальных динамических нагрузках. Снижает себестоимость асфальтобетонного покрытия, т.к. при изготовлении асфальтобетонной смеси не требуется добавления связующих присадок.

По результатам полученных паспортов материала от производителя ОАО «Доломит» и собственных лабораторных испытаний ОАО «ДСТ-1, г. Витебск» определены следующие физико-механические свойства доломитового щебня:

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Фракции в мм		
			10-20	20-40	40-120
1	Прочность при сжатии	Марка	600	600	600
2	Содержание зерен слабых пород	%	9,8	7,2	7,3
3	Содержание пылевидных и глинистых частиц	%	2,3	1,9	1,3
4	Содержание зёрен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы	%	37,4	33,2	28,1
5	Морозостойкость	Марка	F 50	F 50	F 50
6	Истираемость	Марка	И-3	И-3	И-3
7	Насыпная плотность	Кг/м3	1,296	1,326	1,395

Технология производства эффективного противогололедного материала

Литвинчук М.А., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Воздействие на окружающую среду, загрязняют почву и водные источники, угнетают растительность придорожной полосы, активизируют процессы коррозии дорожно-строительных материалов и автомобильной стали. В Республике Беларусь в качестве основного противогололедного материала (ПГМ) обычно применяют хлористый натрий Солигорского калийного комбината. Известно, что хлориды оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду, загрязняют почву и водные источники, угнетают растительность придорожной полосы, активизируют процессы коррозии дорожно-строительных материалов и автомобильной стали. В Белорусском национальном техническом университете был создан новый химикофрикционный антикоррозионный (ХФА) ПГМ.

Сущность технологии получения ХФА заключается в том, что мелкие частицы минеральной породы, содержащиеся в отсеве дробления, растворяются в концентрированной уксусной кислоте, а получаемый раствор ацетатов кальция и магния смачивает поверхность и проникает в поры более крупных частиц.

Технология производства ХФА.

Отсев дробления завозится автотранспортом на асфальтобетонный завод и выгружается в соответствии с требуемыми фракциями в приемные бункера, оборудованные объемными питателями. Далее, при помощи ленточного конвейера, отсев подается в сушильный барабан, где подсушивается и нагревается. При помощи горячего элеватора нагретый отсев дробления поступает через загрузочный бункер в смеситель. Из емкости при помощи объемного дозатора в смеситель подается кислота, осуществляется перемешивание компонентов в смесителе в течение 60 - 70 секунд. Полученная смесь выгружается в автотранспорт, который транспортирует ее на технологическую площадку оборудованную навесом. Дозревание смеси осуществляется в течение 2-3 суток. Готовый материал при помощи погрузчика загружается в автотранспорт, а затем транспортируется в крытый склад для хранения.

В локальных условиях для зимнего содержания мостов и путепроводов возможен процесс получения ХФА при помощи ремиксера ПМ-107. В производственных условиях был получен материал ХФА, обладающий высокими потребительскими свойствами.

**Технология устройства асфальтобетонного покрытия по принципу
«горячий по горячему» от фирмы Vögele**

Гайдук Д.М., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Технология InLinePave была разработана фирмой Vögele специально для реализации инновационного способа укладки «горячий слой на горячий». Особенно она пригодна для устройства, однако строительный поезд InLinePave может использоваться также для высококачественной и экономичной укладки слоёв при обычных строительных работах. По этой технологии нижний слой и верхний слой наносятся в одном рабочем проходе, благодаря чему гарантируется не только их очень надежное сцепление, но и взаимное замыкание. А это является основным условием долгой службы дороги .

Технология InLinePave предусматривает применение обычных серийных машин с незначительной модификацией для укладки «горячего слоя на горячий». Для подрядчика это означает, что любая из машин строительного поезда InLinePave может использоваться для решения обычных задач, что позволяет сократить необходимый машинный парк и повысить рентабельность инвестиций. Таким образом, концепция InLinePave весьма привлекательна для строительных организаций среднего уровня.

Vögele представила свою концепцию одновременной укладки двух слоев асфальтобетона InLinePave, реализованную комплексом из трех машин. Первым по полосе идет перегружатель MT 1000-1 IP, за ним – Super 2100-2 IP, укладывающий нижний слой выглаживающей плитой высокой степени уплотнения, и замыкает колонну Super 1600-2 или Super 1800-2, укладывающий верхний слой.

Перегружатель принимает асфальт из самосвалов и перегружает его в специальный бункер с конвейером, установленный на Super 2100-2 IP. По конвейеру асфальт подается в бункер увеличенной вместимости замыкающего укладчика. Основа этой концепции – высокая степень уплотнения нижнего слоя плитой укладчика Super 2100-2 IP.

Укладка по технологии InLinePave обеспечивает получение максимально возможной ровности асфальтобетонной поверхности. Благодаря применению двух независимо друг от друга работающих асфальтоукладчиков, каждый с плавающим рабочим органом, неровности основания прекрасно компенсируются. Поэтому особые требования к ровности этого слоя при укладке по технологии InLinePave не ставятся.

**Возможности использования технологии ямочного ремонта
асфальтобетонных покрытий в условиях ЖКХ**

Бондаренко С.Н., Николайчик П.Н., Васильева Е.И.
Белорусский национальный технический университет

Несущая способность покрытий в городских дворах и проездах в основном определяется способностью контактных слоев сопротивляться сдвиговым нагрузкам. Наиболее активные напряжения сдвига в условиях нелинейного нагружения под действием колесной нагрузки возникают в зонах контакта на поверхностных слоях дорожного покрытия. Такого рода сверхнормативные нагрузки, характерные для городских транспортных коммуникаций, приводят к образованию ям, выбоин, трещин на покрытии дорог. Высокая дефектность покрытия приводит к уменьшению пропускной способности, снижению уровня безопасности движения и увеличению аварийности, и сокращению межремонтных сроков.

Практический опыт ЖКХ показывает, что использования для ремонта в условиях г. Минска традиционных материалов (асфальтобетон, цементобетон) не позволяет получить долговечное покрытие с требуемыми эксплуатационными характеристиками. Уже после года эксплуатации появляются недопустимые дефекты покрытия в виде колеи, сдвиговых деформаций, сетки трещин и т.п. Возникает необходимость подбора для дорожных покрытий внутри городских дворов и проездов оптимального состава ремонтной композиции, а также дополнительной отработки традиционной технологии ямочного ремонта.

Перспективным способом повышения срока службы и прочностных характеристик, а также улучшения эксплуатационных свойств покрытия представляется использование технологии устройства полужестких покрытий. Эти покрытия, представляющие собой композиционный асфальтоцементный материал (АЦМ), получают путем пропитки асфальтобетона цементным раствором специального состава.

Устройством покрытия из АЦМ выполняется в два этапа: укладка слоя асфальтобетона специального состава и последующая пропитка асфальтобетона цементным раствором. По прочности такое композиционное покрытие вполне сопоставимо с цементобетонным, а по величине коэффициента температурного расширения близко к асфальтобетонному. Композиционные АЦМ покрытия целесообразно устраивать на участках городских дорог с тяжелыми условиями эксплуатации (подходы к логистическим центрам, остановки общественного транспорта, регулируемые перекрестки и другие объекты).

Повышение износостойкости асфальтобетонных покрытий

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Износостойкость- сопротивление асфальтобетона действию сил трения, вызываемых проскальзыванием колес автомобиля по поверхности покрытия, и вакуумных сил, возникающих под движущимся автомобилем.

Высокая интенсивность движения автотранспорта, состав транспортного потока (увеличение доли грузовых перевозок), скоростной режим, применение шипованных шин и противогололедных реагентов приводят к ускоренному износу асфальтобетонного покрытия и появлению колеи износа.

К внутренним факторам, влияющим на износостойкость, относятся свойства конструкции дорожного покрытия:

- структура асфальтобетона, характеризующаяся количественным соотношением компонентов дорожного покрытия и их гранулометрическим составом, степени уплотнения и остаточной пористости материала покрытия;
- свойства каменного каркасного материала и песка, образующего остов асфальтобетона (износостойкость асфальтобетона тем выше, чем больше его плотность, чем выше твердость входящих в его состав минеральных материалов, выше сцепление зерен щебня и песка с битумом).
- свойства и количества вяжущего материала (битума).

К числу внешних факторов, которые влияют на износ асфальтобетона, можно отнести:

- климатические условия (неблагоприятные воздействия атмосферных и климатических условий способствуют увеличению износа дорожного покрытия);
- свойства транспортного потока;
- эксплуатационные условия.

Для повышения износостойкости необходимы комплексные исследования по изучению влияния условий эксплуатации на интенсивность износа верхних слоев покрытий и их эксплуатационные показатели.

Транспортные сооружения

Оптимизация и контроль процесса строительства моста через реку Туровлянка

Сухаревский А.С.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире с ростом конкуренции между строительными организациями к ним больше предъявляются такие требования как скорость и, как следствие, экономичность возведения сооружения. Высокая скорость может быть достигнута только за счет слаженной и продуманной работы специалистов всех сфер. При этом необходимо учитывать, что в процессе строительства могут появляться непредвиденные обстоятельства либо вносятся некоторые правки, изменения. В этом случае процесс не должен останавливаться, а ресурсы должны грамотно распределяться на доступные на тот момент задачи. Такой результат может быть достигнут за счет использования новых технологий, применения компьютерных программ, позволяющих продумать возможность изменений и корректировок еще до начала строительства. Одной из таких программ является Autodesk Navisworks. Встроенный модуль TimeLiner позволяет объединить трехмерную информационную модель, созданную в других программах, с графиком выполнения работ из программы Microsoft Project. Одна функций этого модуля – визуальный контроль: модель выстраивается в соответствии с значением даты и времени монтажа элемента. При этом при изменении графика работ можно достаточно удобно отследить, не будет ли «накладок» в процессе строительства.



Рисунок 1. Информационная модель моста через реку Туровлянка, созданная в программе Autodesk Revit.

Научный руководитель – Петров М.П

УДК 624.28

Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонных балочных пролетных строений при реконструкции

Таранкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

При изучении железобетонных балочных пролетных строений основной задачей является анализ напряженно-деформированного состояния при их реконструкции.

При осуществлении данного анализа была спроектирована 3D модель балочного пролетного строения в расчетном комплексе SOFiSTiK при помощи метода конечных элементов.

Анализ работы балочного пролетного строения предусматривал поэтапное нагружение сочетанием нагрузок 3D модель железобетонного пролетного строения. Программно-интегрированный комплекс SOFiSTiK включает набор модульных программ для проектирования, расчета и анализа конструируемой модели с учетом возможных влияний и факторов. Основанный графический 3D препроцессор на AutoCAD позволяет интерактивно вводить данные, что позволяют контролировать процесс расчета и создания под требования необходимые модели для ее реализации.

Данный вид проектирования и анализ работы железобетонного балочного пролетного строения позволяет досконально изучить и проработать вопрос условий работы и режима эксплуатации, его индивидуальный характер устройства и совместность взаимодействия с иными конструкциями.

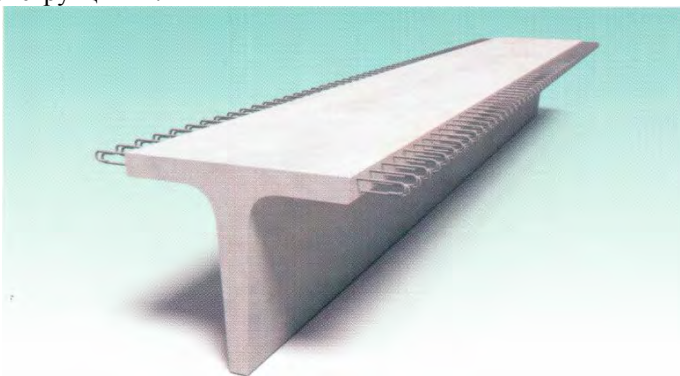


Рисунок 1. Пространственная модель балки таврового сечения
Научный руководитель – Пастушков В.Г.

УДК 624.28

Анализ напряженно-деформированного состояния при реконструкции моста через реку Добысна

Таранкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Искусственное сооружение представляет собой средний балочный железобетонный мост (рисунок 1) на опорах стенках. Транспортный объект возведен в 1971 г., длина моста составляет 47,47 м. Формула сооружения 4х12,0м. Габариты: по ширине – Г – 11,57+2х1,04 м; по высоте – не ограничен. Проектная грузоподъемность – Н-30, НК-80. В итоге после реконструкции схема мостового сооружения 12х2+11,36+12, длина – 47,52, категория дороги – Ів, габарит – Г-24, расчетная нагрузка А14, НК112.



Рисунок 1 – Виды фасадов моста через реку Добысна

Напряженно-деформированное состояние конструкции (далее НДС) — совокупность внутренних напряжений и деформаций, возникающих при действии на неё внешних нагрузок, температурных полей и других факторов.

SOFiSTiK - это программно-интегрированный комплекс для создания, расчета и моделирования различных по своему виду конструкций и сооружений. При создании расчетных моделей программный комплекс SOFiSTiK использует графические возможности CAD.

Программно-интегрированный комплекс включает набор модульных программ для проектирования, расчета и анализа конструируемой модели с учетом возможных влияний и факторов.

Основанный графический 3D препроцессор на AutoCAD позволяет интерактивно вводить данные, что позволяют контролировать процесс

расчета и создания под требования необходимые модели для ее реализации.

Есть возможность анализа нелинейных условий работы, так и установка параметров линий влияния. Также SOFiSTiK дает возможность расчета учитывая стадий монтажа конструкции, определения величины строительного подъема, улучшения параметров усилий натяжения. Поддерживаются проектные задачи и расчеты с учетом требований установленных норм, начиная от автомобильных и железнодорожных нагрузок и завершая расчет по предельным состояниям. Используются интерактивные постпроцессоры графические и табличные, в дополнение к пакету программ открытый интерфейс для обработки данных, используемому многими инженерами по всему миру, облегчает и экономит время при расчете различного уровня сложности. Программный комплекс имеет сертификат соответствия нормам проектирования.

К достоинствам SOFiSTiK можно отнести следующие характеристики:

- визуализация графической части работы в программе;
- импорт расчетных схем из различных графических программ;
- комбинирование различных сочетаний нагрузок;
- наличие различных модулей для решения различных задач.

Структурная модель строиться посредством постпроцессора SOFiPLUS-X (рисунок 2)

Результат, а также работу конструкции при соответствующем нагружении можно посмотреть в окне модуля «Animator» (рисунок 2).

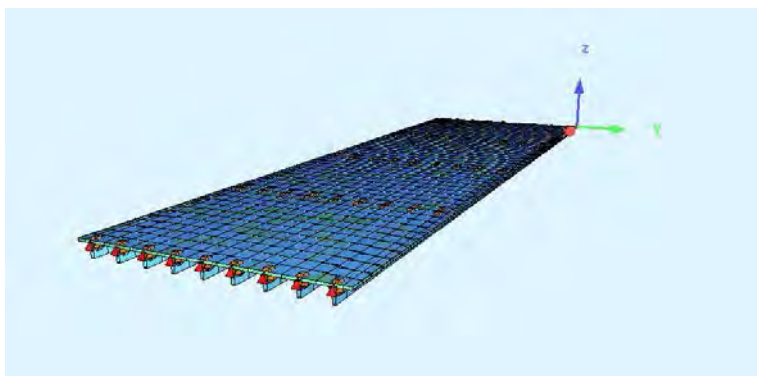


Рисунок 2. Конечно-элементная модель пролетного строения моста (визуализация элементов в модуле Animator)

Научный руководитель – Пастушков В.Г.

Геодезический мониторинг за состоянием сооружений транспортной развязки в городе Минске

Ботяновский А.А.

Белорусский национальный технический университет

Основной задачей геодезических работ по наблюдениям за осадкой и деформациями конструкций объектов транспортной развязки в городе Минске является обеспечение контроля осадки и деформации тоннельной обделки действующего метрополитена в период строительства транспортной развязки, с целью недопущения возникновения сверхнормативных значений и, в случае необходимости, принятия оперативных мер их минимизации.

Для выполнения поставленных задач перед началом работ была разработана программа мониторинга, исходя из которой был разработан проект производства геодезических работ.

Проект производства геодезических работ предусматривал выполнение ежедневных измерений осадок и деформаций наблюдаемых конструкций с последующей передачей данных для обработки в специализированных программных комплексах. В дальнейшем, периодичность проведения измерений уменьшалась, в связи со стабилизацией состояния наблюдаемых конструкций и отсутствием выполнения опасных технологических процессов, которые могли бы значительно влиять на состояние сооружения и безопасность движения по нему.

Результаты проделанной работы позволили корректировать некоторые расчетные предпосылки и анализировать процесс влияния строительства нового объекта на уже существующий.



Рисунок 1. Результаты 3D – сканирования. Общий вид развязки справа

Научный руководитель – Пастушков В.Г.

Создание конструктивного решения городской транспортной развязки с использованием предварительного напряжённого монолитного железобетона

Савицкий Р. П.

Белорусский национальный технический университет

Эстакады и путепроводы в большинстве случаев устраиваются балочной (разрезной и неразрезной) и рамных систем. Сооружения с неразрезными пролётными строениями наиболее удобны в эксплуатации и экономичны по расходу материалов. Зачастую неразрезные пролётные строения жёстко объединяют с верхом опор, образуя многопролётную рамную систему. Протяжённые рамы разбивают на независимо работающие секции. Монолитное строительство даёт возможность придать пролётному строению криволинейную форму с сохранением геометрических параметров трассы в плане и профиле (радиус, ширина, поперечный и продольный уклоны).

Пролётные строения эстакад и путепроводов можно подразделить на ребристые, плитные и коробчатые.

Плитные пролётные строения постоянной высоты могут опираться по всей ширине на ригели рамных опор, на опору стенку или в отдельных точках на стоечные опоры. Пролёты монолитных эстакад сплошного сечения с постоянной высотой при неразрезной схеме назначаются порядка $l=12-25$ м. Высоту h в неразрезных конструкциях принимают равной $(1/20-1/30)l$. Полная ширина пролётного строения B должна быть не более 15-20 м, чтобы не вызывать излишних поперечных температурных деформаций, ухудшающих условия работы опорных частей.

При точечном опирании плиты в поперечном направлении расстояние b между стойками назначают в пределах $(8-12)h$, а вылет консольных свесов c – $(4-8)h$. Одновременно стараются соблюдать соотношение $b/l=1/2-1/4$.

Для облегчения веса в монолитных пролётных строениях устраиваются пустоты различного вида. Чаще всего пустоты делают круглыми, овальными или прямоугольными. Такие конструкции по характеру работы близки к коробчатым пролётным строениям. Условно можно принять, что пролётное строение относится к плитным, если $B/h > 8-10$ и общая площадь пустот составляет менее половины площади брутто поперечного сечения.

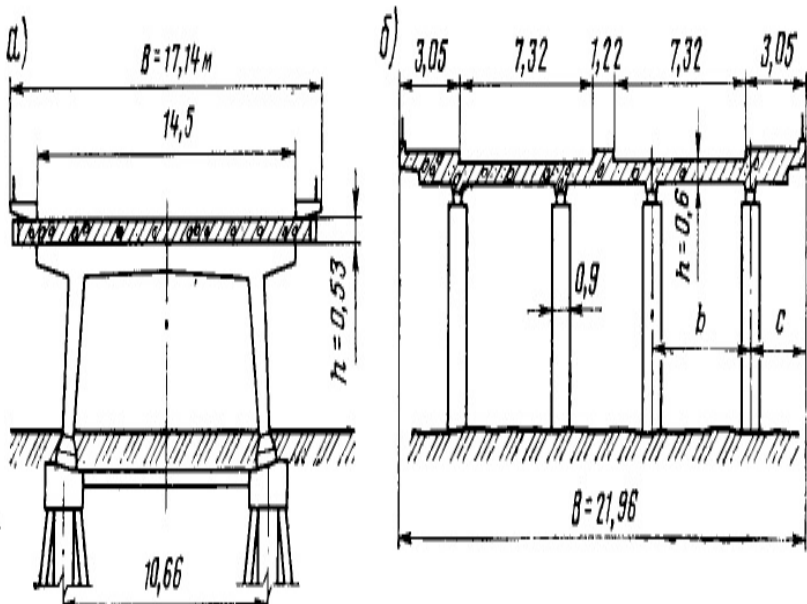


Рисунок 1 - Принципиальные схемы поперечных сечений плитных монолитных пролётных строений

Армирование плитных неразрезных монолитных пролётных строений может осуществляться ненапрягаемой или предварительно напрягаемой арматурой. Применение предварительного обжатия бетона позволяет: снизить расход стали и бетона за счёт использования арматуры и бетона высокой прочности; значительно уменьшить собственный вес конструкций, особенно при больших пролётах; создать повышенную трещиностойкость и жёсткость конструкций. Для натяжения арматуры в условиях строительной площадки широкое применение получил натяжение арматуры на бетон механическим способом, при котором необходимое относительное удлинение арматуры, соответствующее заданному контролируемому напряжению в ней, получают вытяжкой арматурного элемента натяжными механизмами, с последующим нагнетанием цементного раствора в канал с напрягаемой арматурой.

При использовании предварительно напряжённой арматуры продольные элементы располагают на всей длине пролётного строения, постепенно переводя из нижней зоны в пролёте в верхнюю над опорами. В протяжённых конструкциях часть продольных элементов арматуры обрывают в пролёте, отгибая их к верхней или нижней грани.

Научный руководитель – Пастушков Г.П.

Проектирование предварительно напряжённых перекрытий при строительстве станций мелкого заложения минского метрополитена

Архипов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных задач при проектировании любого сооружения, в том числе и подземного, это соблюдение требований безопасности, прочности, долговечности, экономичности, технологичности при производстве, строительстве и эксплуатации. Предварительно напряжённые конструкции обеспечивают экономию материалов при производстве и долговечность при эксплуатации, а также позволяют перекрывать большие пролёты, что увеличивает темпы строительства.

На данный момент из-за сложностей в эксплуатации предварительно напряжённые конструкции не применяются в подземном строительстве. Данная работа направлена на поиск и проверку такой конструкции плиты покрытия подземного сооружения, при котором замена элемента, содержащего в себе предварительно напряжённую рабочую арматуру, или самой рабочей арматуры (тросов или прядей) будет возможна, технологична, экономически оправдана.

Вместе с предлагаемой плитой покрытия была рассчитана балка таврового сечения с таким же нагружением. Балка таврового сечения рассчитана аналогично балкам, применяемым сейчас в строительстве 3-ей линии Минского метрополитена. Сравнение производилось как на этапе начала работ – сдача объекта в эксплуатацию, на втором - после 50 лет эксплуатации. Так же особое внимание было уделено водонепроницаемости конструкции и пожароустойчивости.

Полученные промежуточные результаты позволяют весьма оптимистично оценить перспективу внедрения данной конструкции плиты покрытия.



Рисунок 1 – Общий вид станции с преднапряженным перекрытием

Научный руководитель – Бойко И.Л.

**Изменение напряженно-деформируемого состояния основания
дорог при устройстве подземных сооружений**

Козловский Е.Я.

Белорусский национальный технический университет

Основание - часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также обеспечивающая морозоустойчивость и осушение конструкции.

Открытый способ вызывает ряд проблем и существующие пути сообщения нередко слишком чувствительны к деформациям и их перенаправление либо смещение не представляется возможным. Все это вызывает дополнительные расходы и продление срока строительства.

Снизить влияние на окружающий массив, а также инженерные коммуникации и сооружения в слабых неустойчивых породах (как и других неблагоприятных и сложных гидрогеологических условиях) можно путем использования опережающих крепей, которые условно можно разделить по расположению элементов относительно друг друга на линейные (элементно соосные) и зонтовые. Зонтовые крепи могут следовать криволинейным участкам трассы, выполняются непосредственно из забоя и технологически не требуют для себя создания промежуточных стволов, камер или котлованов для продления, но в сложных гидрогеологических условиях их использование не всегда бывает рациональным, нередко является затруднительным на практике. Линейные являются намного более надежными и используются даже в самых сложных условиях, но имеют ограничения по своей длине.

Старые трубные методы могли вызывать чрезвычайно большие деформации, для снижения которых приходилось применять армирование забоя стеклопластиковыми анкерами, осуществлять проходку уступами и т.д. Современные жесткие крепи в комбинации с другими геотехнологиями позволяют свести влияние строительства до минимума, что показывают расчеты и доказывает практика тоннелестроителей Европы и Азии в последние годы. Современные методы строительства с линейными опережающими крепями позволяют избежать деформаций окружающего массива и не нуждаются в временных распорных конструкциях, могут быть использованы как постоянная крепь.

Научный руководитель – Бойко И.Л.

**Исследование процесса надвигки сталежелезобетонного
пролетного строения больших мостов. типовые сечения сжатых
железобетонных элементов**

Лосев А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Основной задачей исследования процесса надвигки сталежелезобетонного пролетного строения большого моста является расчет этапов каждой стадии надвигания пролетного строения на опоры, что включает в себя подбор оптимальных сечений главных балок, а также продольных и поперечных связей, домкратных балок, поперечных связей, консолей и монтажных стыков. Исследование процесса надвигки производилось на проектируемом мосту через реку Сож. Общая длина моста 558 метров.

При монтаже пролетные строения обычно обладают пониженной прочностью и жесткостью, а также пониженной массой по сравнению со стадией эксплуатации. В связи с этим возникает проблема тщательного учета всех нагрузок и воздействий на пролетные строения в процессе надвигки. Расчет и анализ процесса надвигки сталежелезобетонного пролетного строения производился в нескольких программных комплексах и несколькими расчетными бригадами.

Результаты проделанной работы позволили корректировать некоторые изначально заложенные проектные решения и анализировать процесс надвигки сталежелезобетонного пролетного строения больших мостов.

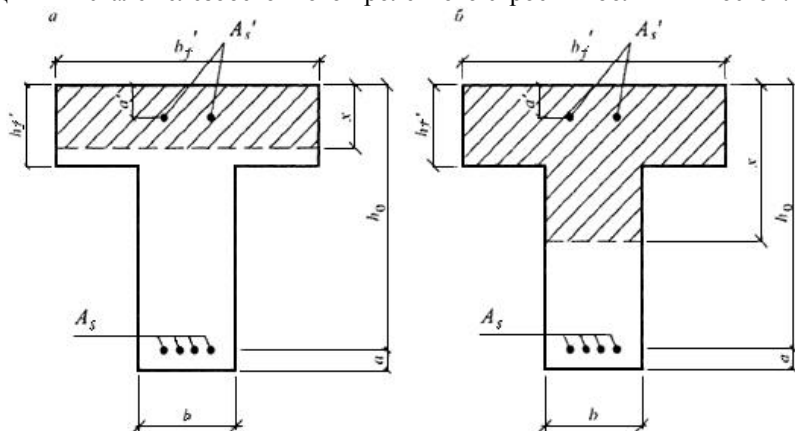


Рисунок 1 – Расчетная схема тавровой балки
Научный руководитель – Гречухин В.А.

Защита и ремонт железобетонных конструкций, работающих в агрессивных средах

Мицлер В.А., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Главной целью защиты и ремонта железобетонных конструкций, работающих в агрессивных средах является долговременная эксплуатация железобетонных элементов и продление межремонтных сроков службы, с целью минимизации расходов и повышения качественных характеристик железобетонных конструкций.

Для выполнения поставленных задач перед началом работ были выбраны опытные участки цементобетонных дорог, на которых предусматривается применение высокопрочных безусадочных ремонтных составов и мониторинг состояния покрытия.



Рисунок 1. - Примеры дефектов цементобетонного покрытия

Проект производства ремонтных работ предусматривает выполнение экспериментальных участков, проведение лабораторных испытаний образцов. Ежегодный мониторинг в ходе весенне-осеннего осмотра дорожных сооружений. Оценка эффективности применяемых систем материалов.

Результаты проделанной работы позволят определить оптимальные варианты ремонта и защиты железобетонных конструкций, работающих в агрессивных средах.

Влияние строительства подземного сооружения на существующую линию метрополитена

Сериков В.М., Бойко И.Л.

Белорусский национальный технический университет

Каждым год пассажиропоток увеличивается, вследствие чего требуется развивать сеть общественного транспорта, в частности метрополитена, сеть которого стремится охватить больше территорий города. Для возведения новых подземных сооружений, уже недостаточно учитывать городскую застройку на поверхности земли, требуется также учитывать влияние новых станций или линий метрополитена на уже существующие, при непосредственном расположении в одном сечении массива грунта. Решения данного вопроса требует, определение зон влияния строящейся станции на существующую линию метрополитена, вследствие чего, необходимо исследовать напряженно-деформированное состояние окружающего массива грунта и конструкций подземных сооружений, используя различные программные комплексы: SOFiStiK и т.д.

Используя ПК SOFiStiK требуется произвести расчеты модели будущей станции метрополитена над существующей линией, с учетом стадий строительства, при различных глубинах залегания проектируемой станции относительно существующей линии метрополитена, с целью оценки влияния нового сооружения на уже существующие.

Результаты расчетов 2D моделей в ПК SOFiStiK показывают, что при увеличении глубины залегания и уменьшения расстояния между проектируемой станцией и существующем тоннелем, изгибающие моменты в конструкции обделки существующего тоннеля уменьшаются.

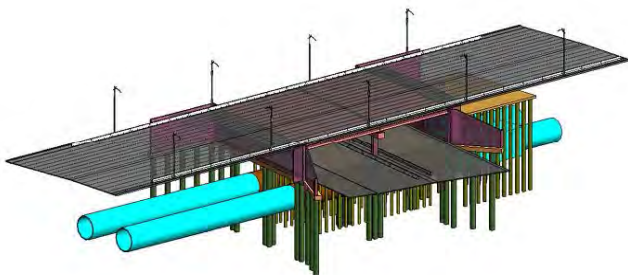


Рисунок 1. – Строительство транспортной развязки на действующим метрополитеном

Динамический анализ транспортных сооружений

Ходяков В. А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из приоритетных направлений исследования работы конструкций транспортных сооружений является анализ динамического поведения конструкции.

Динамический расчёт конструкции пролётных строений можно разделить на два больших направления. Первым направлением является расчёт собственных частот колебаний пролётных строений и форм этих колебаний. Ко второму направлению можно отнести учёт сил инерции при перемещении транспортного средства по пролётному строению.

Сущностью первого расчёта является вычисление различных частот собственных колебаний пролётного строения. Получив формы и частоты собственных колебаний, их необходимо сопоставить с частотами и формами вынужденных колебаний. Последние будут зависеть от характера подвижной нагрузки. Особенно это актуально для железнодорожных мостов или других большепролетных конструкций, на которые воздействует циклическая подвижная или гармоничная статическая нагрузка.

Во втором случае, при расчёте с учётом сил инерции, анализируется поведение подвижной подрессоренной нагрузки при движении по неровностям пролётного строения. Такими неровностями могут являться переломы продольного профиля моста, выбоины на покрытии моста и др. Одним из интереснейших явлений является учёт сил инерции, действующих на подвижной состав при его движении по криволинейно деформированному пролётному строению. При этом величина и характер прогиба пролётного строения зависит от этой нагрузки и сил инерции, действующих на неё.

Таким образом, приходится решать нелинейную задачу, в которой величина мгновенной статической нагрузки от подвижного состава зависит от величины прогиба пролётного строения. А величина прогиба в свою очередь зависит от величины мгновенной статической нагрузки. Данную задачу удобно решать, моделируя прогиб и жёсткость пролётного строения в виде упругой пружины, жёсткость которой меняется по мере перемещения подвижной нагрузки по пролётному строению от опоры к центру пролёта.

Результатом решения данной задачи будет коэффициент увеличения статической нагрузки при её движении по пролётному строению.

Испытание натурной модели оптимизированной конструкции

Ходяков В. А.

Белорусский национальный технический университет

По результатам исследований вопросов оптимизации параметрических строительных конструкций с целью уменьшения их материалоёмкости и массы было получено несколько математических моделей оптимизированных конструкций. Для подтверждения правильности работы математических моделей этих конструкций возникла необходимость в испытании натурной полноразмерной или масштабной модели конструкции.

Одним из наиболее простых примеров рассматриваемых оптимизированных конструкций является металлическая двутавровая балка (рис. 1).

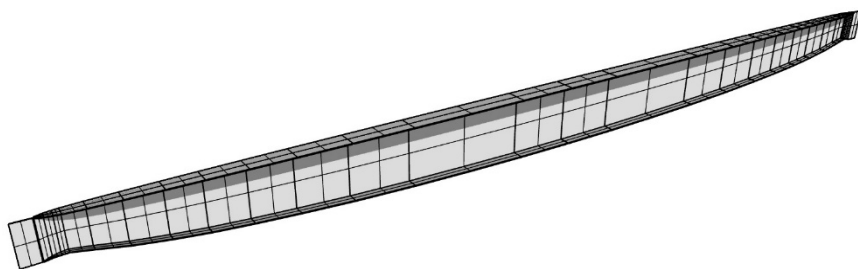


Рисунок 1 – математическая модель оптимизированной металлической двутавровой балки

Балка запроектирована таким образом, что каждое её поперечное сечение оптимизировано при помощи генетического алгоритма до минимальной площади при сохранении несущей способности на срез и изгибающий момент.

В процессе испытания, теоретически, текучесть материала должна наступить одновременно на всём протяжении поясов двутавровой балки. Это будет показателем того, что балка запроектирована максимально эффективно.

Также существует, пока открытый, вопрос общей и местной устойчивости такой балки. Существующие нормативные документы не содержат ответы на данный вопрос. Натурное испытание также подтвердит или опровергнет теорию об общей и местной устойчивости этой балки.

Гидроизоляционные материалы

Терех А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Гидроизоляция — защита строительных конструкций, зданий и сооружений от проникновения воды (антифильтрационная гидроизоляция) или материала сооружений от вредного воздействия омывающей или фильтрующей воды, или другой агрессивной жидкости (антикоррозийная гидроизоляция).

Характерными особенностями проектирования и строительства промышленных и гражданских сооружений на современном этапе является развитие заглубленных частей сооружений, расположенных ниже уровня дневной поверхности, создание подземных переходов, связывающих отдельные сооружения, а также использование под застройку земель, малопригодных для сельскохозяйственных целей, в большинстве случаев заболоченных. В связи с этим вопросы создания надежной гидроизоляции сооружений приобретают все большее значение.

Стальные незащищенные конструкции ржавеют и через 10 - 12 лет теряют прочность, а некоторые элементы полностью разрушаются. Деревянные конструкции в условиях повышенной влажности уничтожаются грибами в 2 - 3 года. Каменные, бетонные и железобетонные сооружения также могут терять прочность под воздействием воды, особенно агрессивной.

Гидроизоляция - защита частей зданий и сооружений, конструкций, резервуаров и т.д. от проникновения или воздействия воды, или предупреждения ее утечки, а также средства для этих целей - специальные конструктивные элементы или водонепроницаемые слои на наружной или внутренней поверхности частей зданий и сооружений. Гидроизоляция может быть частью или дополнением комплекса осушительных, противофильтрационных и противокоррозионных мероприятий.

Гидроизоляционные материалы отличаются от других строительных материалов повышенной водонепроницаемостью и водостойкостью при длительном действии воды, в том числе минерализованной, и химически агрессивных водных растворов.

К гидроизоляционным материалам и конструкциям предъявляется ряд дополнительных требований в зависимости от вида сооружений, для защиты которых они предназначены, и расчетной долговечности этих сооружений, сроков капитальных ремонтов и режима эксплуатации гидроизоляции.

Балка сварная стальная двутавровая

Терех А.Л., Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Балка — это конструктивный элемент, представляющий собой горизонтальный или наклонный брус, работающий преимущественно на изгиб. На практике, как правило, горизонтально расположенная балка воспринимает вертикальную поперечную весовую нагрузку. Но в отдельных случаях необходимо учитывать влияние и вероятных горизонтальных поперечных сил.

Балка сварная стальная двутавровая представляет собой сварную конструкцию из стальных листов, по форме и размерам схожую с аналогичным размером горячекатаной балки по ГОСТ 26020-83 или СТО АСЧМ 20-93. Сварная балка широко применяется в гражданском и промышленном строительстве, при изготовлении горнодобывающего оборудования, нефте- и газодобывающего оборудования, а также в машиностроении.

Цикл производства сварной балки состоит из нескольких этапов: правка листа, термическая резка листа, сборка балки, окончательная правка, контроль качества сварных швов, грунтовка и покраска готовой балки.

Очень часто применение сварной балки оказывается экономически выгоднее, чем прокатной, так как: производителями металлопроката не выпускаются балки типоразмеров, выше чем 60Б, поэтому, когда требуются конструкции, жесткость и несущая способность которых превышают возможности прокатных профилей, используют сварные балки; составное сечение сварной балки подбирается более оптимальным по сравнению с прокатным, благодаря чему вес конструкции снижается до 10 %; имеется возможность изготовления сварных балок переменного сечения.

Наиболее широкое применение имеет двутавровый профиль с поясными швами, выполняемыми обычно автоматами под флюсом. Обычно двутавр собирают из трех листовых элементов. При их заготовке, помимо правки, резки и зачистки кромок, часто предусматривают сборочную и сварочную операции для получения листового элемента требуемой длины и ширины. В этом случае к стыковым соединениям предъявляется требование полного и надежного проплавления с хорошим формированием усиления и проплава шва. Поэтому сварка, как правило, производится с двух сторон.

Лизинг на предприятиях транспортного строительства

Шелег Ю.Ю., Галковская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Лизинг представляет собой инвестиционный инструмент, который позволяет предприятию транспортного строительства, не включая ресурсы, являющиеся личной собственностью, произвести модернизацию основных фондов и получить новое необходимое оборудование или другие непотребляемые предметы. Является наиболее перспективным механизмом разрешения задач технологического перевооружения производства. На сегодняшний день благодаря лизингу многие предприятия, занимающиеся строительной деятельностью, приобретают весь ассортимент техники: бурильные установки, гусеничные краны и автокраны повышенной грузоподъемности, и другие виды строительной техники и оборудования.

Существуют следующие виды лизинга: финансовый, возвратный, оперативный, лизинг по остаточной стоимости и чистый. Наиболее распространенными на предприятиях транспортного строительства являются финансовый и оперативный. Для финансового лизинга характерно следующее: срок, на который оборудование передается в пользование, по продолжительности равен сроку его полной амортизации. Срок использования строительной техники при оперативном лизинге короче фактического срока ее амортизации. Поэтому предприятие транспортного строительства имеет возможность досрочно вернуть лизинговой компании приобретенное в лизинг оборудование. Лизинговым платежом является оплата за использование предоставленным по договору лизинга оборудованием и техникой, и включает в себя амортизационные отчисления за расчетный год (АО), плата за кредитные ресурсы, которые взял в банке лизингодатель на приобретение предмета лизинга (ПК), вознаграждения лизингодателя за предоставленные услуги (В), плата лизингодателю за дополнительные услуги лизингополучателю, предусмотренные договором лизинга (ДУ) и налог на добавленную стоимость, уплачиваемый лизингополучателем по услугам лизингодателя (НДС). Лизинговые платежи (ЛП) определяются по формуле

$$\text{ЛП} = \text{АО} + \text{ПК} + \text{В} + \text{ДУ} + \text{НДС}.$$

Главное различие между лизингом и кредитом заключается в том, что первый не отягощает баланс предприятия, одновременно позволяя сэкономить налог на прибыль.

Мониторинг транспортных сооружений с применением электронного дистанционного оборудования

Шикуть К.К., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Мониторингом предусматривается непрерывный контроль в натуральных условиях за деформациями и усилиями в несущих конструкциях транспортных сооружений, и проверка соответствия их расчетным значениям, обеспечивающих безаварийную работу конструкций.

Работы по мониторингу проводятся в три этапа: подготовительный, в процессе строительства (реконструкции), после проведения строительства (реконструкции).

На подготовительном этапе работ по электронному дистанционному мониторингу осуществляется разработка схемы расположения и установка электронных датчиков на несущие конструкции. Данные получаемые с датчиков в онлайн-режиме передаются через Internet или сотовую связь на автоматизированные рабочие места со специализированным программным обеспечением.

В процессе производства работ по строительству или реконструкции транспортных сооружений осуществляется контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций сооружения. После производства строительных работ осуществляется наблюдение и анализ результатов НДС конструкций транспортного сооружения для оценки стабилизации деформаций в течение определенного периода времени. По результатам измерений данные заносятся в единую базу данных.

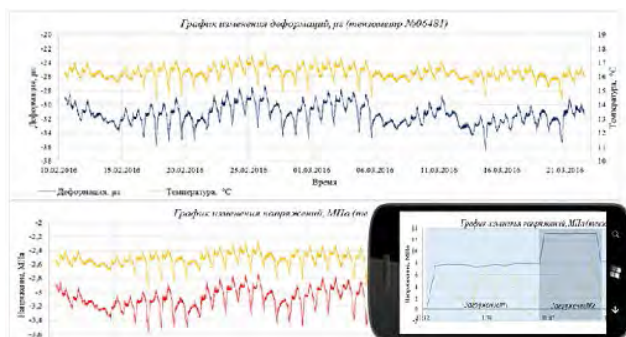


Рисунок 1 – Результаты измерений и их отображение в специализированном программном обеспечении

Актуальность применения нанобетона в транспортном строительстве

Шикуть К.К.

Белорусский национальный технический университет

В последнее десятилетие термин «нанобетон» начал широко использоваться для определения бетонов, в которых применяют наноматериалы и (или) нанотехнологии. Термин «нанобетон» объединяет класс специализированных бетонов, которые каким-то образом связаны с различными наноматериалами или нанотехнологиями. Нанобетон обладает теми или иными преимуществами благодаря особой структуре, задаваемой на наноуровне.

Основное направление в создании высокопрочных нанобетонов для строительства транспортных сооружений – наномодифицирование. Под этим понимается введение в бетоны нанодобавок, которые существенно улучшают технические и технологические характеристики. Совместное использование наномодификаторов с пластифицирующими добавками обеспечивает более высокую подвижность бетонов, удобоукладываемость, повышение прочностных и других характеристик.

Механизм наномодифицирующих добавок пока ещё изучен не достаточно. Можно отметить, что наночастицы имеют высокую физикохимическую и механохимическую активность и, вследствие этого, могут радикально изменять процессы синтеза, структурообразования, термодинамическое и энергетическое состояния в полидисперсной бетонной смеси. Значительная поверхность и, соответственно, поверхностная энергия наночастиц изменяют адсорбционные процессы, приводят к проявлению новых энергетических взаимодействий на квантовомеханическом уровне. Не исключается каталитическая роль наночастиц, ускоряющих реакции формирования цементного камня, за счёт снижения энергии активации химических процессов и ускорения их. Предполагается, что наночастицы могут играть роль центров кристаллизации, формируя на начальном этапе кластеры, перерастающие в разветвлённые фрактальные кристаллические структуры. Следствием этих процессов является изменение условий и времени формирования цементного камня, твердения бетонов, упрочнения и других эффектов, т.е. проявление квантовомеханических взаимодействий на макроуровне.

Область применения, описанного выше перспективного высокоэффективного бетона пока весьма ограничена.

Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.

Армирование конструкций мостовых сооружений композитной арматурой

Меркушов Е.Н., Нестеренко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Согласно ТКП 45-3.03-232-2011 «Мосты и трубы» проектный срок службы для мостов устанавливается 100 лет. Одним из условий достижения такой долговечности, является сохранение всех элементов конструкций от повреждений и дефектов, возникающие в основном из-за воздействия агрессивных сред, которые проникают в железобетонные конструкции и вызывают изменение механических свойств, коррозионный износ арматуры и т.д.

В настоящее время основным армирующим материалом железобетонных конструкций мостовых сооружений является стальная арматура. Однако существует перечень задач, в которых альтернативой является композитная арматура, и в первую очередь за счет своих физико-химических характеристик, а именно самых основных:

- высокая прочность на разрыв;
- коррозионная стойкость.

Цель работы состоит в определении областей применения композитной арматуры для армирования конструкций мостовых сооружений, а также возможности в дальнейшем замены традиционной стальной арматуры.

Для сравнительного анализа были изготовлены натурные образцы в виде бетонных плиток размером 500×500×100 мм, армированных композитной арматурой различных производителей. Также была изготовлена серия образцов, армированных стальной арматурой. Данные образцы были испытаны при помощи гидравлического пресса.



Рисунок 1 – Схема испытания натурных образцов

Значения максимальной нагрузки, при которой произошло разрушение образцов всех серий, оказались примерно равными.

Гидрофобный цемент с добавкой отработанной глины

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния отработанной глины, отхода, образующегося на нефтеперерабатывающих заводах при очистке масла, на свойства цемента. Установлена возможность повышения сроков хранения цемента без существенной потери активности. Добавка в количестве до 4% значительно уменьшает количество скомокывавшегося цемента. После просеивания, количество комков на сите №8 у цемента без добавки составило до 95%, в то время как цемент с добавкой от 0,2 до 4% просеялся в значительно большем количестве. Его остаток на сите составлял от 3,6 до 37,1 %. Показано, что при введении добавки в количестве 0,2-1,5%, прочностные показатели цементных образцов после 28 суток выше, чем у бездобавочных образцов.

Также, приведено сравнение характеристик цемента срок хранения, которого составил до 360 суток. Отмечено, что активность цемента с добавкой в количестве 0,2-4% выше, чем у цемента без добавки. В работе приведена динамика набора прочности образцами в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток. На графиках прослеживается некоторое отставание при наборе прочности на сроках до 7 суток и последующий более интенсивный набор прочности по сравнению с образцами без добавки. Это позволяет производить некоторые запасы цемента на объектах, расположенных в труднодоступных местах.

В ходе выполнения работы разработан способ введения добавки в состав цемента. Параметры введения добавки в цемент получены в результате подбора пробных составов. Данный способ значительно снижает затраты энергии на производство единицы продукции и повышает качество конечного продукта.

Введение гидрофобного цемента в бетонную смесь производится аналогично введению обычного цемента. При этом незначительно увеличивается время начала и конца схватывания, а также продолжительность схватывания. В работе данные результаты получены экспериментально и расчетным путем, по формулам, полученным на основании экспериментальных данных. Расхождение в экспериментальных и расчетных данных не превышало 3%, что позволит заранее определить данные параметры.

Бетон с повышенной водонепроницаемостью

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния добавки отработанной глины масляного производства на свойства бетона. При изготовлении бетонной смеси целостность гидрофобных пленок, находящихся на поверхности частиц гидрофобного цемента нарушается и, после перемешивания, происходит нормальное схватывание и твердение. Добавка распределяется по всему объему бетонной смеси, кольматируя поры и капилляры, придавая их поверхности гидрофобные свойства, создавая барьер прониканию агрессивной среды. Введение добавки в количестве 0,2-4,0%, до 1,7 раза повышает водонепроницаемость, до 1,9 раза - морозостойкость, в 1,2 раза снижает водопоглощение, при сохранении показателей по прочности.

Добавка существенно замедляет скорость коррозии арматуры, а при ее введении в количестве 3–4% масс. от цемента, коррозия практически не происходит. Это, скорее всего, связано с уплотнением структуры бетона, перекрытием сечения пор и капилляров, а также внутренней гидрофобизацией их поверхности, вследствие чего агрессивные реагенты на арматуру практически не воздействуют. Положительным фактором является и наличие в составе добавки органического компонента.

Практическое применение добавки возможно для изготовления конструкций подверженных воздействию агрессивной среды, таких, например, как подкладные (дорожные) плиты, применяемые на строительных площадках при строительстве мостов. При этом возможна замена таких добавок как С-3 и Микропоран, а количество добавки ОГ принимается примерно равным их суммарной массе. Стоимость добавки ОГ, являющейся отходом производства нефтеперерабатывающих заводов, значительно ниже суммарной стоимости добавок С-3 и Микропоран. Также с использованием добавки ОГ можно изготавливать и другие аналогичные конструкции, например, лежни под переходные плиты.

Количество отходов отработанной глины приведенное в справочнике отходов производства (3,048 тыс.т), позволяет прогнозировать значительный объем применения данной добавки. Для ее практического применения разработаны технические условия ТУ ВУ 100354447.082–2011 «Добавка гидрофобизирующе–кольматирующая для бетонных смесей и строительных растворов».

Определение физико-механических свойств фибробетона

Грачев М.Л., Пастушков Г.П.

Белорусский национальный технический университет

При проектировании конструкций с фибровым армированием, как основным несущим материалом важно правильно оценить его основные физико-механические характеристики которые отличаются от таковых в обычном бетоне:

- Прочность на сжатие;
- Прочность на растяжение;
- Модуль упругости.

Те же важно иметь сведения о дополнительных характеристиках:

- Водонепроницаемость
- Морозостойкость
- Ударная вязкость

На данный момент в мире существует целый ряд нормативных документов по определению физико-механических свойств фибробетона. Все эти документы одинаково могут быть применимы и у нас, но национальные документы разных стран имеют отличия в части методики проведения испытаний и в методике определения результирующих значений. Здесь важно выбрать правильный для нас подход.

В Республике Беларусь нормативна база пока не коррелируется с международной практикой в этой части. В частности, у нас отсутствует методика определения остаточной прочности фибробетона растяжение.

Разработка и внедрение методик определения физико-механических характеристик фибробетона и проектирования фибробетонных конструкций в ряде случаев позволит заменить стержневое армирование на фибровое, что поможет сэкономить на стоимости работ по возведению конструкций.



Рисунок 1 – Определение прочности бетона неразрушающим методом

Свойства и виды гидроизоляционных материалов

Ванагель В.В., Ортнер Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Характерными особенностями проектирования и строительства промышленных и гражданских сооружений на современном этапе является развитие заглубленных частей сооружений, расположенных ниже уровня дневной поверхности, создание подземных переходов, связывающих отдельные сооружения, а также использование под застройку земель, малопригодных для сельскохозяйственных целей, в большинстве случаев заболоченных.

Гидроизоляционные материалы отличаются от других строительных материалов повышенной водонепроницаемостью и водоустойчивостью при длительном действии воды, в том числе минерализованной, и химически агрессивных водных растворов. К таким материалам и конструкциям предъявляется ряд дополнительных требований в зависимости от вида сооружений, для защиты которых они предназначены, и расчетной долговечности этих сооружений, сроков капитальных ремонтов и режима эксплуатации гидроизоляции.

Гидроизоляционные материалы защищают строительные конструкции от неблагоприятного воздействия агрессивной влажной среды, чаще всего под давлением воды. Для гидроизоляционных материалов наиболее важны следующие свойства:

- водонепроницаемость,
- водостойкость,
- долговечность,
- удовлетворение требованиям по механической прочности, и химической стойкости.

Проанализировав множество гидроизоляционных материалов, можно говорить о том, что сегодня не существует одного универсального материала для эффективного повсеместного использования. В большинстве случаев наиболее оптимальным будет применение комплекса материалов, где каждый материал будет выполнять свою строго определенную функцию. Кроме того, свойства аналогичных материалов от разных производителей могут значительно отличаться, отличаться будет и результат их применения.

Современные конструкции деформационных швов транспортных сооружений

Ванагель В.В., Ортнер Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Деформационные швы представляют собой, наряду с опорными частями, статическую конструкцию моста, предназначенную для поглощения смещений, вызываемых дорожным движением, сильным ветром, температурными изменениями и другими неблагоприятными погодными условиями.

Конструкции деформационных швов должны иметь низкую стоимость, экономичный расход металла; однако при этом надо иметь в виду, что чрезмерная экономия на начальном этапе может повлечь значительные затраты при выходе конструкции из строя. И хотя стоимость ДШ составляет порядка 1-2% стоимости всего строительства, было бы неправильным при выборе показателей, важных для работы и долговечности сооружений, руководствоваться только их ценой.

Качество мостового сооружения в одинаковой степени определяется не только качеством покрытия проезжей части мостового сооружения и зоны примыкания дорожной одежды к деформационным швам, но и устройством деформационного шва, обеспечивающего комфортность проезда транспортных средств и долговечность самого инженерного сооружения.

Существенным недостатком современной мостовой строительной практики является отсутствие отечественных технических регламентов к технологии изготовления и потребительским свойствам деформационных швов, а также несоблюдение пределов расчетных допусков силовых воздействий.

В настоящее время в стране не применяется практика приемочных испытаний конструкций деформационных швов, соответствующая методологическая и техническая базы для организации и проведения таких испытаний.

Вместе с тем в практике отечественного мостостроения наметилась устойчивая тенденция к выработке качественно нового подхода к проектированию и эксплуатации мостовых сооружений, к переоценке роли таких элементов, какими являются деформационные швы.

Деформационный шов — предназначен для уменьшения нагрузок на элементы конструкций в местах возможных деформаций, способных вызвать опасные собственные нагрузки, которые снижают несущую способность конструкций.

Инъекционная гидроизоляция тоннелей

Бычковский Ю.В. Ляхевич Г.Д.

Белорусский национальный технический университет

Конструкция тоннеля из монолитного бетона, при надлежащем подборе состава бетона и его качественном уплотнении, при укладке может быть выполнена практически водонепроницаемой. Но течи могут появляться в местах рабочих швов. Ликвидировать и предотвратить их можно при помощи нагнетания цементно - песчаного раствора через трубки, заложенные в бетон при его укладке. Раствор заполняет трещины и полости в обделке и массиве грунта, преграждая путь подземным водам.



Рисунок 1. – Общий вид платформенного участка станции

Такой метод гидроизоляции называется инъекционным, и для него могут применяться специальные растворы. Особенно это необходимо при гидроизоляции тоннелей, выполненных из железобетонных блоков. В этом случае после сборки и загрузки колец железобетона могут образоваться трещины, через которые в тоннель проникает вода, а арматура блоков подвергается коррозии, потому нагнетание за обделку растворов приобретает особо важное значение. Применяться может не только цементно-песчаный раствор, но и специальные смеси, например, растворы марок Eurolan® FK Inject / Inject 2 / Inject PU (марка Deitermann) или МС - Injekt. («МС–Bauchemie»). Изготовленные на основе полимерных составляющих, растворы эти обладают способностью к расширению и объемному заполнению трещин. Причем таким способом можно усилить гидроизоляцию, в том числе и существующих тоннелей.

Атмосферная коррозия

Бычковский Ю.В., Ляхевич Г.Д.

Белорусский национальный технический университет

Влажная атмосферная коррозия возникает при влажности в атмосфере ниже 100% и сопровождается адсорбционной, капиллярной и химической конденсацией на поверхности металла. В зависимости от состояния металлической поверхности на ней при влажности немного ниже 100% может адсорбироваться слой влаги в несколько десятков молекулярных слоев. Основные этапы процесса конденсации: образование мономолекулярного адсорбционного слоя пленки из молекул воды, затем при понижении температуры происходит осаждение мельчайших капелек воды, в дальнейшем капельки водяного пара образуют сплошную пленку по всей поверхности металла. При относительной влажности воздуха, равной 60-70%, начинается конденсация влаги и на поверхности металла появляется адсорбционная пленка воды. Относительная влажность, при которой начинается конденсация влаги на поверхности металла, называется критической влажностью.

Уменьшения агрессивного воздействия среды на металлические конструкции можно достичь путем введения веществ, замедляющих коррозию (ингибиторов). Предпочтительно введение ингибиторов, которые по характеру их действия разделяются на анодные — тормозящие анодные процессы, катодные — замедляющие катодные процессы и смешанные — останавливающие оба процесса.

Для борьбы с атмосферной коррозией металлов в последнее время все больше используют замедлители коррозии: контактные (например, NaNO_2 , наносимые на стальные изделия (обработкой их в водных растворах замедлителей), и летучие (например, нитриты, карбонаты и бензоаты дициклогексиламина и моноэтаноламина), обладающие высокой упругостью пара. Защитные свойства NaNO_2 обусловлены замедлением реакции ионизации железа вследствие адсорбции ионов NO_2 на поверхности металла. применяется NaNO_2 для защиты металлических изделий при их хранении и транспортировке в контейнерах или при упаковке в оберточные материалы. Нитрит натрия может быть использован для консервационной защиты строительного проката и арматуры для железобетона в период их перевозки и хранения, а также производства работ по производству железобетонных конструкций.

Штукатурная и пропиточная гидроизоляция

Андрейковец В.А., Звонник С.А.

Белорусский национальный технический университет

Штукатурная гидроизоляция (асфальтовая или цементно-песчаная) представляет собой многослойное покрытие из растворов, содержащих наполнители и заполнители, наносится толщиной 6- 50 мм. Надежность работы штукатурной гидроизоляции зависит от жесткости защищаемой конструкции, поэтому штукатурную гидроизоляцию необходимо применять на поверхностях жестких конструкций, не подвергающихся деформациям и вибрациям любого происхождения.

Эмако - высокотекучий (реопластичный), не пропускающий воду, применяется при ремонте старых разрушенных бетонных конструкций. В старой разрушенной конструкции уже произошла усадка, новый ремонтный состав подвергается усадке: последовательное дифференциальное движение между новым и старым материалами будет являться главной причиной разрыва двух материалов. Эмако в процессе затвердывания расширяется и создает предварительное напряжение.

Пропиточная гидроизоляция предназначена для повышения водонепроницаемости пористых изделий путем заполнения их пор водоустойчивым и плотным материалом. Пропитке подвергают изделия из бетона (трубы, сваи, колонны, плиты и т. п.), керамики (кирпич, трубы), асбестоцемента (листы и трубы) или из естественных пористых камней (известняк-ракушечник, мел, туфы и опоки). В качестве пропиточных материалов используют органические вяжущие (битумы, каменноугольные дегти и пеки, петролатум), термопластичные полимеры (низкомолекулярный полиэтилен) и мономеры термореактивных смол (стирол, метилметакрилат), причем пропитка термопластичными веществами производится при их нагреве, а термореактивными — с последующей полимеризацией. Гидроизоляция строительных конструкций, обработанных пропиточными материалами, применяется тогда, когда другие способы гидроизоляции менее эффективны (например, изоляция забивных свай) и требуется повысить химическую стойкость отдельных конструкций или сооружения.

Пропиточная гидроизоляция должна быть стойкой к вымыванию грунтовыми и агрессивными водами, достаточно глубокой и механически прочной, чтобы противостоять возникающим при монтаже нагрузкам.

Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.

Дудич А.С., Звонник С.А.

Белорусский национальный технический университет

К числу прогрессивных отечественных материалов, применяющихся для изоляции железобетонных пролетных строений, относятся рулонные битумно-полимерные наплавляемые гидроизоляционные материалы: изопласт, изозласт, мостопласт. Наиболее часто для гидроизоляции мостов и путепроводов используют рулонную гидроизоляцию. При проведении гидроизоляции мостов ее доля достигает 90-95%. Значительно реже для устройства мостов и дорожных сооружений используют гидроизоляционные материалы в виде мастик. Мастики – это клеевые вязкопластичные составы, получаемые смешением органических вяжущих веществ с тонкодисперсными наполнителями и специальными добавками, обладающими клеящей способностью. Ими покрывают поверхности дорожных (мостовых) конструкций, заполняют трещины и щели, чтобы получить однородную гладкую поверхность или обеспечить герметичность швов. В последнее время на рынке появилась гидроизоляция в виде эмульсий. В частности, данный вид гидроизоляционного материала представлен в Украине продуктом FLEXIGUM-HP израильской компании Bitum. FLEXIGUM-HP – это последнее поколение модификации битумнолатексных эмульсий, дисперсная система, которая состоит из двух взаимно нерастворимых составляющих жидкостей (битум-вода), из которых одна дисперсная фаза (битум) распределена в другом дисперсном окружении (воде) в виде мелких частичек (диаметр 5-10 мкм), покрытых очень тонким слоем эмульгатора на основе жирных кислот. Для гидроизоляции дорожного покрытия могут использоваться геосинтетика. К геосинтетикам относят геотекстиль, георешетки, полиэтилен высокой плотности низкого давления (HDPE-мембраны), противозерозионные маты. Геотекстиль состоит из бесконечных полипропиленовых, механически скрепленных нитей, которые образуют прочную структуру материала. Этот материал выполняет три важнейшие функции: обеспечивает гидроизоляцию и равномерность сцепления слоев дорожного полотна друг к другу, выравнивает механические напряжения.

Гидроизоляция — защита строительных конструкций, зданий и сооружений от проникновения воды или материала сооружений от вредного воздействия омывающей или фильтрующей воды или другой агрессивной жидкости (антикоррозийная гидроизоляция).

Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.

Перспективные методы сварки

Дудич А.С.

Белорусский национальный технический университет

Перспективность метода - это наличие в нем потенциала для дальнейшего развития, после которого этот метод станет лучшим среди других по ряду критериев. В данной работе в качестве критериев были выбраны:

- 1) Качество сварного шва
- 2) Экономичность
- 3) Безопасность работы
- 4) Сфера применения и условия эксплуатации
- 5) Возможность автоматизации
- 6) Набор материалов, которые можно сваривать

Сварка взрывом - уникальный метод, позволяющий получить зону сплошного соединения по поверхностям двух и более металлов или сплавов площадью до десятков квадратных метров. При этом наносимый слой может иметь толщину от 0,1 мм до 30 мм, а толщина металла- основы не ограничена.

Сварка трением — это разновидность сварки давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызванным перемещением (вращением) одной из соединяемых частей свариваемого изделия. Вследствие действия сил трения сдираются оксидные плёнки.

Наибольший объём среди других видов сварки занимает ручная дуговая сварка - сварка плавлением штучными электродами, при которой подача электрода и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок производится вручную. Дуга горит между стержнем электрода и основным металлом. Под действием теплоты дуги электрод и основной металл плавятся, образуя металлическую сварочную ванну.

Лазерная сварка не требует вакуумной камеры, отсутствует рентгеновское излучение, на луч не влияют магнитные поля, возможна сварка магнитных материалов, так же, сварка лазером дешевле, чем сварка электронным лучом. Пятно нагрева очень мало, при большой глубине проплавления, как следствие малы деформации свариваемых деталей, высокая точность, высокое качество сварного шва. Процесс бесконтактен - возможна сварка в труднодоступных местах, проведение сварки через прозрачные материалы, в жидких прозрачных средах.

Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.

Нанокompозитные материалы. Пултрузионные и инфузионные технологии

Леонова М.С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в США и Европе проводятся экспериментальные расчётно-конструкторские и технологические работы, направленные на создание пешеходных мостов с преимущественным применением композитных стеклопластиковых и углепластиковых пултрузионных профилей. Высокие физико-механические характеристики стеклопластика, реализуемые в таких профилях, позволили использовать эти изделия в качестве элементов мостовых конструкций. К основным преимуществам мостов из композитных профилей, по сравнению со стальными мостовыми конструкциями, следует отнести: высокую коррозионную и химическую стойкость композитов, возможность использования в условиях повышенной влажности, сезонных и суточных температурных перепадов, отсутствие коррозии стальных соединительных элементов, находящихся в контакте с композитными профилями; сопротивляемость ветровым нагрузкам; акустическую прочность и устойчивость к землетрясениям; возможность поставки в виде отдельно собранных, легко транспортируемых, заменяемых и наращиваемых модульных конструкций; легковесность и возможность использования ручной сборки в труднодоступных для техники местах; интегральное снижение монтажных расходов, массы опорных конструкций, снижение эксплуатационных расходов. Огромным потенциалом для поддержки и широкого внедрения цельнокompозитных пешеходных мостов обладает компьютерно-управляемая пултрузионная технология изготовления разнообразных силовых, в том числе мостовых длинномерных, профилей из одно- и двухосно-армированных и изотропно-армированных стеклопластиков. Непрерывная вытяжка профиля постоянного сечения путем протяжки пропитанных связующим армирующих стекломатериалов через нагретую формообразующую фильеру. Вторым инновационным методом изготовления арочных мостовых конструкций из композитов является вакуумная инфузия. С использованием технологии вакуумной инфузии возможно изготавливать крупногабаритные композитные конструкции. Внедрение новой технологии вакуумной инфузии в серийное производство позволило обеспечить изготовление мостовой конструкции за один технологический переход, тем самым минимизировав работы по сборке и существенно снизив себестоимость.

Технология устройства гидроизоляции

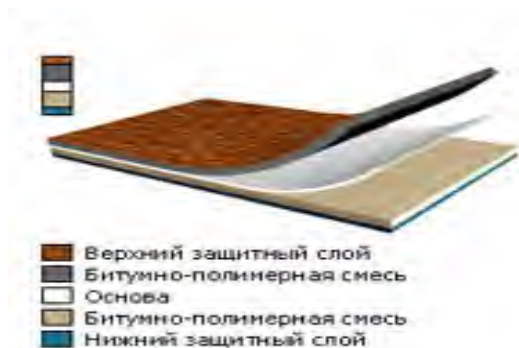
Леонова М.С.

Белорусский национальный технический университет

Дорожное покрытие на мостовых сооружениях представляет собой сложную конструкцию, которая включает в себя не только слои асфальтобетона, но и гидроизоляционную систему. Она должна не только защищать несущие конструкции сооружения от воды, но и быть химически стойкой, прочной и эластичной.

Кроме этого, на стальных мостах гидроизоляционный материал выполняет функции защитно-сцепляющего слоя, и его задача – обеспечить надежное сцепление слоев асфальтобетона со стальной поверхностью ортотропной плиты мостового сооружения. На сегодняшний день в подобных конструкциях применяют несколько типов материалов: - полимерные или резиновые рулонные материалы, приклеиваемые к стальной поверхности на мастики с последующим покрытием их специальными составами для склейки со слоем асфальтобетона; битумно-полимерные мастики горячего применения с минеральными наполнителями; -битумно-полимерные наплавляемые материалы. Использование битумно-полимерных материалов на сегодняшний день признано самым оптимальным. Химический состав этих материалов, благодаря тому, что в них в качестве одного из основных компонентов используется битум, обеспечивает отличную адгезию как к стали, так и к

асфальтобетону, а применение широко известной технологии наплавления рулонных материалов позволяет сделать процесс их укладки простым и удобным.



Научный руководитель - Ляхевич Г.Д.

Ромашин Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

Проникающая гидроизоляция — материалы, состоящие из портландцементов, наполнителей и смеси химических соединений (также называемых активными химическими добавками). В число добавок обычно входят соли щелочных и щелочноземельных металлов, однако могут также использоваться полимерные добавки. Проникающее действие материалов основано на распространении химических добавок из нанесённого на поверхность слоя в глубь материала бетона по его капиллярным порам. Материалы «проникающей гидроизоляции» лучше всего подходят для ремонта и гидроизоляции бетонных и железобетонных изделий и конструкций, и цементно-песчаных штукатурных покрытий

В июле 2015 г. запущен завод в Республике Беларусь по производству материалов системы Пенетрон. Мощность завода составляет 10 000 тонн в год. Пенетрон - сухая строительная смесь, которая состоит из специального цемента, кварцевого песка определенной гранулометрии, запатентованных активных химических добавок.

Пенетрон применяется для гидроизоляции поверхностей сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Повышает показатели водонепроницаемости, прочности, морозостойкости бетона. Защищает конструкцию от воздействия агрессивных сред: кислот, щелочей, сточных и грунтовых вод, морской воды. Используется для гидроизоляции поверхностей, имеющих поры и трещины с шириной раскрытия не более 0,4мм.

Пенетрон предназначен для гидроизоляции всей толщи сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций, поверхностей и штукатурных слоев, выполненных из цементно-песчаного раствора марки М150 и выше.

Дополнительно материал «Пенетрон» используется совместно с материалом «Пенекрит» для отсечения капиллярного подсоса при нарушенной горизонтальной гидроизоляции между бетонным фундаментом и стеной.

Как вспомогательный материал «Пенетрон» используется при гидроизоляции трещин, швов, стыков, сопряжений, примыканий, вводов коммуникаций в сочетании с материалом «Пенекрит» и для ликвидации напорных течей в сочетании с материалом «Пенеплаг» или «Ватерплаг».

Научный руководитель - Ляхевич Г.Д.

Карбонизация бетона

Судак В.В.

Белорусский национальный технический университет

Основным видом коррозии бетона, способствующим развитию коррозии стальной арматуры различной степени интенсивности и определяющим в целом техническое состояние железобетонных элементов (ЖБЭ), является карбонизация бетона. При карбонизации происходят структурные изменения цементного камня, вызывающие деградацию бетона и снижение его защитных свойств по отношению к стальной арматуре.

В соответствии с общепринятыми представлениями карбонизация развивается линейно с поверхности вглубь конструкции, при этом реакция карбонизации происходит в узкой (около 1 мм) зоне. Скорость ее определяется диффузионными процессами. Процесс карбонизации рассматривается как конечный во времени и по сечению бетона.

До настоящего времени не удалось предотвратить отрицательное воздействие CO_2 на бетонные и железобетонные конструкции. Поэтому изучению карбонизации уделялось и уделяется большое внимание. Единственным способом оценки состояния бетона и его защитных свойств по отношению к арматуре во всем мире является индикаторный тест (фенолфталеиновый тест – ФФТ либо тимолфталеиновый – ТФТ).

Сама по себе карбонизация не вызывает коррозии стальной арматуры, однако развиваясь во времени она изменяет щелочность бетона, измеряемую показателем pH – водородным показателем водной вытяжки цементного камня. Бетон полностью карбонизируется при $\text{pH} \approx 9$.



Рисунок 1. - Общий вид железобетонной конструкции с нанесенным раствором

Научный руководитель - Ляхевич Г.Д.

Судак В.В.

Белорусский национальный технический университет

По мере все более интенсивного освоения подземного пространства растет актуальность решения вопросов, связанных с защитой подземных сооружений от воздействия грунтовых вод.

Все большую популярность в мире приобретают системы на основе полимерных мембран. Особой популярностью пользуются гидроизоляционные системы на основе мембран ПВХ. Это связано с целым рядом преимуществ:

- хорошие физико-механические характеристики,
- хорошая химическая стойкость,
- высокая прочность,
- эластичность,
- долговечность,
- высокая прочность сварного шва.

Сварка автоматическим оборудованием с контролируемыми параметрами, что минимизирует возможность ошибки.

Высокая скорость монтажа и минимальное количество швов.

Свободная укладка – способность системы компенсировать подвижки и деформации конструкции.

Возможность укладки на влажное основание.

Возможность монтажа при отрицательных температурах.

ПВХ-мембранам часто отдается предпочтение благодаря их способности адаптироваться к неровной поверхности без нарушения целостности в условиях высокого давления напорных подземных вод. По этому показателю ПВХ мембраны превосходят другие полимерные мембраны.

Полимерные мембраны является прочным и экономически оправданным покрытием, использующимся для мягкой кровли. Полимерные мембраны – это абсолютно новая ступень качества и надежности. Их изготавливают из высококачественного эластичного поливинилхлорида. Это обеспечивает длительный срок службы и постоянство технологических характеристик полимерного материала. Все швы подлежат скреплению при помощи горячего воздуха. Применение автоматического оборудования дает возможность поддержать высокий уровень водостойкости на протяжении нескольких десятков лет.

Научный руководитель - Ляхевич Г.Д.

Дамасская сталь

Тарасик Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Структура и свойства дамасской стали

Процесс получения вуца из сварочного железа легче поддается научному истолкованию, чем тот, в котором вуц получали из чугуна. Небольшие куски металла смешивали с древесным углем и помещали в закрытый глиняный тигель диаметром около 8 см и высотой 15 см. Тигель нагревали примерно до 1200°C . При этой температуре сварочное железо еще остается твердым, но его кристаллы уже имеют гранецентрированную кубическую структуру, так что атомы углерода могут внедряться в решетку между атомами железа (см. рисунок). Углерод медленно диффундирует в железо, образуя сплав, ныне известный как аустенит.

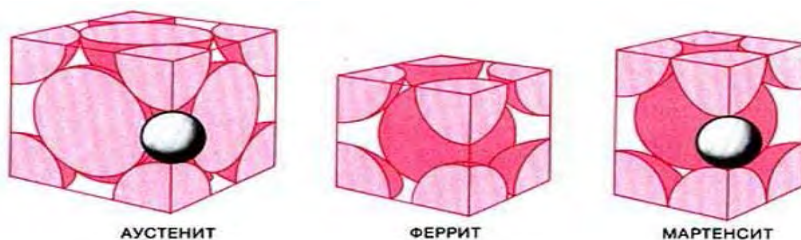


Рисунок 1 - Три формы кристаллов железа в сверхвысокоуглеродистой стали

При температурах выше 727°C устойчивая структура имеет кубическую решетку с атомами железа в центре каждой грани; атомы углерода (темные сферы) могут внедряться в эту гранецентрированную структуру между атомами железа, т.е. при высоких температурах углерод может растворяться в железе; образующийся раствор называют аустенитом. Если затем сталь охлаждать до комнатной температуры, кристаллы железа перейдут в объемно-центрированную кубическую форму, в которой мало места для углерода; эту фазу называют ферритом. Если же сталь охлаждается быстро (при закалке), атомы углерода удерживаются в искаженных тетрагональных объемно-центрированных кристаллах. Эта фаза, называемая мартенситом, имеет более высокую твердость, чем феррит.

Научный руководитель - Ляхевич Г.Д.

Профилированная мембрана

Тарасик Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Профилированная мембрана – рулонный материал с отформованными округлыми выступами, изготовленный на основе полиэтилена высокой плотности (ПВП). Отличительная особенность этого материала состоит в том, что он эффективно может применяться для создания дренажных и вентиляционных слоев в строительных конструкциях. Благодаря поверхности с множеством упорядоченных выступов (шипов), мембрана эффективно распределяет давление грунта по всей площади основания или фундамента зданий и сооружений, что исключает образование локальных (точечных) нагрузок.



Рисунок.1 - Профилированная мембрана из полиэтилена высокой плотности

Применение

защита основной гидроизоляции;

дренаж стен, фундаментов, эксплуатируемых кровель (в комбинации с дополнительным слоем из термически скрепленного геотекстиля);

вентиляция стен подземных и заглубленных частей зданий и сооружений;

замена бетонной подготовки;

Преимущества

высокое сопротивление продавливанию;

стойкость к агрессивным химическим соединениям, к воздействию грибов, корней деревьев, ультрафиолетового излучения;

простота монтажа;

экономичность - заменяет зернистые дренажные материалы.

Технология производства арматуры

Якушкин М.Е.

Белорусский национальный технический университет

Технологические операции по изготовлению арматуры состоят из приемки и транспортирования арматурной стали, правки, чистки, резки, гибки стержней, сварки сеток и каркасов, сборки пространственных каркасов и транспортирования готовых изделий на склад.

Арматурные изделия изготавливают централизованно на арматурно-сварочных заводах, а также в специальных цехах. На крупных предприятиях по производству арматурных изделий все технологические процессы механизированы и автоматизированы.

Наибольшее распространение получили такие установки как СМЖ-357 и правильно-отрезные автоматы ИВ-6118, СМЖ-288-2А, ГД-162, А КС-500.

Для изготовления арматурных сеток используют автоматизированные линии 7975/1, 7975/2, 7964, 7971, 7972, 7728А/3, 7728А/4...6, обеспечивающие изготовление сеток шириной от 800 до 3800 мм.

Элементы пространственных арматурных каркасов сваривают точечной контактной и дуговой сваркой. Универсальным оборудованием для изготовления легких каркасов небольших размеров являются одноточечные сварочные машины МТ-2201, МТ-1818, МТ-2102, МТ-2827, МТ-4218.

Сборку и сварку объемных арматурных каркасов из плоских сеток, стержней и других элементов производят на горизонтальной установке СМЖ-54В.



Рисунок 1 – Общий вид станка по производству канатной арматуры
Научный руководитель - Ляхевич Г.Д.

Коррозия цементного камня и способы защиты

Котило А.С.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, бетон не вечен и подвержен коррозии в условиях воздействия внешней природной среды. Коррозийные процессы, протекающие в бетоне, как правило, различаются на три основных вида (группы).

Биологическая коррозия. Этот вид коррозии изучен мало. Однако, видимо сводится в конечном итоге к какому-либо химическому виду. Так имеется много бактерий, которые выделяют углекислоту, что повлечет углекислотную коррозию. Некоторые бактерии могут окислять сульфаты сначала до сероводорода, а затем до серной кислоты. Отсюда и характер разрушения камня.

Электрохимическая и электроосмотическая коррозии. Источник— блуждающие токи (промышленные сети). Цементный камень—земля являются проводниками. В этой системе всегда возможен перенос ионов, отсюда возможны и электрохимическая и электроосмотическая коррозии. Следует отметить, что цементные камни, бетоны(фундаменты) обладают как правило определенным электрическим потенциалом по отношению к земле. Коррозия первого вида — разрушение цементного камня в результате растворения и вымывания некоторых его составных частей (коррозия выщелачивания). Коррозия второго вида происходит при действии на цементный камень агрессивных веществ, которые, вступая во взаимодействие с составными частями цементного камня, образуют либо легкорастворимые и вымываемые водой соли, либо аморфные массы, не обладающие связующими свойствами. Коррозия третьего вида объединяет процессы, при которых компоненты цементного камня, вступая во взаимодействие с агрессивной средой, образуют соединения, занимающие больший объем, чем исходные продукты реакции.

Защита бетона и других материалов от коррозии. Защита бетона и других материалов от коррозии вызывает большие расходы. Поэтому при строительстве зданий и сооружений необходимо прежде всего определить характер возможного действия среды на бетон, а затем разработать и осуществить нужные меры для предотвращения коррозии, которые в общем сводятся к следующему: 1) правильный выбор цемента, 2) изготовление особо плотного бетона, 3) применение защитных покрытий и облицовок.

Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.

Далидовская А.А.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день в условиях активного строительства транспортных сооружений возникает необходимость возведения новых наземных сооружений над уже существующими подземными. Однако данная задача является достаточно сложной, так как при возведении новых сооружений возможно нарушение напряженно-деформированного состояния грунта и возникновения недопустимых деформаций.

Для оценки влияния возводимых транспортных сооружений на существующие конструкции необходимо выполнять расчеты с применением современных расчетных программ. Использование общестроительных программ, работающих по методу конечных элементов, для моделирования работы грунта является самой распространенной ошибкой. Обычно в таких программах используются упругие модели, которые не способны правильно описать работу грунтов. Определение напряжений в грунтовом массиве представляет собой сложную задачу, так как под действием собственного веса в массивах грунтов всегда формируется начальное напряженное состояние и на него накладываются напряжения, возникающие от действия нового сооружения. Что касается напряженно-деформированного состояния грунта при приложении нагрузки, то оно вообще не может быть описано в стандартных строительных программах для расчета. Правильное численное моделирование должно выполняться с использованием специального геотехнического программного обеспечения.

Расчетная модель должна создаваться с учетом наиболее существенных факторов, определяющих напряженное состояние, деформации основания и конструкций сооружения (статической схемы сооружения, особенностей его возведения, характера грунтовых напластований, свойств грунтов основания, возможности их изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения и т.д.). Нормами рекомендовано учитывать пространственную работу конструкций, геометрическую и физическую нелинейность, пластические свойства материалов и грунтов. Трехмерное моделирование должно учитывать последовательность и технологию проведения всех работ по возведению сооружения.

Научный руководитель – Пастушков В.Г.

**Реконструкция моста через р.Туровка на км 23,439 автомобильной
дороги Р-51 Острино–Щучин–Волковиск**

Гулицкая Л.В., Шиманская О.С.

Белорусский национальный технический университет

Специалистами НИЛ МИС филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» в 2015 г. были выполнены работы по обследованию законченного капитальным ремонтом объекта «Автомобильная дорога Р-51 Острино – Щучин – Волковиск. Мост через р.Турья км 23,429. Корректировка. Устройство гофрированной трубы», на котором была выполнена замена моста схемой 1×9 м на гофрированную металлическую трубу переменного сечения с сохранением несущих конструкций моста в теле насыпи.

Конструкция ствола перехода – сборная стальная гофрированная конструкция ViaCon MultiPlate VN-14 из оцинкованных стальных гофрированных листов фирмы-производителя СООО «ВиаКон Технологии» на болтовых соединениях, имеет неправильную оваловидную форму. Габарит сооружения (внутреннее сечение) составляет 5,835×3,475 м, длина понизу – 26,6 м. Металлическая конструкция собиралась на объекте из отдельных листов с последующей протяжкой тела трубы под существующим мостом в проектное положение. На входе и выходе трубы уложены фундаментные блоки на слое щебня, под тело трубы – подстилающий слой нетканого иглопробивного геотекстиля Tipptex BS15, который равномерно распределяет нагрузки по всей площади, расположенной под ним, и действует в качестве грунтового фильтра. Засыпка тела трубы осуществлялась послойно (30 см) дренирующим грунтом с последующим уплотнением пневмотрамбовками.

Выбор варианта замены малого моста на трубу при выполнении соответствующего гидравлического расчета был обусловлен тем, что труба имеет более простую конструкцию и меньшую стоимость; не нарушает непрерывности земляного полотна; предусматривает при сооружении индустриальные, механизированные и скоростные методы; имеет значительно меньшие эксплуатационные расходы по содержанию; обладает меньшей чувствительностью к динамическому воздействию и увеличению временной подвижной нагрузки. Кроме того, металлическая гофрированная труба имеет ряд преимуществ по сравнению с бетонными сооружениями, а именно, оптимальное соотношение несущей способности и веса, отличная приспособляемость к грунтовым изменениям, скорость и удобство монтажа, сопротивление к разрушению.

Испытание усиленного перекрытия с целью возможности установки оборудования печатного производства

Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

С целью установления фактического технического состояния перекрытия производственного здания и возможностью транспортировки и установки специализированной машины печатного производства было выполнено натурное испытание. Ввиду наличия дефектов, а также от величины эксплуатационных нагрузок сборное железобетонное перекрытие было усилено металлической балочной клеткой.

В качестве испытательной нагрузки использовались телескопические погрузчики Manitou MT1740SL Turbo и Manitou MT1840A. Подача испытательной нагрузки осуществлялась автокраном с земли на специально смонтированную временную конструкцию, с которой погрузчики своим ходом заезжали на испытуемое перекрытие и устанавливались в определенных положениях. Расположение осей и колес в погрузчиках были максимально схожи с расположением осей такелажной тележки и с местами опор смонтированного оборудования.

Деформации в контрольных точках измерялись с использованием электронных тензодатчиков, полученные данные обрабатывались и выводились на персональный компьютер в режиме реального времени. Вертикальные перемещения конструкций определялись прогибомерами Максимова с ценой деления 0,1мм.

Результаты испытания показали, что установка предполагаемого печатного оборудования на перекрытие по специально разработанному проекту производства работ возможна. Основные показатели испытания снесены в таблицу.

Таблица 1 – Основные показатели испытания

Наименование параметров							
Упругий прогиб, мм		Напряжения в железобетонных конструкциях, МПа		$K = \frac{S_e}{S_{cal}}$		Остаточ ный прогиб, мм	α
Теорети ческий	Факти ческий	Теорети ческие	Фактиче ские	По прогибу	По напряже ниям		
1,5	0,7	5,08	4,4	0,47	0,87	0,1	0,07

УДК 624.21.014.2

Создание архитектурных решений металлических мостов с применением программного комплекса autodesk revit

Косяков А. Д.

Белорусский национальный технический университет

В качестве исходных данных выбран 2-х пролетный мост. Пролетное строение, длиной 51 м, состоит из двух главных балок, объединенных продольными и поперечными связями с помощью болтовых соединений. Несущая конструкция ездового полотна выполнена металлическим (ортотропным) настилом. Внутри пролетного строения имеется служебный проход, который дает доступ ко всем элементам и соединениям для дальнейшего обслуживания и ремонта. Проезжая часть шириной 6,5 м имеет две полосы движения, по одной в каждую сторону. Также имеет тротуары шириной по 2,5 м. На тротуарах установлены скамейки и элементы декора в виде клумб.

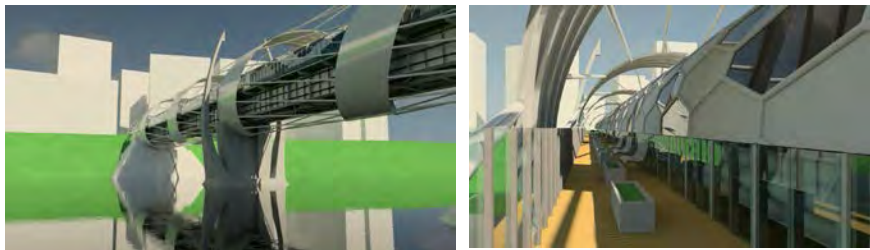
Было принято следующее архитектурное решение – проезжая часть ограждена от тротуаров защитным экраном. Это обеспечивает шумоизоляцию, защиту от выхлопных газов, что позволяет пешеходам находиться на мосту длительное время, и не ощущая дискомфорта, наслаждаться природой и архитектурой города. Заполнения ограждений выполнены из стекла. Также весь мост опоясывает спираль из листового металла между витками которого натянуты тросы.

Курсовой проект был создан в программном комплексе Autodesk Revit.

Были созданы семейства для каждого элемента конструкции, проработаны все соединения. Это позволило нам увидеть наглядно все болтовые соединения, а также создавать любые виды и чертежи автоматически.

Так же создание курсового проекта в программном комплексе Autodesk Revit позволило нам создавать сложные архитектурные решения, получить визуализацию всего проекта или каждой его части в отдельности.

Научный руководитель: ассистент А.Н. Вайтович.



Гидроизоляция методом торкретирования

Калацкий А.С.

Белорусский национальный технический университет

Торкретирование – прогрессивный способ нанесения на обрабатываемую поверхность одного или нескольких слоев раствора или бетона из цемента, песка, щебня или гравия и воды. Торкретирование обладает возможностью применения традиционной арматуры, или, с возможностью использования в качестве армирующих компонентов металлических (преимущественно стальных) или неметаллических фибр, осуществляемого под давлением сжатого воздуха при производстве работ, связанных с возведением, ремонтом или восстановлением несущих и ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений.

В результате нанесения раствора или бетона на поверхность под давлением образуется уплотненный слой торкрета, свойства которого отличаются от свойств обычного бетона или раствора. По сравнению с обычным бетоном торкрет обладает повышенной механической прочностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью, лучшим сцеплением с поверхностью обрабатываемой конструкции.

По способу нанесения различают сухой и мокрый метод нанесения.

Мокрый метод торкретирования - представляет собой метод пневматического распыления, при котором затворенная бетонная смесь, посредством специального бетононасоса (торкрет установка) подается к сопловому блоку для непрерывного набрызга под давлением в виде направленной струи.

Сухой метод торкретирования - представляет собой метод распыления, при котором цемент и заполнитель предварительно дозируются и перемешиваются перед подачей в специальный пневматический аппарат (торкрет установка) из которого под высоким давлением вводятся в поток сжатого воздуха и через систему шлангов и трубопроводов подаются на сопловой блок торкрет установки, где смачиваются впрыскиваемой под давлением водой и распыляются в виде направленной струи на место укладки торкрета.

Торкрет-бетон предназначается для устройства конструктивных несущих и защитных покрытий, наносимых на обрабатываемую поверхность различного строительного назначения: поверхность скальной (горной) породы, опалубки, кирпичной кладки, бетона, земельного грунта или поверхность предварительно нанесенного слоя торкрет-бетона и др.

Научный руководитель: Г.Д. Ляхевич.

Технология сварки серого чугуна

Калацкий А.С.

Белорусский национальный технический университет

Чугун имеет ряд специфических свойств и особенностей, которые требуется принимать во внимание перед его сваркой и требуют применения специальных технологий.

Чугуны относятся к металлам, которые тяжело поддаются свариваемости. Тем не менее, изделия и детали сваривают с помощью ручной дуговой, газовой и полуавтоматической сварки.

Низкие пластические свойства чугуна. Делает чугун способным к перенапряжениям и в результате сварки могут образовываться трещины.

Выгорание углерода при сварке. В результате выгорания образуется окись СО, которая способствует образованию пор при сварке.

Перед сваркой и ремонтом литья из чугуна, всегда желательно, чтобы поверхность под сварку была гладкой и чистой. Чистота поверхности обеспечивает очень хорошее качество сварки, а также защищает чугун от растрескивания. Сварка чугуна может осуществляться в двух направлениях: сварка чугуна с предварительным подогревом – горячая или полугорячая, холодная сварка чугуна – без предварительного нагрева, Технология полуавтоматической MIG MAG сварки.

Осуществляют сварку для исправления дефектов литья, при выполнении ремонтных работ для исправления дефектов, возникших в процессе эксплуатации и при изготовлении литосварных чугунных конструкций. Ручная дуговая сварка выполняется с применением специальных стержней, называемых электродами, подбор марки которых зависит от:

- вида сварки (холодная, горячая);
- вида, марки и толщины изделия;
- технологии выполнения процесса сварки;
- требований к качеству полученного шва.

Для осуществления сварки применяют электроды, которые могут быть плавящимися и неплавящимися.

Перед сваркой и ремонтом литья из чугуна, всегда желательно, чтобы поверхность под сварку была гладкой и чистой. Чистота поверхности обеспечивает очень хорошее качество сварки, а также защищает чугун от растрескивания. Сварка чугуна может осуществляться в двух направлениях.

Научный руководитель: Г.Д. Ляхевич

**Мониторинг линейных деформаций строительных конструкций
транспортных сооружений методом тензометрии**

Кисель М.А.

Белорусский национальный технический университет

Система диагностики и мониторинга состояния строительных конструкций транспортных сооружений предназначена для выявления объектов с деформациями несущих конструкций или крена, возникающих при воздействии на нее внешних нагрузок, температурных полей и других факторов.

С помощью методов и средств тензометрии по результатам исследований элементов конструкции выявляются причины деформаций, отыскиваются конструктивные решения, появляется возможность изучения влияния различных факторов на прочность конструкций и т.п.

Тензорезисторы предназначены для измерения напряжений, возникающих на поверхности различных деталей. С помощью тензорезисторов можно измерять степень сжатия и растяжения, скручивания, изгиба, и рассчитать прикладываемые к изделию силы.

Тензорезисторы используются для измерения деформации в твердых телах. На их основе строят датчики веса, давления, силы, перемещения, момента, ускорения, вибрации, натяжения, крутящего момента, остаточных напряжений в механических конструкциях и деталях машин после их обработки и т.д. Принцип действия тензорезистора основан на изменении электрического сопротивления твердого тела при его деформации приложенной силой.

Серийные тензодатчики имеют сопротивление от 30 Ом до 3 кОм при типовых значениях 120 Ом, 350 Ом и 1 кОм. Материалом для тензорезисторов служит константан (45% Ni, 55% Cu), платина и ее сплавы, нихром (80% Ni, 20% Cr), манганин (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni), никель и др.

Измерения с помощью тензодатчиков требуют регистрации очень малых изменений сопротивления. Например, относительное изменение сопротивления, вызываемое относительным растяжением 0,0005 при тензорезистивном коэффициенте, равном 2, составит 0,1%, что для тензодатчика сопротивлением 120 Ом эквивалентно сопротивлению всего лишь 0,12 Ом. Чтобы измерять столь малое изменение сопротивления и скомпенсировать температурную погрешность, тензодатчики практически всегда используют в мостовой схеме подключенной к источнику напряжения или тока (источнику питания моста).

Применение BIM-технологий на стадии эксплуатации зданий и транспортных сооружений

Кисель М.А.

Белорусский национальный технический университет

Для решения задач эксплуатации «уникальных» зданий и транспортных сооружений существует и активно развивается технология информационного моделирования зданий – BIM. Неоспоримым плюсом BIM - технологии является симуляция различных процессов, как на этапе строительства, так и при эксплуатации объекта. В целях реализации комплексной надежности инженерных коммуникаций и конструкций зданий необходимо рассматривать мониторинг технического состояния зданий и сооружений как элемент единой функциональной системы управления зданием (сооружением).

Сокращение затрат на эксплуатацию элементов конструкции инженерных систем зданий и сооружений. Эксплуатация здания – это 80% стоимости владения: коммунальные платежи 25%, затраты на персонал 40%, ремонт 10%, утилизация 5%.

Сооружение с низкими эксплуатационными затратами является экономически эффективным. Одним из путей повышения экономической эффективности сооружения – это применение технологии информационного моделирования зданий (BIM) и автоматизированная система управления зданием (BMS).

Информационная модель здания и автоматизированная система управления зданием в комплексе – это контроль, мониторинг и оптимизация функционирования инженерных систем здания для обеспечения оптимальных условий минимальными затратами. В общем итоге экономия до 40% затрат на эксплуатацию, снижение общей стоимости владения зданием до 30%.

Моделирование режимов эксплуатации, приводящих к износу конструкций и инженерных систем зданий в будущем. Информационное моделирование объектов строительства – это совершенно новый подход к проектированию, строительству, эксплуатации и ремонту здания. Уже на первых этапах для приемки и постановки на баланс зданий и сооружений эта технология позволяет провести сверку активов проверить технологию и соответствие по все разделам и увидеть были ли отступления от проекта при строительстве. Кроме этого данная технология позволяет смоделировать и рассчитать износ и возможные разрушения зданий в процессе будущей эксплуатации.

**Диагностика
и управление качеством
автомобильных дорог**

**Научное обеспечение Государственной программы по развитию
и содержанию автомобильных дорог
в Республике Беларусь на 2015–2019 годы**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-транспортный комплекс Республики Беларусь играет важную роль, как в экономике страны, так и в развитии и поддержании международных культурно-экономических связей.

В докладе министра транспорта и коммуникации Анатолия Сивака «Итоги работы транспортного комплекса Республики Беларусь в 2015 году и задачах по его развитию» на расширенном заседании коллегии министерства дан глубокий анализ состояния транспортной отрасли и определены задачи на 2016 год. В области дорожного строительства эти задачи увязаны с общей стратегией развития дорожного хозяйства, которая изложена в Государственной программе. Основными направлениями ее являются: строительство МКАД-2; реконструкция ряда грузонапряженных участков, на существующих магистральных дорогах; выполнение ремонтов дорог, мостов и путепроводов в объемах обеспечивающих поддержание их в требуемом эксплуатационном состоянии и создающих условие для круглогодичного бесперебойного и безопасного движения транспорта; дальнейшее развитие системы придорожного сервиса и повышения экологической безопасности окружающей среды.

Успешное выполнение Государственной программы неразрывно связано с решением многих научных проблем. Среди них проблемы по нормативно-творческой деятельности в сфере дорожного хозяйства; комплексной механизацией работ по строительству, содержанию и ремонту автомобильных дорог; разработки и внедрению прогрессивных энергосберегающих технологий на предприятиях дорожного комплекса; научному обоснованию системы управления дорогами с учетом современной информатики и телекоммуникации; обеспечению высококвалифицированными научными инженерными кадрами всех структур транспортной отрасли с организацией планомерной их подготовки, аттестации, переподготовке и повышении квалификации и некоторые другие.

В основе всей научной и практической стратегии развития дорожно-транспортного комплекса нашей страны на современном этапе лежат 2 основных принципа. Автомобильные дороги должны быть интеллектуальными и полностью отвечать коммуникативным требованиям динамично развивающемуся информационному обществу. И второй – автомобильные

дороги как инженерное сооружение должны строиться с учетом «вечного» сохранения их дислокации и возможностей периодической реновации, обеспечивая тем самым перманентную эксплуатацию. Фактически эти стратегические принципы и положены в основу Государственной программы по дорогам на 2015-2019 г.г.

УДК 625.76

Диагностика автомобильных дорог – наука об их эксплуатационном состоянии и практика постоянного управления ими*

Шейко Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги – это постоянно действующие транспортные сооружения. Для непрерывного обеспечения требуемых качеств по установленным критериям организуется их содержание и ремонт. Критерии качества в диагностике дорог могут быть разбиты на группы: Техничко-эксплуатационные, транспортно-эксплуатационные, коммуникативные, экологические и архитектурно-эстетические. К ним относятся: прочность дорожной конструкции, степень износа покрытия, ровность дорожного покрытия, шероховатость, сцепление, яркость поверхности, снегозащитенность, обеспеченная видимость, яркость поверхности, коммуникативная скорость, пропускная способность, безопасность движения, экологичность окружающей среды и др.

Эти критерии базируются на достаточно прочном научном фундаменте, который изложен в трудах ученых в т.ч. профессоров В.Ф. Бабкова, А.П. Васильева, И.И. Леоновича, В.Н. Яромко, кандидатов технических наук С.В. Богдановича, И.В. Нестеровича и др. Значительные научные исследования проводятся в лабораториях Г.П. «БелДорНИИ». Практическая сторона диагностики автомобильных дорог направлена на разработки и использование методов контроля качества дорог как непосредственно на действующих объектах, так и на специально подготовленных образцах элементов дорожных конструкций. В Республики Беларусь практически все работы по диагностике дорог ведутся сотрудниками РУП «Белдорцентр» (Н.И. Чернюк, В.В. Голубев, Ю.В. Буртыль, Я.Я. Новгородский и др.).

На кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» БНТУ студенты специальности «Автомобильный дороги» изучают теоретический курс по диагностике дорог, проводят лабораторные работы, разрабатывают курсовые и дипломные проекты. Связь учебного процесса по диагностике автомобильных дорог с наукой и реальной диагностической практикой созда-

ют надежный учебно-научный-производственный комплекс по важнейшему направлению эксплуатации сети автомобильных дорог страны.

*Научный руководитель профессор, доктор технических наук
Леонович И.И.

УДК 625.7.

Диагностика работы мостового полотна и усиление его защитного слоя

Артимович В.С. Бусел А.В.

Белорусский национальный технический университет

Диагностика мостов, проведенная в последние годы показала, что на каждом третьем сооружении гидроизоляция находится в неудовлетворительном техническом состоянии. Повреждение гидроизоляции влечет за собой попадание влаги и химических противогололедных реагентов непосредственно на несущие конструкции. Основным элементом мостового полотна, предотвращающим разрушение гидроизоляции, является защитный слой из армированного бетона.

Значительный рост грузового транспортного потока, в котором преобладают автомобили общей массой 21 т и выше и нагрузкой на ось 7 т и выше, приводит к тому, что контактные напряжения в бетоне защитного слоя от реальной нагрузки значительно превышают их уровень от нормативной нагрузки. При скорости транспортного средства 90 км/час интервал наезда колеса трехосной тележки на одну и ту же точку составляет всего 0,05 с, т.е. в бетоне возникает наложение нагрузок. При действии часто повторяющихся высоких напряжений происходит накопление остаточных деформаций и разрушение бетона защитного слоя в пределах колеи.

Кроме того, при таких нагрузках железобетонные пролетные строения могут прогибаться до 6 см на пролетах 24 м и до 9 см на пролетах 33 м. При этом в защитном слое возникают циклические напряжения сжатия и растяжения до 20 МПа. Если используются преднапряженные пролетные строения, которые имеют строительный подъем, то в этом случае защитный слой работает на изгиб совместно с пролетным строением. При этом в нем могут возникать сжимающие напряжения до 14 МПа. При таких циклических нагрузках избежать трещин практически невозможно. Учитывая то, что согласно ТКП 45-3.03-232 толщина бетонного защитного слоя должна быть не менее 60 мм, но ограничена по условиям избыточного нагружения несущих конструкций, необходимо обеспечить гибкость такого относительно тонкого слоя без нарушения его сплошности. Таким образом, трещины в бетоне защитного слоя являются серьезной проблемой. В

них происходит попеременное замораживание и оттаивание воды, которая фильтрует через асфальтобетонное покрытие. Вода, увеличиваясь в объеме при размораживании, разрушает структуру бетона. Синергетический разрушающий эффект наблюдается при совместном действии растворов противогололедных реагентов и их замораживании-оттаивании. Это провоцирует дальнейшее раскрытие и развитие трещин и дальнейшее разрушение гидроизоляции.

Для решения указанной проблемы предлагается метод упрочнения защитного слоя путем введения в него оксидированной шероховатой фибры, которая устойчива к действию противогололедных реагентов и сшивает структуру бетона, предотвращая ее растрескивание при указанных деформациях. В данный момент на Белорусском металлургическом заводе производят стальную фибру, которая после специальной обработки может быть использована для армирования защитного слоя. В отличие от полимерной фибры [1], которая со временем стареет и становится хрупкой, металлическая фибра с антикоррозионным покрытием обладает явным преимуществом.

Литература

1. Бусел А.В., Смыковский А.И., Чистова Т.А. Перспективы применения тонкослойных цементобетонных дорожных покрытий в условиях роста транспортных нагрузок. /Технологии бетонов №2 (19), 2008г. 68-70 с.

УДК 625.7.

Экологические аспекты использования техногенных сырьевых материалов в дорожном строительстве

Васильева Е.И., Бондаренко С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Строительная отрасль является основным потребителем природных ресурсов, а так же одним из главных источников выбросов углекислого газа. Так как в последнее время все больше внимания уделяется сохранению природных ресурсов, нынешняя строительная практика должна быть оценена с точки зрения экологической эффективности.

В нашей стране сеть автомобильных дорог по большей части имеет асфальтобетонное покрытие, по причине их низкой первоначальной стоимости. Однако, в последнее время, возрастает интерес к цементобетонным покрытиям, за счет таких преимуществ, как большая прочность и долговечность, а так же малые затраты на ремонт и содержание. Различия в используемых материалах и технологиях по устройству бетонных и асфаль-

тобетонных покрытий приводят к значительным отличиям в воздействии на окружающую среду.

В Республике Беларусь дорожное строительство в первую очередь отталкивается от уменьшения затрат на первоначальную стоимость строительства, а так же вопросов охраны окружающей среды. Исходя из этого, предлагается сравнить жизненный цикл дорожных покрытий, устроенных на основе традиционных материалов и с добавками различных техногенных материалов. Для оценки жизненного цикла рассчитываются затраты на строительство, ремонт и содержание, а так же утилизацию по истечению срока службы.

Принятие решений в дорожном строительстве должно основываться на ресурсо- и энергосбережении в течение всего жизненного цикла дорожных покрытий. Сравнение жизненного цикла различных бетонных покрытий основывается на оценке потребления ресурсов, а так же определении выбросов углекислого газа. Предполагается, что использование техногенных материалов уменьшит ресурсопотребление, а так же сократит выброс вредных газов в атмосферу.

Использование золы (продукта сжигания угля на электростанциях) в качестве цементного клинкера уменьшает выбросы парниковых газов в окружающую среду. Использование шлаков (побочного продукта выплавки стали) снижает выбросы углекислого газа при транспортировке к месту строительства бетонных покрытий на короткие расстояния.

УДК 625.7

Диагностика качества движения транспортного потока в зоне дорожной развязки в разных уровнях

Вишняков Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Безопасность движения на пересечениях в разных уровнях зависит от интенсивности движения потоков автомобилей, проходящих через конфликтные точки, количество и степень опасности которых определяется схемой развязки. Наиболее опасными для движения являются пересечения в разных уровнях типа «клеверный лист». Приведённый в открытых источниках анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях позволяет установить места концентрации ДТП на таких пересечениях. Наиболее опасными участками пересечений в разных уровнях типа «клеверный лист» являются места въезда на левоповоротный съезд (до 40% от ДТП на транспортных развязках в разных уровнях). На выездах с лево и правоповоротных съездов преобладают ДТП в виде столкновения транспортных

средств (44 %) второстепенного направления друг с другом, а также транспортными средствами, движущимися по пересекающимся автодорогам. Наиболее сложными для движения являются межпетлевые участки пересечений типа "клеверный лист", на которых трудно организовать движение. Они значительно снижают среднюю скорость движения транспортного потока и резко уменьшают пропускную способность дороги. На участках переплетения происходит значительное количество дорожно-транспортных происшествий. Для проведения экспериментальных исследований режима движения транспортных потоков, распределение зазоров между транспортными средствами, распределение минимальных интервалов между движущимися друг за другом транспортными средствами и распределение транспортных средств по полосам на участках переплетения пересечений в разных уровнях были использованы имитационные математические модели. В модель транспортного потока PTV Vision® VISSIM используется психофизиологическая модель восприятия Вайдеманна в основу которой заложены модель следования за впереди идущим транспортным средством) с целью отображения движения в колонне за впереди идущим транспортным средством по одной полосе движения и модель смены полосы движения.

В имитационной модели транспортного потока рассматривались реальные дорожные развязки Республики Беларусь с реальной интенсивностью движения ТС. В процессе эксперимента поэтапно увеличивалась интенсивность движения на дорожной развязке, до момента образования затора. В результате моделирования движения транспортного потока с виртуальных детекторов работающих в режиме частоты получения данных 1/10 секунды были получены данные для анализа межпетлевых участков дорожных развязок. Данный анализ показал что, на режим движения транспортных средств вливающих в транспортный поток по основной дороге влияет интенсивность движения выезжающих на главную дорогу с лево и право поворотных съездов, качества планировочного решения, а так же состав движения и разрешенная скорость движения на главной дороге. Так же при увеличении плотности транспортного потока в зоне перестроений (разветвление, слияние и переплетение потоков) происходит уменьшение динамического габарита и интервала между транспортными средствами. На начальных стадиях образования затора на правых полосах движения происходит резкое увеличение плотности потока. Это влияет на скорость и пропускную способность полос расположенных левее. Образуется волна затора которая влияет на соседние полосы и распространяется против хода движения транспортного потока.

Материальное стимулирование труда в дорожных организациях

Югбардис А.А., Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях одним из ключевых условий эффективности существования предприятия является развитие и рациональное использование трудовых ресурсов. Именно они осуществляют взаимную увязку всех остальных ресурсов и факторов экономической деятельности, обеспечивая достижение поставленных целей.

Для преодоления сложившейся ситуации необходимо создавать на предприятии такую систему стимулирования труда, которая удовлетворит цели, как работников, так и организации.

Материальное денежное стимулирование – это разновидность стимулирования, регулирующая поведение объекта управления на основе использования различных денежных выплат.

Материальное денежное стимулирование проявляется в следующих формах: заработная плата, доплаты, надбавки, премии.

В системе стимулирования труда заработная плата занимает ведущее место. Она является главным источником повышения благосостояния трудящихся, поскольку составляет три четверти их доходов.

Доплатам свойственны черты поощрительных форм материального стимулирования, доплата является формой вознаграждения за дополнительные результаты труда, за эффект полученный на конкретном участке.

Важнейшим направлением материально денежного стимулирования является премирование. Премирование мотивирует сильнее, чем ежегодное повышение заработной платы. Для того чтобы премия играла роль действенного стимулирующего фактора, ее величина, должна составлять не менее 30% основного заработка.

Материальное не денежное стимулирование – это разновидность стимулирования, регулирующая поведение объекта управления на основе использования тех материальных благ, которые в условиях конкретной системы хозяйствования принципиально в рамках законного поведения не могут приобретаться за деньги или же являются дефицитными.

В современных условиях экономики Республики Беларусь материальные не денежные стимулы могут особенно широко использоваться в связи с невыплатами и потому невозможностью эффективного денежного стимулирования.

УДК 658 (075.8)

**Управление дорожно-эксплуатационными организациями
на принципах менеджмента качества**

Хаданович А.В. Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Система менеджмента качества (СМК) распространяется на процессы связанные с производством строительно-монтажных работ и деятельность всего персонала и ориентирована на выполнение требований, учет интересов и достижение удовлетворенности потребителей.

СМК в дорожных организациях разрабатывается применительно к деятельности организации на основе 8 принципов: ориентации на потребителя; лидерство руководителя; вовлечение работников; процессный подход; системный подход к менеджменту; постоянное улучшение; принятие решений, основанных на фактах; взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Для осуществления менеджмента действующих процессов в дорожных организациях: осуществляется мониторинг, измерение и анализ этих процессов; принимаются меры, необходимые для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения этих процессов; разрабатывают комплект документов регламентирующих деятельность персонала в рамках функционирования СМК.

Основной целью своей деятельности в области качества является совершенствование системы менеджмента качества, необходимое для улучшения всех процессов СМК, улучшения качества выпускаемой продукции, достижения удовлетворенности потребителей продукцией, расширение партнерских связей, улучшение имиджа, роста благосостояния каждого работника.

Предприятие осуществляет идентификацию строительных работ соответствующими средствами на всех стадиях ее жизненного цикла. Идентификация работ выполняется на всех этапах производства от приемки материалов, изделий до сдачи законченного строительством объекта заказчику.

Для принятия решений по улучшению СМК, основанных на фактах, высшее руководство должно использовать мониторинг, измерение, анализ и улучшение процессов и продукции и результаты внутренних аудитов, которые служат для оценки результативности и эффективности СМК.

Регламентирование профессиональных функций работников должностными инструкциями

Грудько Т.А., Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Разработка должностных инструкций происходит с участием кадровой службы организации. Наличие должностной инструкции, в первую очередь, выгодно нанимателю. Она необходима при приеме на работу и увольнении, при организации труда, и для обоснованного привлечения работника к дисциплинарной (или материальной) ответственности, и в части документооборота и т.д. Поэтому при наличии или введении в штатное расписание должности для нее в обязательном порядке следует разработать соответствующую должностную инструкцию.

Должностная инструкция является локальным нормативным правовым актом, что означает, что должностная инструкция составляется на должность и она нацелена на регулирование должностных обязанностей неопределенного круга работников, а не на конкретного работника.

Единый порядок составления инструкции нормативными правовыми актами не предусмотрен. Каждый наниматель решает эти вопросы самостоятельно, не забывая о требованиях, определенных Инструкцией по делопроизводству в государственных органах и организациях Республики Беларусь, утвержденной постановлением Минюста Республики Беларусь. Должностная инструкция может являться приложением к трудовому договору либо утверждаться как самостоятельный документ (локальный нормативный правовой акт) и разрабатывается и утверждается в организации самостоятельно. Наниматель определяет ответственного за разработку должностных инструкций, а также необходимость и порядок их согласования.

Алгоритм разработки и утверждения должностной инструкции:

1. Разработка и утверждение локального нормативного правового акта.
2. Разработка и утверждение положений о структурных подразделениях.
3. Разработка должностной инструкции.
4. Согласование должностной инструкции.
5. Утверждение должностной инструкции и её регистрация.
6. Тиражирование должностной инструкции в требуемом количестве экземпляров, передача (рассылка) рабочих экземпляров должностной инструкции по структурным подразделениям и помещение контрольного экземпляра должностной инструкции в дело, его последующее хранение до передачи в архив или на уничтожение.
7. Ознакомление с должностной инструкцией.

Автомобилизация в различных странах мира

Ходан Е.П., Мороз В.А.

Белорусский национальный технический университет

Автомобилизация – это оснащенность населения автомобилями. Уровень автомобилизации – это уровень потребления и достатка населения. Транспорт, наряду с другими инфраструктурными отраслями, обеспечивает базовые условия жизнедеятельности общества. Он является одним из главных инструментов достижения социальных, экономических, внешнеполитических целей. Беларусь насчитывает 293 автомобиля на 1000 жителей по информации на 2015 год, и она занимает первое место среди стран СНГ. В собственности населения нашей страны находятся 2774832 легковых автомобиля. В теории это означает, что почти в каждой семье есть автомобиль. Кроме легковых автомобилей, в собственности физических лиц есть коммерческий транспорт, прицепы и полуприцепы, автобусы и мототехника - от квадроциклов до скутеров. В Беларуси есть представители и редких марок - Lamborghini (2 экземпляра), по 3 экземпляра Maybach и Lotus, 4 - Ferrari, 6 экземпляров Rolls-Royce и более десятка Aston Martin и Maserati. Самые распространенные марки среди предприятий и организаций - ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, Volkswagen и Skoda. В регионах самый распространенный служебный автомобиль - ВАЗ, а в столице - Volkswagen. В мире насчитывается более 7 млрд человек и 1 млрд легковых автомобилей. Средний уровень автомобилизации – 140 автомобилей на 1000 жителей.

Автомобилизация Беларуси в 2 раза выше, чем в среднем по миру. Самый большой автопарк в США (252,7 млн. штук) и Китае (101,4 млн. штук). Самая низкая обеспеченность населения автомобилями в Африке (менее 10 на 1000 жителей). Лидером рейтинга по обеспеченности автомобилями в Европе оказалась Исландия (650 шт.). Также в тройку лидеров попали Литва и Италия.

Высокой обеспеченностью легковыми автомобилями, свыше 500 автомобилей на тысячу жителей, обладают Финляндия, Австрия, Германия, Швейцария, Словения, Польша, Великобритания. Здесь каждый второй владеет легковым автомобилем. Ирландия в этом рейтинге, благодаря своему показателю, оказалась лишь в третьей десятке. Россия занимает 28-ую строчку европейского рейтинга. Обеспеченность легковыми автомобилями ниже российского уровня показали из европейских стран только Сербия (247 шт.), Румыния (235 шт.), Украина (162 шт.), Турция (124 шт.), Албания (123 шт.).

**Информационные технологии в дорожном хозяйстве
Республики Беларусь**

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь разработкой и внедрением информационных технологий, анализом и прогнозированием экономических параметров, диагностике, инженерно-техническим сопровождением и внедрением современных технических систем управления функционированием дорожного хозяйства занимается РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр».

На базе предприятия действует Информационный центр дорожного хозяйства, который предназначен для обеспечения работников дорожного хозяйства актуальной информацией об автомобильных дорогах и сооружениях на них, их параметрах, характеристиках, условиях функционирования.

В состав Информационного центра входят ряд приложений корпоративной информационно-аналитической системы, таких как:

- Корпоративный банк данных «Дорога» - сбор, хранение и обработка информации о параметрах, транспортно-эксплуатационном и техническом состоянии автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь и сооружений на них; реорганизация параметров базы данных в связи с приемом, передачей дорог (участков); учет и анализ ДТП; оценка эксплуатационного состояния автомобильных дорог; формирование аналитической отчетности.

- Система управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог «Ремонт».

Предназначена для автоматизации работ по определению фактического и прогнозированию перспективного транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог общего пользования, ремонтных мероприятий и средств для доведения состояния сети дорог до уровня нормативных требований, работ по определению оптимальных стратегий ремонта и потребности средств на их проведение.

- Система управления состоянием мостов «Белмост».

Программный продукт «БелМост» представляет собой базу данных по искусственным сооружениям Республики Беларусь. Предназначен для сбора, хранения и обработки информации о параметрах и конструктивных элементах искусственных сооружений, проведенных ремонтах и осмотрах, а также для получения отчетных форм.

- Геоинформационная система кадастра автомобильных дорог «RoadGis»– предназначенная для сбора, хранения, поиска и манипулирования данными о территориальных объектах.

- Автоматизированная система управления зимним содержанием автомобильных дорог «Зима»;

- Информационно-поисковая система «Фонд документов дорожного хозяйства».

Программное средство является поисковой системой и предназначено для обеспечения специалистов дорожного хозяйства нормативными и вспомогательными документами, которые применяются при проектировании, строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог и искусственных сооружений на территории Республики Беларусь.

- Автоматизированная система оформления специальных разрешений «Оформление спецразрешений ТКТС» .

Система предназначена для автоматизации процесса оформления специальных разрешений, предоставления дополнительных возможностей перевозчикам по подаче заявлений на проезд ТКТС, сокращения сроков оформления специальных разрешений, снижения бумажного документооборота.

- Учет и анализ дорожно-транспортных происшествий;

- Управление трудовыми ресурсами «Персонал»;

- Пакет программ обработки бухгалтерской и статотчетности;

- Программный комплекс «Арм строителя»;

- Поисковая система «Фонд технологических карт»;

- Программное средство «Дислокация дорожных знаков»;

- Учет и анализ балансовой стоимости автомобильных дорог.

Программное средство позволяет выполнять комплекс работ по учету балансовой стоимости (БС) автомобильных дорог, расчету амортизации, переоценке, отражению изменения БС выполненными работами, приемом-передачей основных средств; формированию отчетных документов, отражающих изменение БС за отчетный период. Алгоритм базируется на нормативных правовых актах, ТНПА и ДМД, действующих в дорожном хозяйстве.

- Программное средство автоматизации «Учет наличия техники» и другие.

Данные приложения систематизируют реальную информацию состояния сети автомобильных дорог Республики Беларусь и направлены на оперативное и качественное ведение работ в дорожном хозяйстве.

**Оптимизация процессов зимнего содержания
улично-дорожной сети г. Минска**

Глинский Д.В., Куприянчик А.А., Соболевская С.Н.
Белорусский национальный технический университет

Зимнее содержание улично-дорожной сети (УДС) - комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойного дорожного движения на улично-дорожной сети города в зимний период, включающий защиту улично-дорожной сети города от снежных заносов, ликвидацию зимней скользкости и очистку от снега в соответствии с требованиями СТБ 1291 и ТКП 100.

Руководство и координация работ по организации зимнего содержания осуществляется Государственным производственным объединением «Горремавтодор Мингорисполкома». Для принятия оперативных управленческих решений при зимнем содержании улично-дорожной сети владельцами УДС г. Минска обеспечивается организация работы диспетчерской службы с целью круглосуточного сбора, анализа, приема и передачи информации о погоде и дорожных условиях.

При зимнем содержании УДС г. Минска круглосуточно предусматриваются три степени сложности выполнения работ – I, II и III. При I степени сложности работы выполняются в штатном режиме имеющимися в наличии силами и средствами (снегоочистка, распределение ПГМ, и т.п.) с целью устранения незначительных препятствий дорожному движению.

II степень сложности объявляется при опасности возникновения препятствий движению на УДС г. Минска (вследствие наступления сложных погодных условий или других неблагоприятных явлений). Объявление II степени сложности осуществляется руководителями предприятия ГПО «Горремавтодор Мингорисполкома». Для выполнения работ привлекается максимальное количество собственных сил и средств.

III степень сложности объявляется при опасности возникновения серьезных препятствий движению на УДС г. Минска (вследствие наступления экстремальных погодных условий или других неблагоприятных явлений). Объявление III степени сложности осуществляется руководителем ГПО «Горремавтодор Мингорисполкома» по согласованию с Мингорисполкомом. Для выполнения работ привлекается максимальное количество собственных сил и средств, а при необходимости – и других предприятий.

Организация работы при всех степенях сложности отражается в материалах инженерной подготовки.

Организация работы дорожно-патрульной службы

Глинский Д.В., Куприянчик А.А., Соболевская С.Н.
Белорусский национальный технический университет

Дорожно-патрульная служба (далее - ДПС) создается в специализированных организациях по содержанию улично-дорожной сети в виде бригад. ДПС осуществляет регулярное патрулирование дорог с целью принятия мер по предупреждению возникновения перерывов в движении транспортных средств, общей оценки состояния улично-дорожной сети по маршруту патрулирования и информирования должностных лиц предприятий осуществляющих содержание улично-дорожной сети. Периодичность проведения патрульных осмотров улиц населенных пунктов предприятиями, в хозяйственном ведении которых они находятся, устанавливается организациями-владельцами улиц для своевременного учета дефектов улиц населенных пунктов и их ликвидации в директивные сроки, установленные СТБ 1291.

Бригада ДПС оснащается специальным грузопассажирским автомобилем, необходимым инструментом и инвентарем, а также средствами организации дорожного движения. Разрабатывается маршрутная схема, на которой указывается последовательность и время патрулирования дорог, отмечаются особо опасные для движения места. Патрульные осмотры рекомендуется осуществлять на всем протяжении улиц населенных пунктов, относящихся к 1 уровню требований, – ежедневно, относящихся ко 2 уровню требований, – не реже двух раз в неделю, относящихся к 3,4 уровням требований, – не реже одного раза в неделю.

Состав работ включает:

- наблюдение за состоянием дорог и дорожных сооружений;
- выявление фактов нарушения Правил пользования автомобильными дорогами и дорожными сооружениями;
- устранение мелких повреждений элементов дорог, ликвидацию возникших помех, препятствующих нормальному движению транспортных средств, а при невозможности немедленного выполнения указанных работ – ограждение этих мест с установкой соответствующих временных знаков;
- выявление участков, на которых скользкость образуется чаще всего, и в первую очередь - участков со снежными заносами; осуществление регулярной связи (не менее одного раза в два часа) с диспетчером (дежурным).

Система инженерного обустройства автомобильных дорог

Матвицевский И.А., Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Инженерное обустройство дорог представляет собой комплекс средств, обеспечивающих организацию и безопасность движения подвижного состава. Этот комплекс включает в себя дорожные знаки, дорожную разметку, ограждения, направляющие столбики, места стоянки транспорта и отдыха пассажиров, посадочные площадки, средства связи. С точки зрения безопасности движения наиболее важными средствами обустройства дорог являются дорожные знаки и дорожная разметка. Для управления дорожным движением применяют знаки со сменной информацией, символы знаков в этом случае заменяют механическим или светотехническим способом, вручную или с помощью автоматизированных систем. Разметка четко выделяет полосы движения, границы проезжей части, элементы поперечного профиля дороги. Эффективность разметки определяется ее видимостью в любое время суток и при любых погодных условиях.

Необходимыми составляющими качества автомобильных дорог являются озеленение дорог, декоративное и инженерное обустройство дорог. Озеленение и обустройство осуществляются в процессе строительства дорог и постоянно совершенствуются при их содержании и ремонтах. К основным элементам инженерного обустройства относятся снегозащитные и декоративные насаждения, малые архитектурные формы, системы маршрутного ориентирования, предприятия и базы дорожного сервиса. Снегозащитные насаждения создаются в местах возможных снеготаносов дороги. Они представляют собой лесные снегозадерживающие полосы из деревьев и кустарников различной высоты. В зависимости от объема снегоприноса они размещаются на расстоянии от 15 до 50 м, а их структура может состоять из двух и более рядов деревьев. Декоративные насаждения выполняют эстетические функции, а, кроме того, способствуют защите окружающей среды от выбросов пыли и вредных воздействий выхлопных газов автомобилей. Озеленение устраивают с учетом соблюдения принципов ландшафтного проектирования, охраны природы, обеспечения естественного проветривания дорог, защиты природных территорий от шума. Большую роль на автомобильных дорогах играют малые архитектурные формы, которые способствуют созданию комфорта для пользователей дорог и вносят вклад в развитие культурно-исторических традиций.

Система контроля качества при устройстве цементобетонного покрытия

Матвицевский И.А.

Белорусский национальный технический университет

Оценка качества цементобетонных покрытий это сложный процесс контроля от момента приготовления цементобетонной смеси до момента сдачи в эксплуатацию.

На начальном этапе основными критериями при приготовлении цементобетонной смеси являются:

качество материалов, используемых для приготовления цементобетонной смеси;

показатель удобоукладываемости бетонной смеси и объем вовлеченного воздуха,

прочность бетона путем испытания трех контрольных образцов-балочек, влажность заполнителей (проверяется также в случае выпадения осадков) – не реже одного раза в смену; морозостойкость бетона.

На этапе строительства покрытий и оснований из монолитного бетона следует контролировать:

соблюдение технологических режимов бетонирования и ухода за бетоном, устройство и герметизацию швов, правильность установки арматуры и прокладок швов, стойкость кромок боковых граней и сплошность поверхности покрытия – постоянно;

правильность установки копирных струн – перед началом бетонирования;

прочность бетона путем формовки с последующим испытанием трех контрольных образцов-балочек – не реже одного раза в смену и при изменении качества смеси на месте бетонирования;

удобоукладываемость и объем вовлеченного воздуха;

качество работ по уходу за свежесуложенным бетоном с использованием пленкообразующих материалов на участках покрытия размером 20х20 см (сформированную на поверхности бетона пленку необходимо промыть водой, удалить остатки влаги, разлить 10 % - ный раствор соляной кислоты или 1% -ный раствор фенолфталеина, при этом вспенивание или приобретение малинового цвета допустимо не более чем в двух точках на 100 см² поверхности пленки).

Соблюдение системы контроля на этих этапах позволит сформировать качественное цементобетонное покрытие.

Содержание и текущий ремонт деформационных швов больших перемещений в условиях интенсивного движения транспорта

Бусел А.В., Кротов Р.Г.

Белорусский национальный технический университет

Важными факторами отражающими общее состояние деформационного шва (ДШ) является его внешний вид, герметичность, ровность к уровню проезжей части и как следствие шум, возникающий при транспортной нагрузке в зоне ДШ. Вышеуказанные факторы и определяют виды и технологию работ при содержании и текущем ремонте ДШ.

Удовлетворительный внешний вид, герметичность и низкий шум при проезде транспорта говорят о его полной пригодности к дальнейшей эксплуатации. При необходимости выполняется ремонт прибетонки ДШ, подтяжка гаек крепления, ремонт и замена шпилек крепления, замена или приклейка резинового лотка, замена или ремонт резинометаллических элементов, поправляются продольные мастичные швы. После выполнения СМР рекомендуется измерять шум транспортного потока вблизи шва с тем, чтобы в дальнейшем сравнивать для определения состояния ДШ.

Применение подобных конструкций обязательно с прибетонкой из высокопрочного бетона (ВПБ) (не менее 80 МПа на сжатие) при обязательном высоком качестве всех СМР гарантирует отсутствие затрат на содержание в течении как минимум 5-7 лет. Это делает применение этих конструктивных решений самым эффективным способом использования средств на устройство ДШ на искусственных сооружениях автомобильных дорог. Это является национальной разработкой и имеет изначально более низкую стоимость по сравнению с импортными аналогами, что позволяет экономить с повышением качества.

Организация дорожного движения и перевозок пассажира и грузов

**Повышение безопасности движения в районе выезда
по Долгиновскому тракту в г. Минске**

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Ермакова Н.С., Красильникова А.С.,
Киселевич Н.В., Горелик Е.Н., Коржова А.В., Мочалов В.В.
Белорусский национальный технический университет

До реконструкции развязки в разных уровнях на пересечении Долгиновского тракта и МКАД по проезжей части, прилегающей к проектируемому объекту, осуществлялся основной выезд автомобилей на МКАД. После реконструкции развязки в разных уровнях и смещения движения основных транспортных потоков на проектируемый новый участок Долгиновского тракта, на данном («старом») участке Долгиновского тракта интенсивность движения транспортных потоков значительно снизилась и составляет около 50–150 авт./ч (в зависимости от времени суток) в обоих направлениях. «Старый» участок Долгиновского тракта в настоящее время служит только для транспортного обслуживания частного сектора, примыкающего к нему.

С целью повышения безопасности движения на исследуемом участке Долгиновского тракта необходимо реализовать следующие мероприятия: устройство конструктивно выделенного островка безопасности в месте проектируемого пешеходного перехода; устройство конструктивного островка, для разделения проезжей части от парковки; демонтаж существующих дорожных знаков, несоответствующих условиям движения, и установка проектируемых дорожных знаков в соответствии с СТБ 1300-2014 и согласованной схемой организации дорожного движения. Установка дорожных знаков предусмотрена на металлических стойках с обеспечением их наилучшей видимости; нанесение новой дорожной разметки в соответствии с согласованной схемой организации дорожного движения.

При устройстве подходов к пешеходному переходу необходимо предусмотреть понижение бортового камня до «нуля» в зоне выхода пешеходов с тротуара на проезжую часть (обеспечение безбарьерной среды) для движения по пешеходному переходу и в зоне выхода пешеходов с пешеходной части островка безопасности. На основании проведенных исследований в проекте разработаны мероприятия по повышению безопасности дорожного движения в зоне проектируемого пешеходного перехода и территории парковки. Введение светофорного регулирования на проектируемом пешеходном переходе при существующих условиях движения нецелесообразно.

Для повышения безопасности движения необходимо выполнить устройство островка безопасности, канализирование транспортных потоков, обустройство парковки.

Город – для людей или транспорта?

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Ермакова Н.С., Красильникова А.С.,
Киселевич Н.В., Горелик Е.Н., Коржова А.В., Гамульский И.К.
Белорусский национальный технический университет

Населенный пункт – компактно-целостное размещение населения на территории со всеми необходимыми условиями для организации жизнедеятельности, материальная среда которой формируется жилой, общественной, производственной, ландшафтно-рекреационной территориями и инженерно-транспортной инфраструктурой [ТКП 45-3.01-116]. Их планировка должна обеспечивать формирование безопасной среды жизнедеятельности населения, сбалансированное природопользование и т.п., что обеспечивает устойчивое развитие поселений. За последние годы число автомобилей резко увеличилось и продолжает расти. Мы достигли значительного уровня автомобилизации (320 авт./1000 жит.) и постепенно приближаемся к среднеевропейскому уровню (порядка 500 авт./1000 жит.). Этот рост вызвал ряд проблем, связанных с увеличением нагрузки на дорожную сеть, особенно в крупнейших, крупных и больших городах. Снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, увеличились выбросы вредных веществ в атмосферу и уровень транспортного шума, возросло количество аварий... Иными словами – ухудшилось качество не только дорожного движения, но и жизни. При таком уровне автомобилизации уже невозможно говорить о качестве пользования автомобилем. Автомобиль возводится в ранг «божественной коровы». Но это не так. Города, по природе и историческому замыслу, служили тому, чтобы общность людей (населения) мирно и комфортно развивалась. Автомобиль, увы, сейчас этому явно мешает. Особенно в центральной и срединной части городов. Есть ли выход? Конечно, можно называть организационные и планировочные мероприятия по организации движения, ведь, откровенно говоря, пока еще резервы полностью не исчерпаны. Можно назвать и общественные (маршрутные) средства передвижения – автобусы, троллейбусы, трамваи, метро и такси (в т.ч. маршрутные). Однако эти традиционные виды транспорта не решат всех (экологических, экономических, социальных и т.д.) проблем. Уже сегодня необходимо создавать соответствующие инфраструктуры, способные заменить (исключить из использования в городе) автомобиль как таковой. Сейчас активно развивается велодвижение и НИЦ ДД разрабатываются проектные решения адаптации существующей сети под ее использование велосипедистами.

Применение кольцевых перекрестков (узлов)

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Ермакова Н.С., Красильникова А.С.,
Киселевич Н.В., Горелик Е.Н., Коржова А.В., Гамульский И.К.
Белорусский национальный технический университет

В условиях сложившейся застройки в городах имеют место перекрестки в одном уровне со сложной конфигурацией, на которых имеются сложные условия движения и ограничена видимость. Казалось бы, решением проблемы может быть капиталоемкое решение – устройство светофорного объекта на перекрестке. Однако это требует значительных затрат, проведения значительных земляных работ и т.п. Нерегулируемый перекресток ул. Советская – дорога на Саковщину – дорога на Криницу расположен на северо-западе г. Воложин Минской области. Улица Советская является магистральной улицей (по ТКП 45-3.03-227-2010). Выполнены экспериментальные исследования транспортно-пешеходной нагрузки и условий движения. В результате исследований получены значения интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков, определены параметры состава транспортных потоков (по входам и направлениям). Наилучшим вариантом организации движения является устройство кольцевого пересечения, что позволит повысить безопасность движения при обеспечении совокупного качества движения (рисунок 1).

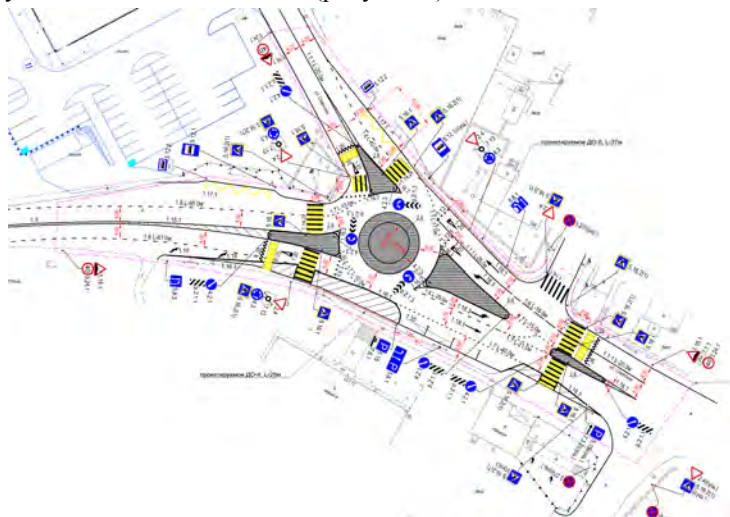


Рисунок 1 – Вариант проектного решения

Меры физического сдерживания скорости движения автомобилей

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Ермакова Н.С., Красильникова А.С.,
Киселевич Н.В., Горелик Е.Н., Коржова А.В., Гамульский И.К.
Белорусский национальный технический университет

В научно-исследовательском центре дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» проводятся работы по повышению качества дорожного движения как на отдельных транспортных объектах, так и на участках дорожной сети городов. Мероприятия позволяют снизить аварийные, экономические и экологические потери. Как правило, заказчиком проведения данных работ является Управление ГАИ ГУВД Мингорисполкома, совместно с которым производится мониторинг аварийно-опасных участков. Так, для исследований выбран нерегулируемый пешеходный переход через ул. Варвашени возле д.11, который расположен в Заводском районе г. Минска. Улица Варвашени является магистральной улицей районного значения (категория Б4 по ТКП 45-3.03-227-2010) (рисунок 1). По улице Варвашени вдоль всей проезжей части крайние правые полосы используются для стоянки транспортных средств. Поэтому движение осуществляется только по вторым полосам.



Рисунок 1 – Исследуемый нерегулируемый пешеходный переход (вид со входов)

Для упорядочивания движения и повышения его качества на исследуемом участке разработаны мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения, предусматривающие устройство сужений проезжей части в зоне пешеходных переходов, что улучшает условия видимости и снижает опасность конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков; упорядочивание размещения парковочных мест на первой полосе проезжей части; выделение заездных карманов для маршрутного пассажирского транспорта (рисунок 2).

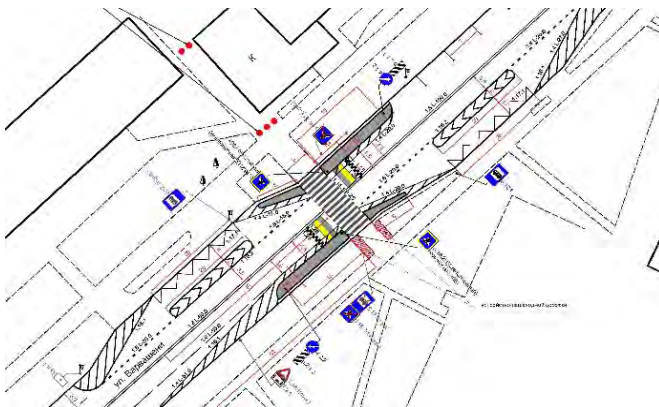


Рисунок 2 – Предлагаемая организация движения (фрагмент)

Необходимо отметить, что обоснование предложенных, планируемых к внедрению мероприятий осуществлялось по критерию минимизации аварийных, экологических и экономических потерь в дорожном движении. В результате внедрения мероприятий суммарные потери снизятся не менее чем на 23 %.

УДК 656.13.08

Дорожно-транспортная аварийность в Беларуси

Капский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-транспортная аварийность характеризуется травмами, нанесенными различными дорожными транспортными средствами при их использовании (в движении) в случаях, не связанных с производственной деятельностью пострадавших (а также по пути на работу или с работы), независимо от нахождения пострадавшего в момент аварии. Наиболее опасны дорожно-транспортные ситуации, приводящие к наезду на пешехода. Этим обусловлено до 87 % летальных исходов. Наибольшее количество аварий с пострадавшими наблюдается летом и в первые осенние месяцы. Травматизм растет в последние дни недели и во второй половине дня. Реже они возникают ночью, однако их последствия намного тяжелее.

В Республике Беларусь снижается число отчетных (с пострадавшими) аварий, а также количество погибших и раненных в результате дорожно-транспортных аварий. В 2015 году произошло более 105 тысяч аварий, в

т.ч. 4033 – с пострадавшими, в которых погибли 647 человек и 4289 человек ранены (таблица 1).

Таблица 1 – Статистика аварийности с пострадавшими за 2014–2015 гг.

			2014	2015	+/- абс	%
г. Минск	ДТП	всего	32423	30627	-1796	-5,5
		учетных	757	670	-87	-11,5
		в н/с	28	25	-3	-10,7
	погибло		44	41	-3	-6,8
	ранено		840	728	-112	-13,3
Минская обл.	ДТП	всего	16335	17029	694	4,2
		учетных	968	872	-96	-9,9
		в н/с	124	96	-28	-22,6
	погибло		217	181	-36	-16,6
	ранено		995	913	-82	-8,2
Брестская обл.	ДТП	всего	10671	10688	17	0,2
		учетных	652	563	-89	-13,7
		в н/с	84	61	-23	-27,4
	погибло		112	79	-33	-29,5
	ранено		682	603	-79	-11,6
Гродненская обл.	ДТП	всего	8232	7295	-937	-11,4
		учетных	450	404	-46	-10,2
		в н/с	49	40	-9	-18,4
	погибло		62	67	5	8,1
	ранено		511	427	-84	-16,4
Витебская обл.	ДТП	всего	9738	8617	-1121	-11,5
		учетных	512	438	-74	-14,5
		в н/с	80	63	-17	-21,2
	погибло		113	90	-23	-20,4
	ранено		500	432	-68	-13,6
Могилевская обл.	ДТП	всего	8249	8072	-177	-2,1
		учетных	601	532	-69	-11,5
		в н/с	84	60	-24	-28,6
	погибло		92	87	-5	-5,4
	ранено		708	611	-97	-13,7
Гомельская обл.	ДТП	всего	9390	9675	285	3,0
		учетных	610	554	-56	-9,2
		в н/с	80	55	-25	-31,2
	погибло		117	102	-15	-12,8
	ранено		618	575	-43	-7,0
Всего по республике	ДТП	всего	95038	92003	-3035	-3,2
		учетных	4550	4033	-517	-11,4
		в н/с	529	400	-129	-24,4
	погибло		757	647	-110	-14,5
	ранено		4854	4289	-565	-11,6
Дети	погибло		30	12	-18	-60,0
	ранено		436	355	-81	-18,6

УДК 658.7

Совершенствование перевозки нефтепродуктов на основе использования танк-контейнеров

Чижонок В.Д.

Белорусский национальный технический университет

Для расширения сферы контейнерных перевозок необходимо более широко использовать специализированные контейнеры. На первом этапе целесообразно организовать внутриреспубликанские перевозки нефтепродуктов в танк-контейнерах. В них предположительно можно перевозить около 6 млн т грузов.

Эффективность контейнерных перевозок нефтепродуктов заключается:

- в высвобождении подвижного состава, используемого для перевозок грузов внутри республики, и переключения его на перевозку внешнеторговых грузов;
- в сокращении объема перегрузочных операций по всей логистической цепочке их доставки;
- в сокращении числа маневровых операций при подаче и уборке вагонов в пункты выгрузки;
- в сокращении потребности в складских помещениях, так как контейнер можно использовать для временного хранения грузов;
- в ускорении доставки грузов потребителям за счет сокращения длительности перегрузочных операций и маневровой работы с вагонами.

Организация контейнерных перевозок нефтепродуктов позволит сэкономить 50 млн долл. США капитальных вложений и около 8 млн долл. эксплуатационных затрат.

УДК 658.7

Специализированный контейнер для перевозки минеральных удобрений по логистической цепи «производитель-поле»

Чижонок В.Д.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время минеральные удобрения перевозятся в затаренном виде, в виде укрупненной грузовой единицы на поддонах и как навалочный груз. Для транспортирования данных грузов используются вагоны – минераловозы, крытые вагоны, полувагоны, бортовые автомобили и автомобили – самосвалы. Хранение минеральных удобрений на логистической цепи «производитель – поле» осуществляется на складах

производителя, на складах районных организаций по химизации сельского хозяйства, в хранилищах сельскохозяйственных предприятий. Анализ существующей технологии доставки минеральных удобрений выявил следующие ее недостатки:

1. Необходимость выполнения перегрузочных операций с одного вида транспорта на другой.
2. Наличие потерь груза при осуществлении перегрузочных операций.
3. Снижение качества перевозимых грузов из-за использования не совершенных способов хранения.
4. Высокая трудоемкость выполнения операций при загрузке минеральными удобрениями сельскохозяйственных машин.
5. Нанесение экологического ущерба при транспортировке и хранении минеральных удобрений.

Для устранения данных недостатков предлагается разработать конструкцию специализированного контейнера для перевозки минеральных удобрений по логистической цепи «производитель – поле». Обязательным элементом такого транспортного средства должно быть наличие разгрузочного устройства для подачи минеральных удобрений в сельскохозяйственные машины.

УДК 656.13

Информационные системы в дорожном движении

Андреев А.Я.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильный транспорт имеет важнейшее значение для развития экономики страны. К сожалению, в силу недостаточного внимания к безопасности развитие дорожно-транспортных систем пошло по пути, ведущему к большим потерям в том, что касается человеческих жизней, здоровья и материальных ценностей. Для того чтобы повысить уровень осознания масштабов проблемы дорожно-транспортного травматизма нужны надежные и точные данные.

Надежные и точные данные также требуются для правильного определения круга проблем, факторов риска и приоритетных областей и для выработки стратегий, постановки задач и контроля за эффективностью их решения. Непрерывное основанное на фактических данных диагностирование и решение основных проблем дорожно-транспортного травматизма позволяет принимать надлежащие меры и соответствующим образом распределять ресурсы. Без этого не будет значительного и устойчивого сни-

жения подверженности рискам дорожно-транспортных происшествий или степени их тяжести.

В большинстве стран сбор данных относительно безопасности дорожного движения ведется повседневно. Однако для того чтобы эти данные можно было использовать в качестве информационной основы практических мер по обеспечению безопасности дорожного движения, они должны быть надлежащим образом преобразованы в цифровую форму, обработаны и проанализированы в компьютеризованной системе баз данных. Цель настоящей статьи – выработать практические рекомендации по созданию информационных систем, способных своевременно предоставлять достоверные данные о дорожно-транспортном травматизме, которые могут быть использованы для обоснования мер по обеспечению безопасности дорожного движения.

Создание таких систем начинается с рассмотрения вопроса о том, почему качественные данные имеют большое значение для обеспечения безопасности дорожного движения и какие виды данных требуются для эффективного планирования и контроля.

УДК 656.13

Создание интеллектуальных транспортных систем

Андреев А.Я.

Белорусский национальный технический университет

Задачи и цели создания интеллектуальных транспортных систем:

увеличение пропускной способности городской транспортной системы; развитие сектора общественного транспорта, повышения уровня его привлекательности; моделирование и оценка влияния на транспортную систему города строительства новых и модернизации существующих транспортных объектов, объектов жилищного и делового строительства, схем организации дорожного движения, а также чрезвычайных ситуаций; повышение безопасности, дисциплины и культуры дорожного движения в городе; рост инвестиционной привлекательности города за счет оптимизации транспортных перевозок и развития транспортной инфраструктуры; оптимизация работы дорожных служб, повышение эффективности реагирования на дорожно-транспортные происшествия; повышение информированности участников дорожного движения.

Ниже указаны этапы создания интеллектуальных транспортных систем.

1. Предпроектное исследование.

Изучение существующей инфраструктуры и определение потребностей в перевозочных процессах. Проведение всех необходимых мероприятий по

обследованию транспортной ситуации в регионе размещения системы. Подготовка технического задания и согласование его с заказчиком, а также со всеми заинтересованными службами.

2. Разработка.

Проведение обследования инфраструктуры существующих транспортных магистралей и развязок. Разработка номинального плана размещения пунктов видео регистрации и оповещения. Проектирование системы ИТС с учетом размещения всех элементов системы, привязка их к существующим конструкциям. Согласование с заказчиком конечного варианта проекта.

3. Поставка и монтаж технологического оборудования и элементов несущих конструкций.

4. Разработка и внедрение программного обеспечения ИТС, интеграция системы.

5. Сдача работ заказчику.

6. Гарантийное и послегарантийное обслуживание.

УДК 656.13

Комплексное управление системой мобильности в крупных городах

Кот Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

В самом общем виде понятие «мобильность» (подвижность) означает способность человека передвигаться самостоятельно или с использованием транспортных средств. Процессом мобильности управляют личные предпочтения людей, их физические и финансовые возможности в выборе способов передвижения. Однако в городах важнейшие характеристики системы мобильности зависят также от параметров городского пространства и качества управления им.

Подсистема территориального планирования (размещение по территории объектов разного функционального назначения) формирует потребности людей в передвижениях с различными целями (трудовыми, культурно-бытовыми, туристическими и т.п.), а также определяет распределение передвижений по длине, от которого, в свою очередь, зависят возможные способы их реализации (пешком или с использованием каких-либо транспортных средств).

В *подсистеме транспортного планирования* формируются условия, определяющие затраты времени на необходимые передвижения, показатели безопасности, комфорта, а также итоговая стоимость передвижения (как для участников движения, так и для системы городской мобильности в целом). Зависимости указанных параметров от условий, в которых выполняются передвижения, различны, поэтому в системе мобильности по-

стоянно приходится прибегать к «компромиссным» решениям («сдерживание» скорости для обеспечения безопасности и экономичности и т.п.).

В крупных городах Беларуси сформировалась система расселения с высокой плотностью застройки, которая определяет концентрацию большого числа передвигающихся людей на относительно небольшом числе направлений. Эффективность и устойчивость системы мобильности в таких городах в большой степени зависит от качества системы управления ей. Однако в настоящее время в структурах городской власти отсутствуют подразделения, которые обеспечивали бы полноценный и всесторонний учет потребностей системы мобильности. Поэтому ряд принимаемых управленческих решений не учитывает возможных негативных последствий для условий мобильности, способствует росту использования личных автомобилей в городах.

УДК 656.13(477)

Внедрение принципов логистики в организацию транспортного процесса перевозок

Шарай С.М., Дехтяренко Д.А., Яценко В.Н.
Национальный транспортный университет, г. Киев

Европейский опыт организации и обеспечения предоставления услуг по исполнению транспортного процесса предполагает детальное изучение и имплементацию его основ в законодательное поле нашей страны. Правительство прилагает усилия для широкого внедрения принципов логистики в организацию транспортного процесса и транспортно-экспедиционного обслуживания перевозок. Для обеспечения выполнения поставленных задач должны быть построены транспортно-логистические системы с использованием терминалов для консолидации и консигнации грузов вблизи больших городов, промышленных центров, транспортных узлов и пограничных переходов с обеспечением завоза-вывоза грузов.

Это позволит усовершенствовать организацию перевозок, обеспечить комплексное обслуживание потребителей транспортных услуг, создать условия для развития комбинированных перевозок, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Внедрение принципов логистики будет способствовать развитию и усовершенствованию производственно-технической базы транспорта, созданию и развитию современных транспортных коммуникаций и транспортно-складской инфраструктуры, решению социально-экономических задач, повышению уровня занятости населения регионов за счет создания новых рабочих мест и привлечения инвестиций.

Внедрение транспортно-логистического обслуживания потребителей позволит сократить термин доставки грузов на 20 %, время на оформление товарно-транспортной документации на 50 %, а также снизить суммарные затраты на транспортировку грузов на 35 % и сократить складские запасы на 30 %.

Основными проблемами, которые препятствуют и сдерживают развитие международных перевозок грузов автомобильным транспортом, включая и транзит грузов, можно определить следующие: требует усовершенствования нормативно-правовая база выполнения международных перевозок, процедура выдачи разрешительных документов перевозчикам и их распределение, технология пересечения государственных границ, таможенные процедуры, получение виз и т.д. Отдельной проблемой, часто имеющей место, является наличие большого скопления транспорта на подъездных путях к пунктам пересечения государственной границы, что требует адекватного строительства и оборудования вспомогательной инфраструктуры.

УДК 656:002

Проведение технологического аудита технологий на предприятии

Дятчик Д.И., Покшевницкая Т.В.

Национальный транспортный университет, г. Киев

Для успешного продвижения технологии на рынок необходимо в первую очередь оценить ее коммерческий потенциал. Основным инструментом оценки коммерческого потенциала технологии является технологический аудит (ТА).

Технологический аудит является обязательным при трансфере технологий. Основная цель такого аудита – объективная оценка технологий, которые в дальнейшем могли бы быть реализованы на коммерческой основе. И позволяет в полной мере определить направления и результаты исследований, как таковых имеющих коммерческий потенциал и перспективные для инновационных проектов.

Предлагаем взять за основу проведения ТА метод, который был разработан Алистером Бреттом. В этом методе указано, что ключевым элементом процесса аудита является анализ возможности коммерческого использования результатов научно-исследовательских работ предприятия. Оценка технологии проводится по баллам, например от 0 до 5, по потенциалу коммерциализации и потенциалу трансфера. Данные заносятся в таблицу.

Есть определенные базовые параметры, по которым можно проводить ТА: себестоимость разработки; конкурентные преимущества технологии; наличие рынка; совместимость с существующими технологиями; готовность технологии к трансферу; технология стоящая с точки зрения рынка.

По результатам, полученным после заполнения таблицы и подсчета баллов, получаем представление, каким технологиям необходимо отдать предпочтение в первую очередь для работы с ней по трансферу технологий.

Оценка технологий и выставления баллов проводится с привлечением соответствующих специалистов – сотрудников предприятия. Для проведения технологического аудита необходимо получить разрешение автора.

Представленная методика является базовой и каждое предприятие выбирает для себя наиболее подходящие параметры для оценки технологии.

УДК 656:002

Функционирование офиса трансфера технологий ВНЗ

Корпач А.А., Дятчик Д.И.

Национальный транспортный университет, г. Киев

Главная задача офиса трансфера технологий, как специализированного подразделения научного учреждения по вопросам инновационной деятельности, трансфера технологий и интеллектуальной собственности – стать центром кристаллизации научных разработок университета и последующей гранки технологического предложения для представления потенциальным партнерам будущих Startup-проектов.

Для этого менеджеры офиса проводят технологический аудит научных разработок университета. Оценивают перспективы коммерциализации результатов научно-исследовательских работ. Совместно с авторами разработки формируют технологические предложения – маркетинговая информация о технологии или ее часть в виде технологического профиля.

Технологическое предложение – является основным документом, служащим для поиска потенциальных партнеров в национальных и международных сетях трансфера технологий. Но для того, чтобы реализовать проект – вывести технологию на национальной или международный рынок, руководитель офиса трансфера технологий и/или автор не должны останавливаться сразу после публикации технологического предложения в сети. Это только первый шаг, который позволяет формализовать движение объектов интеллектуальной собственности на пути от идеи к внедрению.

Для инновационных сетей трансфера технологий, каковым является офис, используются как Интернет-ресурсы: веб-сайты (промо-сайт конкретной разработки, сайт компании разработчика, сайт вуза, сайты партнеров);

социальные сети (страницы и события в популярных социальных сетях); партнерские информационные рассылки (веб-бюллетени, тематические и авторские рассылки); реклама в Интернет (контекстная и контекстно-медийная реклама в Google), так и инструменты информационно-коммуникационного плана: электронные платформы, периодические информационные рассылки, брокерские съезды и технологические миссии.

УДК 656:002

Система трансфера технологий для развития дорожно-транспортного комплекса Украины

Егоров С.А., Дятчик Д.И., Покшевницкая Т.В.
Национальный транспортный университет, г. Киев

Анализ имеющейся в Украине инфраструктуры инновационной деятельности на базе высших учебных заведений свидетельствует о несовершенстве механизма коммерциализации научно-технических разработок и технологий. Существует ряд факторов, препятствующих эффективному трансферу научно-технических результатов:

- слабо развиты механизмы выявления технологических потребностей компаний и предприятий и информирования о них научных организаций;
- слабо развиты механизмы стимулирования компаний и предприятий к развитию технологической кооперации и использованию научно-исследовательских результатов созданных в университетах;
- слабо развиты связи (обмен опытом, методологией, лучшей практикой) между организациями инновационной инфраструктуры;
- практически повсеместной является недостаточная информированность компаний и предприятий о существовании новых технологий и возможностях доступа к ним с помощью звеньев инновационной инфраструктуры.

Это обуславливает потребность в формировании в высших учебных заведениях соответствующих звеньев инновационной инфраструктуры, отработке эффективных механизмов для коммерциализации завершенных научно-технических разработок и технологий.

Для решения этих проблем Национальный транспортный университет реализует проект «Создание и внедрение системы трансфера энерго- и ресурсосберегающих технологий для развития дорожно-транспортного комплекса Украины», который будет способствовать не только установлению технологического сотрудничества между организациями научно-образовательной сферы, компаниями и предприятиями дорожно-транспортной отрасли, но и создаст возможности для распространения полученного опыта и разработанного инструментария между другими вузами Украины.

**Информационная модель отраслевой системы
трансфера технологий**

Лясковский В.П., Покотилов Н.К.
Национальный транспортный университет, г. Киев

Развитие информационно-коммуникационных технологий сформировало среду для экономической деятельности в сети Интернет, развитие инфраструктуры и коммерциализация которой, привели к изменениям способов ведения бизнеса и появлению электронного рынка, основанного на принципах сетевой экономики – хозяйственной деятельности, осуществляемой с помощью электронных сетей.

Специализированными электронными сетями для коммуникаций такого рода являются отраслевые системы трансфера технологий, которые обеспечивают процесс передачи навыков, знаний, технологий, методов производства, образцов производства и составляющих объектов технологий между заинтересованными лицами в рамках конкретных целевых групп.

Деятельность аппарата управления системы трансфера технологий заключается в разработке управленческих решений и формировании данных на основании достоверной информации об объекте управления, условий внешней среды и информации управления элементов системы.

В процессе реализации своих функций элементы, сотрудники аппарата управления и участники системы трансфера технологий взаимодействуют между собой с объектами управления и с внешними организациями, целенаправленно обмениваясь информацией с помощью информационных потоков, которые являются главной существенной формой выражения отношений в системе управления.

Информационная модель отражает движение информационных потоков между источниками (технологические предложения, запросы), блоками обработки (элементы информационно-коммуникационного комплекса) и потребителями (участники и сотрудники аппарата управления), что выражается в виде цепей переходов ее из одной формы в другую.

Внедрение данной информационной модели приведет к усовершенствованию функционирования сети трансфера технологий.

На базе Национального транспортного университета (Украина) создана и функционирует система трансфера энерго- и ресурсосберегающих технологий для развития дорожно-транспортного комплекса Украины.

Плотность застройки как фактор влияния при организации движения на перекрестке

Даниленко А.В., Кудин С.К., Осипов В.А.
Национальный транспортный университет, г. Киев

Статистика ДТП показывает, что перекрестки относятся к числу наиболее аварийных элементов городской улично-дорожной сети.

На перекресток приходится большая часть столкновений автомобилей (20–30 % всех ДТП); на них отмечено наибольшее количество тяжелых телесных повреждений водителей и пассажиров; на перекрестках чаще всего в ДТП принимают участие больше 2 транспортных средств (ТС). ДТП на перекрестках возникают как из-за нарушения водителями правил дорожного движения, так и по причине других факторов, одним из которых является ограниченная видимость дорожной ситуации.

Эта проблема является наиболее острой в условиях плотной застройки населенных пунктов.

Основной путь для улучшения видимости на перекрестках – это обеспечение треугольника видимости.

В зоне треугольника видимости запрещается размещать строения, рекламодносители и зеленые насаждения высотой более 1,2 м.

Однако современные реалии вносят свои коррективы: в условиях плотной застройки многих городов этих расстояний придерживаться практически невозможно как для существующих, так и для проектируемых перекрестков.

В работе предложено изменить геометрические параметры треугольника видимости, путем корректировки его размеров, опираясь на такой критерий, как определение остановочного пути ТС. С этой целью был изучен процесс экстренного торможения автомобиля и подсистемы процесса: время реакции водителя, срабатывания механизма и т.д.

Определено, что существует возможность уменьшения параметров треугольника видимости в отдельных случаях, в том числе и путем снижения скоростного режима.

В дальнейшем возможно проведение более точных расчетов треугольника видимости с учетом дополнительных критериев (время суток, месяц года, плотность транспортного потока и т.д.).

Перспективной выглядит разработка технических рекомендаций по применению дорожных зеркал на перекрестках в условиях ограниченной видимости (сегодня норматив по применению этих технических средств на Украине отсутствует).

**Информационные потоки данных и запросов в структуре
информационной модели отраслевой системы трансфера технологий**

Лясковский В.П., Покотилов Н.К.

Национальный транспортный университет, г. Киев

Одним из важнейших требований к разработке информационной модели отраслевой системы трансфера технологий является полнота, надёжность, достоверность и своевременность получения информации пользователем.

Степени обобщения и детализации должны соответствовать тому уровню системы организационного управления, в рамках которой используется информационная модель. Чем выше уровень управления, тем выше уровень обобщения; чем ниже уровень – тем больше детализация информации. Все это делает требования к структуре базы данных системы организационного управления отраслевой системы трансфера технологий жесткими, значительно увеличивает количество показателей относительно информационных потоков.

Исследование информационных потоков в информационной модели необходимо для выявления узких мест и критических точек в процессе обмена информацией.

Для полного анализа информационных потоков необходимо представить их в виде параметрических моделей, которые задают множества параметров для определенных потоков и отображают их количественно-качественную характеристику.

Следовательно, выявление множества этих параметров и установление зависимости между отдельными из них решается в ходе экспериментальных исследований информационной модели.

Необходимый уровень достоверности в системе организационного управления отраслевой системы трансфера технологий обеспечивается комплексом разнообразных мер и средств, которые позволяют в значительной степени автоматизировать контроль, нахождение, корректировку и исправление погрешностей с целью повышения надежности ее функционирования.

Разработка месторождений полезных ископаемых

**Совершенствование добычи песка на обводненных
песчаных месторождениях**

Оника С.Г., Реберт Б.С., Шитиков А.М.
Белорусский национальный технический университет

Значительная часть общего числа месторождений нерудных строительных материалов приходится на обводненные месторождения. Для песчаных, песчано-гравийных и гравийно-песчаных месторождений доля частично или полностью обводненных в Республике Беларусь превышает 50%.

Разработка обводнённых песчаных и гравийно-песчаных месторождений возможна экскаваторным и гидромеханизированным способом. Разработка частично обводнённых и обводнённых месторождений экскаваторным способом осуществляется с применением преимущественно драглайнов и реже обратных лопат.

Расширение области применения экскаваторов при разработке обводненных месторождений потребовало усложнения технологии по сравнению с разработкой сухих забоев. Экскаваторы-драглайны, получившие широкое применение на песчано-гравийных карьерах допускают отработку обводнённой толщи без осушения на глубину до 4-5 метров. При высоком содержании валунов эффективность применения драглайнов снижается.

Случайные вариации содержания гравия в массиве вызывают изменения вероятного угла откоса забоя. Увеличение содержания гравия в породе благоприятно сказывается на устойчивости откоса, что позволяет увеличить глубину выемки. С увеличением содержания гравия угол откоса подводного забоя возрастает.

Разработка месторождений альтернативным гидромеханизированным способом обычно выполняется с помощью земснарядов. Указанное оборудование является господствующим при разработке частично или полностью обводненных месторождений. Область применения ограничивается глубиной отработки залежи до 10-15м и содержанием каменистых включений (гравия и валунов) до 40%.

Технология разработки месторождений предусматривает предварительное создание карт намыва на которые сбрасывается пульпа. Одним из направлений совершенствования технологии разработки обводненных месторождений является внедрение в производство земснарядов на базе погружных грунтовых насосов.

Обоснование сейсмобезопасной массы взрываемого взрывчатого вещества на карьере «Микашевичи»

Оника С.Г., Пасюк С.А.

Белорусский национальный технический университет

Определение сейсмически безопасных масс зарядов и безопасных расстояний по сейсмическому фактору являются различными формами решения общей задачи обеспечения сейсмобезопасности взрывов.

Существующие методы управления сейсмикой взрывов в качестве одного из наиболее распространенных приемов используют ограничение массы на ступень замедления в поле карьера. Для практического использования рекомендаций по допустимым параметрам взрывов предпочтительней представить допустимые массы ВВ на ступень замедления в форме изолиний в поле карьера в режиме контурной карты (рисунок 1).

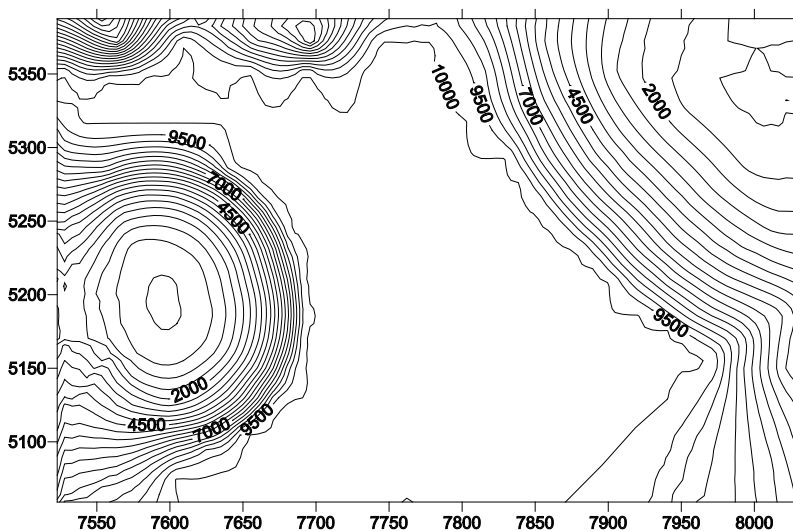


Рисунок 1 - Изолинии допустимой массы ВВ на ступень замедления

Анализ полученных данных показывает, что ограничения по массе взрываемого ВВ в поле карьера, в том числе с учетом его расширения оказывают влияние на жилые дома г. Микашевичи, а также насосная станция, расположенная непосредственно в карьере.

Имитационное моделирование и математическое программирование процессов рудника

Гец А.К., Соловей А.С., Бовкунович В.Н.
Белорусский национальный технический университет

Обзор и анализ существующего метода оперативного управления калийными рудниками показал актуальность вопросов улучшения организации управления горными работами с целью более надёжного выполнения плана, повышения основных технико-экономических показателей работы, повышения добычи при стабильном качестве руды, ритмичности работы рудника и обогатительной фабрики.

На основе традиционных инженерных методов, основанных на опыте и интуиции руководителей, оптимальное управление горными работами проблематично. Разработка метода оптимального оперативного управления горными работами калийного рудника, с помощью имитационного моделирования и математического программирования процессов рудника, позволяет обоснованно решать вопросы управления технологическими процессами горного производства.

Современные технологии программирования позволяют создать соответствующий программный комплекс со следующей структурой:

1. Система управления базами данных (СУБД);
2. Программа обработки данных, с моделированием и прогнозированием качественных показателей добычных работ.

С учётом выбранного критерия управления и ограничений, математическую модель оптимального управления можно представить в следующем виде:

$$L(x) = \max |\alpha_{\phi i} - \alpha_p| \rightarrow \min,$$

$$\sum_j Q_{ji} x_{ji} \leq W_k^i, \sum_j Q_{ji} x_{ji} \leq W_a^i, \sum_j Q_{ji} x_{ji} \geq F_j.$$

где $\alpha_{\phi i} = \frac{\sum_{i=j}^n \alpha_j Q_{ij} x_{ij}}{\sum_{i=j}^n Q_{ij}}$ – средневзвешенная величина качества руды, поступающей к стволу; α_p – величина качества руды с горизонта, определяемая планом.

После каждой смены, в полуавтоматическом режиме, необходимые данные заносятся в СУБД, и после моделирования на имитационных и математической моделях по заданным алгоритмам, формируются количественные показатели качества и объема калийной руды на будущую смену по забоям, горизонтам и руднику в целом в виде графика отгрузки руды из забоев в течение смены.

**Оценка работы факультета горного дела и инженерной экологии
по критериям СМК**

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Система менеджмента качества, основанная на СТБ ISO 9001-2009, внедрена в БНТУ в 2011. При этом стандарт фокусируется на удовлетворении потребностей и ожиданий потребителей и других заинтересованных сторон в долгосрочной перспективе и в сбалансированной форме. Ежегодно факультет организует опрос потребителей – ведущих горных предприятий Республики Беларусь (ОАО «Беларуськалий», ОАО «Нерудпром», ОАО «БелАЗ», ОАО «Белгорхимпром», РУПП «Гранит», ОАО «Доломит» и др.) с целью оценки удовлетворенности потребителей качеством подготовки выпускников и студентов 1-5-го курсов и магистрантов с целью оценки качества образовательного процесса. Анализ анкет, заполненных потребителями в прошедшем году показал, что оценка удовлетворенности потребителей по факультету составляет у студентов дневной формы обучения – 85% заочной – 93%, магистрантов – 93%, аспирантов – 100%, выпускников – 88%, работодателей – 93%. При этом необходимо отметить, что удовлетворенность потребителей по сравнению с 2012-2013 учебным годом возросла и разработка плана корректирующих мероприятий не требуется. Результативность подготовки специалистов на 1-й ступени высшего образования является высокой (106,1%). Результативность процесса по параметру подготовка магистрантов также является высокой (97,7%). Рекомендуются поддерживать результативность на достигнутом уровне. Данные анкет действительны в течение года.

В настоящий момент факультетом поставлена задача расширения числа предприятий-участников опроса путем привлечения к нему небольших предприятий. Это обусловлено большим количеством заявок от предприятий, ведущих добычу строительных горных пород открытым способом. Так на сегодняшний день более сотни небольших по мощности карьеров ведут разработку песчано-гравийных месторождений для дорожного строительства, на которых работают выпускники факультета. Эффективное решение поставленной БНТУ задачи обеспечения качественного инженерного образования, соответствующего требованиям мирового рынка труда, безусловно, должно базироваться на применении современных методов оценки и стандартов, и важнейшим инструментом решения, несомненно, является СМК.

Поликарпова Н.Н., Ромац Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Главную роль среди породообразующих минералов играют минералы, в состав которых входит оксид кремния - кремнезем (SiO_2). Кремний (Silicium - лат.) химический элемент, атомный номер 14, IV группа периодической системы. Большая часть земной коры состоит из неорганических соединений кремния. В природе кремний встречается в виде таких широко распространенных минералов как кварц, халцедон, опал, из которых состоят такие известные осадочные породы как кремень, яшма, пески, глины и др. К группе кремнеземсодержащих минералов относятся сердолик, горный хрусталь, агат, опал, аметист и многие другие. Кремний практически является основой неорганического мира. В тоже время кремний играет важную роль в живых организмах (например, входит в состав коллагена - основного белка соединительной ткани). Кристаллы минералов создают вокруг себя невидимое силовое поле. Впервые на это обратил внимание в 1844—1867 годах австрийский химик Карл фон Рейхенбах. В дальнейшем исследователями было не только подтверждено наличие у минералов энергетических полей, но и возможность взаимодействовать с ними. Доказано, что физические приборы, в схемах которых используются кристаллы, довольно остро реагируют на психофизическое воздействие экспериментатора. Например, кристаллы кварца при мысленном воздействии на них человека меняют свои частотные характеристики почти так же, как при облучении их лазерным лучом. Таким образом, прослеживается не только вещественная, но и энергоинформационная взаимосвязь между минеральными и органическими составляющими биосферы. Это является основой развития такого научного направления как медицинская геология (литотерапия). Литотерапия подразумевает главным образом не химическое, а энергетическое (информационное) воздействие минералов на организм человека. Регуляторное значение имеют также, создаваемые горными породами гравитационные, электромагнитные и радиационные поля. На кафедре «Горные работы» БНТУ разрабатывается дисциплина «Биофизика горных пород», одной из задач которой является изучение механизмов взаимодействия минеральных и биологических объектов биосферы. С этой целью в течение ряда лет проводятся эксперименты, в которых определяется способность изолированных образцов различного генезиса горных пород (глины, алевролиты, песчаники, известняки, мрамор, сильвинит, и др.) массой 200-500 г регулировать процессы развития и роста семян растений. При этом наблюдался стимулирующий эффект таких кварц содержащих пород как алевролиты и глины.

Поступление воды в горные выработки и мероприятия по их защите

Иокша В.Л., Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

Вопросы защиты горных выработок от затоплений являются актуальными при обеспечении безопасности освоения месторождения. Скопившаяся в горных выработках вода осложняет производство горных работ и порой делает их невозможными, а также представляет опасность для людей. Катастрофические прорывы воды сквозь подработанную толщу нередко сопровождаются человеческими жертвами.

Предпосылкой прорыва воды в выработку является особый характер протекания фильтрационных процессов в трещиноватом массиве с развитой сетью сквозных водопроводящих каналов, обладающих значительными размерами. Для расчета избыточных притоков воды в выработку, необходимо установление закономерностей изменения фильтрационных показателей разрабатываемой толщи в пределах зоны водопроводящих трещин.

На условия образования зоны водопроводящих трещин огромное влияние оказывает знакопеременный характер деформаций, вызванный ведением работ в нескольких пластах. Так, при ведении работ в первом пласте происходит его изгиб, и секущие трещины распространяются на глубину, превышающую половину мощности слоя. Тот же процесс происходит под влиянием разработки и во втором слое.

Суммирующее влияние обоих пластов может выразиться в соединении трещин первого пласта, направленных от нижней поверхности слоя к верхней, с трещинами другого пласта, направленных от верхней поверхности слоя к нижней. В результате происходит образование сквозных каналов, способствующих прорывам воды в выработку.

$$P_{\max} = 1,1 \cdot M / h_{\text{сл}} \cdot E_{\text{кр}}$$

где P_{\max} - максимальное оседание (прогиб слоя);

$E_{\text{кр}}$ - относительная деформация растяжения, при которой горные породы начинают терять сплошность;

M - мощность междупластья;

$h_{\text{сл}}$ - высота слоя воды.

Перед принятием решения о защите выработок от подземных вод, необходимо в первую очередь определить источник обводнения - из какого водоносного горизонта и в каком количестве возможно поступление подземных вод в горную выработку, каков режим этого поступления, каков приток воды в скважины поверхностного дренажа.

Применение современных геодезических приборов для проведения учета добытого торфа

Муха М.В., Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время основным способом добычи в Республике Беларусь является фрезерный способ. Он позволяет получить при отделении торфа от залежи фрезерных барабанов готовый продукт в виде сыпучей смеси частиц со средневзвешенным размером 3-4 мм. Технология фрезерного торфа предусматривает хранение готового продукта в полевых условиях в крупных складочных единицах – штабелях. Они имеют длину 75-76 м и высоту до 8 м. В плане они должны иметь прямоугольную форму, а поперечное сечение должно иметь форму треугольника или трапеции.

Управление производством фрезерного торфа предусматривает контроль качества и количества добытой продукции. Учет производится на больших площадях полей, при значительной изменчивости качества торфа по мере сработки залежи и осложняется влиянием метеорологических условий, краткостью и большим количеством циклов добычи, сложной формой штабелей, затрудняющих их обмер. Все это повышает трудоемкость учета, которая составляет до 12 % технологической трудоемкости добычи торфа. На учет 1000 т торфа затрачивается до 3 чел.-дн. Обмер штабелей на сегодняшний день производится рулеткой. Подобная задача стоит перед крупными потребителями угля, такими как ТЭЦ. Запасы хранятся в виде больших куч неправильной формы выпукло-вогнутыми откосами. Замер остатков угля на складе на отчетный период вопрос очень серьезный. Требования к съемке складов изложены в инструкции по производству маркшейдерских работ. Можно производить обмер рулеткой, но сегодня есть возможность использовать современные приборы: теодолит, тахеометр или дальномер.

Задачей данной работы стал анализ возможности использования маркшейдерских приборов для определения объемов штабелей фрезерного торфа и обработки полученных измерений с помощью компьютерных программ AutoCAD, Геоникс или Civil 3D. Для этого необходимо проанализировать условия работы и соединить их с возможностями приборов.

Первые результаты показали возможность проведения обмера складочных единиц с применением современного электронного теодолита. Полученные при съемке координаты точек затем можно обработать программой Credo-объем.

Поликарпова Н.Н., Смоляков В.В., Дамарад П.А.

Белорусский национальный технический университет

Литотерапия подразумевает энерго-информационное, а не химико-фармакологическое воздействие на человеческий организм. Доказано, что вода может иметь сложную структуру ориентации молекул, это свойство определяет возможность хранить следы контактировавших с ней других молекул, а также нерастворимых в ней минералов. На основании этого сделан вывод, что молекулы воды могут являться своего рода «посредниками-проводниками» для передачи лечебной информации минералов на человеческий организм. Предполагается, что минералы и горные породы имеют свои энергетические и информационные поля, которые могут влиять на воду и биологические организмы. Изучение бесконтактного воздействия минералов и горных пород на энергоинформационные свойства воды является практически неисследованной областью науки..

Традиционно горные породы и минералы, составляющие твердую оболочку планеты, рассматриваются как косное вещество, лишённое тех свойств, которые характеризуют живую материю. В тоже время многие факты говорят о памяти минералов, об их способности приспосабливаться к внешним условиям: кристаллы устают, стареют, они способны отдыхать, издавать звуки. Подобно живым существам они, размножаются, способны восстанавливать (регенерация) отломанные части, передавать информацию о своем строении на значительные расстояния и др. Эти жизнепроявления, позволяют рассматривать минералы как специфическую форму жизни неорганического мира.

Теснейшая взаимосвязь между неорганической и органической составляющих биосферы во многом обусловлена тем обстоятельством, что вода является их обязательным компонентом. В связи с этим возникает вопрос о механизмах такого рода взаимодействий. С целью обнаружения энергоинформационных связей между изолированными от массива образцами горных пород и водой нами была проведена серия экспериментов. Пластиковые стаканы с дистиллированной водой(100мл) помещали на закрытые емкости (объем 500 мл) заполненные разной величины обломками горных пород различного генезиса (8 -12 видов) и выдерживали в течение двух недель в одних и тех же условиях. Проведенное затем биотестирование всех вариантов воды (увлажнение 100 семян овса, полив проростков, фиксация параметров массы и длины листьев и корней) показало достоверные различия между вариантами. Это является подтверждением наличия энергоинформационного воздействия горных пород на воду и обработанные ею биологические объекты.

**Результаты исследований условий разработки
Львовско-Волынского каменноугольного бассейна**

Кологривко А.А., Голдаев В.А.

Белорусский национальный технический университет

Анализ горно-геологических и горнотехнических условий разработки Львовско-Волынского каменноугольного бассейна, принимая во внимание изучение его географического положения и климата территории, гидрогеологии, угленосности и зольности угольных пластов, тектоники, в части изученности мелкоамплитудных разрывных нарушений в угольных пластах и вмещающих породах, с учетом обобщения практического опыта в части технологии и механизации разработки угольных пластов позволяет представить следующие заключения:

- наличие основной кровли от средней устойчивости до устойчивой, способствующей достаточности эксплуатации механизированных крепей в длинных очистных забоях (лавах) без принципиальных изменений в части технологии управления кровлей, пологое и пологопадающее (от $0\div 3^\circ$ до $5\div 7^\circ$) залегание пластов при низких величинах водопритоков (от 0,6 до 120 м³/час) в целом характеризует горно-геологические и горнотехнические условия разработки пластов как относительно благоприятные;

- наличие развитой мелкоамплитудной тектонической нарушенности массива на отдельных площадях негативно влияет на устойчивость кровли, что осложняет отработку запасов и, в частности, способствует активизации процесса сдвижения и деформаций массива, следствием чего является повышение уровня засоренности добываемых углей;

- шахты бассейна являются опасными по газу, а шахты Червоноградской группы – сверхкатегорными, при этом относительная газообильность достигает уровня 42,3 м³/т суточной добычи, абсолютная газообильность – 34,7 м³/мин; все шахты являются опасными по взрыву угольной пыли;

- значительная часть отработанных запасов находится в интервале мощностей свыше 1,0 м; порядка 70% промышленных запасов действующих шахт находятся в интервале мощностей от 0,6 до 0,8 м;

- для эффективной отработки угля, в следствие причин больших технологических присечек боковых пород, вызывающих высокий уровень засоренности добываемого угля, имеются предпосылки в части изменения существующей технологии ведения очистных работ комбайновым способом, например, целесообразно рассмотреть возможность применения струговых установок.

**Закономерности развития деформационных процессов при освоении
Львовско-Волынского каменноугольного бассейна**

Кологривко А.А., Голдаев В.А.

Белорусский национальный технический университет

Проведенные исследования, анализ и обобщение опубликованных научных и учебных материалов в части установления закономерностей развития деформационных процессов при освоении Львовско-Волынского каменноугольного бассейна, оценка результатов маркшейдерских инструментальных наблюдений за 471 реперами девяти специальных наблюдательных станций состоящих из восемнадцати профилейных линий, в совокупности, позволяет представить следующие заключения:

- на эксплуатируемых шахтах значительная часть земной поверхности подработана горными работами и в настоящее время их влияние на поверхность осуществляется в условиях повторной подработки;

- систематически фиксируются отклонения фактических значений деформации земной поверхности от прогнозных, определенных по действующим Правилам; имеется расхождение ожидаемых величин оседаний земной поверхности с фактическими данными, установленными по результатам маркшейдерских инструментальных наблюдений;

- среднее превышение ожидаемых значений над фактическими значениями оседаний составляет 21,7 %; среднее превышение максимальных ожидаемых значений над фактическими значениями оседаний – 25,3 %;

- отклонения фактических значений оседаний земной поверхности от прогнозных для условий локальных участков прослеживается на уровне: не более 10 % в центральной части мульды сдвижения (в условиях полной подработки); в пределах от 30 до 50 % в центральной части мульды сдвижения (в условиях не полной подработки); в пределах от 50 до 85 % в зоне между центральной и краевой частями мульды сдвижения; на уровне 50 % в краевых частях мульды сдвижения;

- фактические значения максимальных оседаний земной поверхности ни в одном случае наблюдений не превышали расчетных величин (наиболее представительно это проявляется в случаях первичной подработки); наибольшие фактические значения максимальных оседаний прослеживаются на уровне 90 % от прогнозных (среднее значение составляет 60 %);

- для локальных участков в условиях повторной подработки при определении расчетных величин оседаний земной поверхности имеются предпосылки уменьшения коэффициента перегрузки на 10 %, приняв его значение 1,1 (вместо рекомендуемого в настоящее время 1,2).

**Моделирование технологических процессов
с помощью вентильных схем**

Гец А.К., Твердов А.В., Солюян В.А.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время оперативное планирование добычи калийной руды производится в «ручном» режиме и обоснование принимаемых решений носит вероятностный характер.

Такой режим планирования объясняется отсутствием своевременной, достоверной и в необходимом объёме количественной информации с мест её возникновения об объёме и качестве руды, состоянии добычного и вспомогательного оборудования, наличия трудовых ресурсов.

Вопросы предоставления такой информации могут быть решены путём компьютерного имитационного моделирования процессов горного производства.

Одним из методов имитационного моделирования является метод вентильного преобразования ресурсов, принцип работы которого основан на преобразовании ресурсов информации накопителей вентилями, характеризующими интенсивность преобразования этих ресурсов. Под ресурсами понимаются: расстояния, объёмы, время и т.д. Параметры накопителей ресурсов определяются на основе статистической обработки информации о соответствующих характеристиках работы горного оборудования, а интенсивность вентильного преобразования ресурсов носит вероятностный характер и подчиняется заданному закону распределения вероятностей.

Принципы работы имитационных моделей (вентильных схем преобразования ресурсов) строятся на взаимодействии последовательно расположенных вентилях и накопителей имитационной модели и изменение ресурса через вентиль может происходить только в одном направлении: непрерывно или дискретно

Отдельные модули имитационной модели («накопитель-вентиль-накопитель») соединены между собой унифицированными входами и выходами, причем эти модули могут быть стохастическими или детерминированными.

Имитационное моделирование технологических процессов, позволяет прогнозировать параметры функционирования каждого забоя: работоспособность, объём добычи и качество добываемой руды по часам смены с учетом особенностей технологии работы конкретного вида добычного оборудования и параметров транспортной системы.

Ковалёва И.М.

Белорусский национальный технический университет

Обогащение песка состоит в удалении зерен крупнее 5 мм, отмывке пылевидных, илистых и глинистых частиц и улучшении зернового состава.

Для обогащения кварцевых песков применяются следующие технологии:

- обогащение кварцевых песков в водной (мокрая технология) среде методом интенсивной отмывки, оттирки, классификации и электромагнитной (магнитной) сепарации;
- извлечение химическим способом вредных примесей, содержащихся в кварце или кварцевом песке;
- обогащение кварцевых песков методом сухой классификации и электромагнитной (магнитной) сепарации.

Чтобы повысить качество кварцевого песка используют комплексную технологию повышения качества кварцевого песка.

Исходное сырье подготавливается к обогащению в скруббер-бутаре. В нем совмещаются мокрое грохочение песка и дезинтеграция. В водной среде вследствие каскадного перемещения разрушаются глинистые включения, которые выводятся из обрабатываемого материала, песок очищается от гальки, крупных камней и мусора.

После мокрого грохочения песок подвергается механической активации в оттирочной машине для снятия окисных пленок металлов с кварцевых частиц.

После механической активации песок очищается от тяжелых минералов (удельный вес превышает $3.5-4 \text{ г/см}^3$) на концентрационных столах. Использование концентрационных столов позволяет получить песок высокого качества, так же производительность концентрационных столов превышает все показатели, которые можно получить при обогащении другим способом.

Для того чтобы отобрать песок с зернами нужного размера и очистить его от шламов, применяется метод гидравлической классификации. При нем не используют вибрационные грохоты. Гидравлический концентратор позволяет быстро получить сырье нужной крупности.

Кварцевые пески перед отгрузкой на производство могут проходить цикл очищения на спиральных классификаторах. После чего они складываются и поступают на дальнейшее использование на предприятиях.

Осушение месторождений полезных ископаемых дренажными траншеями

Халявкин Ф.Г., Омшарук А.С.

Белорусский национальный технический университет

Осушение карьерных и шахтных полей производится с помощью открытых и закрытых каналов, скважин, прибортового дренажа, водоотлива. Большинство из этих способов имеют ряд недостатков, основными из которых являются высокая стоимость строительства и недостаточный эффект водопонижения.

Между тем известно, что любая горная выработка, в том числе и разрезная траншея, является сооружением снижающим уровень грунтовых вод на расстояние ее радиуса влияния.

Предлагаемая технология осушения водообильных и сравнительно больших по площади месторождений строительных горных пород с помощью двух и более разрезных траншей требует строительства водосборника, соединительных каналов, насосной станции и оставления придонного фильтрующего слоя.

Система работает следующим образом. Вода, поступающая из разрабатываемого массива, движется по фильтрующему слою, поступает в канал и отводится в водосборник.

По мере его наполнения автоматически включается насосная станция и вода откачивается на поверхность в водоотводной канал, по которому самотеком отводится в водоприемник.

Расчеты данной системы сводятся к определению расстояния между разрезными траншеями, величины притока воды в каждую из траншей, мощности привода насосной станции, выбору марки двигателя и насоса. Произведенные в качестве примера расчеты первых двух основных величин при коэффициенте фильтрации равном 9 м/сут , напоре грунтовых вод 10 м и коэффициенте водоотдачи $0,25$ показали, что расстояние между разрезными траншеями составляет 58 м , а приток воды на 1 м длины траншеи при ее ширине 25 м составил $10,9 \text{ м}^2/\text{сутки}$.

С увеличением напора от 5 м до 15 м пропорционально увеличивается приток воды в траншею с $1,9$ до $19,5 \text{ м}^2/\text{сут}$. По параболической зависимости возрастает приток воды в траншею с увеличением коэффициента фильтрации горной породы с 2 до 20 м/сут . При напоре 10 м приток воды возрос с $4,4$ до $19,4 \text{ м}^2/\text{сут}$.

УДК 622.22

Опыт применения автоматизированных систем мониторинга горного давления и прогноза динамических проявлений в лавах калийных пластов Старобинского месторождения

Гарнишевский А.А., Гавриков А.А.
Научно-производственное унитарное предприятие
«Институт горного дела»

К числу первых разработок (начиная с 1989 г.) аппаратных средств относится аппаратура контроля опасных обрушений кровли в лавах СКОК и СКОК-2. Контролировалось давление жидкости в поршневой полости, как правило, одной из гидростоек в лаве. При достижении предельной скорости пригрузки за контрольное время в технологическом цикле система автоматически включала звуковой сигнал в диспетчерской рудника об опасном развитии горного давления, после чего принималось решение о выводе персонала из призабойного пространства лавы.

В 2000 г. была создана автоматизированная система контроля горного давления (ТСК-ОК), которая позволяла одновременно контролировать 10 гидростоек. В основу программного обеспечения ТСК-ОК был положен аналог алгоритма СКОК.

Основным недостатком перечисленных выше систем оставалась низкая достоверность прогноза, заключающаяся как в большом количестве ложных срабатываний по выдаче сигнала тревоги, так и отсутствию реакции на ухудшение геомеханической ситуации в лаве.

К 2002 г. была разработана новая методика автоматизированного сбора, передачи и обработки данных, создан алгоритм прогноза опасного обрушения кровли. Они были реализованы в автоматизированной системе контроля давления кровли (КоДаК). Алгоритм в процессе эксплуатации системы КоДаК с 2005 г. по настоящее время функционирует в нижних слоевых лавах Третьего калийного пласта всех рудников объединения. За всю историю существования этой системы ею было оснащено более 50 лав.

В настоящее время в связи с развитием электроники и горной науки появилась возможность не только заменить и расширить элементную базу в аппаратуре, но и реализовать более сложные алгоритмы прогноза опасных ситуаций. Совместно с аппаратурой КоДаК в лавах ОАО «Беларуськалий» на данный момент функционируют системы мониторинга горного давления X-MAN фирмы EMAG и Press-Cater фирмы KOPEX, позволяющие контролировать все гидростойки забойной крепи в лаве. Унитарным предприятием «Институт горного дела» сегодня производится совершенствование алгоритма прогноза с его адаптацией к новейшим системам контроля.

Результаты исследований проявления горного давления в лавах калийных пластов с использованием крепей высокого сопротивления

Гарнишевский А.А., Ерохин К.А.

Научно-производственное унитарное предприятие
«Институт горного дела»

При наличии в кровле Третьего калийного пласта труднообрушаемых пород они при интенсивных обрушениях динамически воздействуют на крепь нижней лавы, приводя к выходу гидростоек из строя. Для снижения интенсивности динамических обрушений кровли в на Старобинском месторождении рекомендовано применение забойных крепей с несущей способностью не ниже 600 кН/м^2 в комплексе с разупрочнением кровли в концевых участках выемочных столбов.

В то же время на многих угольных месторождениях положительный эффект по управлению труднообрушаемой кровлей достигается только путем существенного увеличения несущей способности крепи без применения дополнительных мероприятий.

В связи с этим проведены шахтные исследования по изучению взаимодействия механизированных крепей с несущей способностью $590\text{--}718 \text{ кН/м}^2$ с труднообрушаемой кровлей Третьего калийного пласта при выемке слоев II, II-III, III селективными и валовыми лавами длиной $216\text{--}251,5 \text{ м}$. Кроме того выполнены теоретические исследования с использованием численного компьютерного моделирования по нагруженности призабойного пространства селективной и валовой лавы с крепями высокого (до 1200 кН/м^2) рабочего сопротивления.

Полученные данные о нагруженности призабойного пространства в лавах позволяют дать положительную оценку использования в них крепей с повышенной несущей способностью.

Результаты теоретических исследований хорошо согласуются с данными, полученными непосредственно в очистных забоях нижних лав. По результатам численного моделирования для поддержания нижних лав при слоевой выемке Третьего пласта с труднообрушаемой кровлей лучшие показатели по напряженно-деформируемому состоянию массива получены при применении крепи с несущей способностью 1200 кН/м^2 .

Однако из-за существенного удорожания крепи с такими параметрами по результатам шахтных и теоретических исследований несущую способность забойных крепей в нижних лавах с труднообрушаемой кровлей без использования защитных мероприятий по разупрочнению кровли и созданию «зон смягчения» целесообразно принимать не менее 800 кН/м^2 .

УДК 625. УДК 622. 235.

Химический и гранулометрический состав отсевов дробления доломитовой породы месторождения «Гралево»

Бондаренко С.Н., Бураковская А.В., Юшкевич А.В.
Белорусский национальный технический университет

Для определения возможности рационального использования отсевов дробления доломитовой породы в дорожной и строительной отрасли изучался химический и гранулометрический состав, технологические свойства этого техногенного отхода. Определение химического состава проводилось с использованием стандартных методик химического анализа, а также рентгенофлуоресцентной и эмиссионной лазерной спектроскопии. Гранулометрический состав исследовали с использованием традиционных методик ситового анализа.

По результатам проведенных исследований среднее содержание основных оксидов (карбонатов) в составе отсева дробления составило: карбонаты ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) – 95%, (в пересчете на оксид магния (MgO) – $20,0 \pm 1,0$; 20 %, на оксид кальция (CaO) – $31,0 \pm 1,0\%$), оксид железа (Fe_2O_3) – 0,35%; оксиды кремния (SiO_2) и алюминия (Al_2O_3) не более 2%, органических примесей нет.

Отсевы дробления по внешнему виду представляют собой мелкокусковой материал с резкими угловатыми гранями. Цвет проб нижнего уровня сероватый с темными вкраплениями, верхнего уровня – кремовый или светло-коричневый с серыми и темными вкраплениями.

Типичный гранулометрический состав отсевов по фракциям представлен далее. Полный остаток на сите (%): 10 мм – 2,2; 5 мм – 40,0; 3 мм – 45,0; 1 мм – 66,0; 0,63 мм – 67,0; менее 0,63 мм – 33,0. Продукт дополнительной переработки отсева дробления – доломитовая мука, имеет зерновой состав, который приводится далее: фракция более 2 мм, не более 1%; фракция 1 - 2 мм, % не более 24%; фракция 0,5 - 1,0 мм, не более 25%; фракция 0,25 - 0,5 мм, % не более 10 - 25%; фракция 0,063-0,25 мм, % все остальное; при этом фракция 0,063 мм, % не более 5%

По результатам проведенных исследований химического и гранулометрического состава можно рекомендовать использование отсевов дробления доломитовой породы, а также продукта их дополнительного измельчения (доломитовой муки) в качестве техногенного сырья для изготовления асфальтобетонной смеси, как материал, уменьшающий скольжение при гололеде, а также для изготовления функциональных материалов (звукоизолирующих и энергосберегающих) в дорожной и строительной отрасли.

УДК 625. УДК 622. 235.

Состав и возможности использования отсевов дробления гранитной породы месторождения «Гралево»

Бондаренко С.Н., Васильева Е.И., Жевнеренко А.С.
Белорусский национальный технический университет

Оптимальное природопользование подразумевает рациональное использование добываемых ресурсов и соответственно максимально полное использование отходов производства. Для таких ресурсоёмких отраслей как строительство всё большую важность приобретают проблемы рационального использования запасов природного сырья. Для разработки наиболее рационального и малоотходного способа освоения месторождения гранита «Микашевичи» необходимо дальнейшее всестороннее исследование и системная оценка возможностей дополнительной переработки и использования вторичных сырьевых ресурсов – отвалов и отсевов дробления гранитной породы [1].

Гранитный отсев имеет основные физико-химические и механические характеристики, которые определяются характеристиками исходного сырья и аналогичны характеристикам основного производимого целевого продукта - щебня.

Исследования химического состава этих образцов показали, что отсеvy гранита Микашевичского месторождения имеют следующие усредненные показатели по содержанию компонентов (масс. %): SiO_2 – (60,3- 63,4) ; Al_2O_3 – (15,2 -15,25); CaO – (4 -4,3); MgO – (2,75 -3,0); Na_2O – (2,40 - 2,45); K_2O – (3,4 - 4,4); $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ – (5,8 - 8,6); MnO – не более 0,19; TiO_2 – около 0,9. При производстве щебня из гранитной породы выход отсева дробления (фракция 0 - 5мм или 0 – 10мм) составляет в среднем 25%. (Фракция 2-5 мм - мытый отсев). Удельный вес отсева может изменяться в зависимости от его гранулометрического состава в пределах вышеуказанных фракций. Химический и гранулометрический состав, технологические свойства отсевов дробления гранитной породы изучались нами с целью определения возможности более широкого и полного использования различных фракций этих техногенных отходов в различных сферах дорожной и строительной отрасли, в том числе для изготовления полимерных покрытий и полимерных плит для повышения стойкости покрытий к истиранию и в качестве заполнителя и добавок в бетон при строительстве цементобетонных дорог.

1. Буткевич Г.Р. Промышленность нерудных строительных материалов: достигнутое и перспективы. //Строительные материалы. 2003. № 11. С. 2 – 5.

**Выбор способа наблюдения за деформациями земной поверхности,
подработанной подземными горными выработками**

Долгих А.В., Долгих Л.В.

Криворожский национальный университет

Исследования территорий, подверженных различным видам деформаций, как известно, выполняются различными способами. Часто на практике используются наблюдательные станции, для реперов профильных линий которых измеряются отметки и расстояния между ними. Измеренные расстояния и превышения используются для определения вертикальных и горизонтальных деформаций.

В последнее время для измерений используются современные электронные приборы и GPS, что позволяет повысить точность и надежность полученных результатов. Предлагается при помощи GPS определять пространственные координаты реперов для вычисления по ним величин деформаций.

При исследовании деформаций на территории шахты им. Орджоникидзе, где в 2010 году наблюдалось значительное обрушение, сначала использовались линейные промеры и геометрическое нивелирование. Однако затем было обнаружено, что такие наблюдения не всегда дают надежные результаты.

На участках, где невозможно было, по разным причинам, расположить профильные линии перпендикулярно к прогнозируемым обрушениям, по реперам были проложены специальные полигонометрические ходы. Вычисленные координаты реперов на последнюю дату сравнили с координатами их первоначального положения. Полученные в результате разницы координат характеризуют величины и направления смещений реперов за данный период. Для некоторых реперов эти смещения превысили более 20 см, хотя длины линий и превышения изменились не более чем на 2 см.

На территории Криворожского железорудного бассейна есть участки, для которых сложно предсказать образование провалов или направление сдвижения из-за плохой изученности горных работ начала прошлого столетия.

Нами установлено, что при наблюдениях за деформациями с использованием линейных промеров и измерений превышений, в условиях Кривбасса необходимо периодически определять координаты реперов. Современное оборудование позволяет совмещать способы профилей и координат. Это повышает достоверность данных, по которым разрабатываются мероприятия по охране зданий и сооружений.

Графит участка Порт-Артуровский

Горбатова Е.А., Емельяненко Е.А.
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Челябинская область обладает мощной базой по добыче и переработке графита. Многочисленные проявления графита известны с прошлого столетия в Кочкарском графитоносном районе (г. Пласт Челябинской области). Однако особого внимания заслуживает группа Чесменских проявлений графита.

Участок Порт-Артуровский расположен на восточном крыле Нижне-Тимптонского складчатого овала среди толщ нимфырской свиты нижнего архея. Геологический разрез участка сложен породами разной степени метаморфизма (сверху вниз): глинистыми сланцами, филлитами, слюдяными и хлоритовыми сланцами. Предварительное опробование показало, что количество графита в углеродсодержащих породах варьирует от 1,1 до 13,9 %.

Исследования углеродсодержащих пород, установлено, что графит представлен плотнокристаллическими, тонкокристаллическими и скрытокристаллическими разновидностями.

Плотнокристаллический графит образует полосы и небольшие линзы в матрице горной породы. Полосчатость обусловлена чередованием графита и кварца. По результатам электронной микроскопии установлено, что графит образует рассредоточенные выделения в ткани горной породы. Его тонкие чешуйки обволакивают зерна породообразующих минералов, равномерно распределяясь в объеме породы. Вокруг и между чешуйками снеповидного хлорита наблюдается перекристаллизация графита с образованием более крупных его выделений (до 50 мкм) с содержанием углерода в графите до 93 %.

Тонкокристаллический графит образует хлопьевидные выделения размером до 24 мкм. Химический состав этого графита стабильный, среднее содержание углерода составляет 89 %.

Скрытокристаллический графит наблюдается в виде вкрапленников в рутиле и силикатах железа. Образует как одиночные формы, так и сростки, распыленные в массе породы. Размер вкраплений варьирует в широких пределах от 1,6 до 19,4 мкм. Содержание углерода в данной разновидности графита составляет около 80 %.

Таким образом, графит участка Порт-Артуровский различается морфологией и гранулярным составом, что предопределяет его разделение на сорта по совокупности технологических свойств.

Учет компетентности экспертов при суммарной оценке согласованности определения устойчивости бортов карьера

Шолох Н.В., Романенко А.А., Сергеева М.П.
Криворожский национальный университет

Расчет устойчивости ярусов отвалов и бортов карьеров в настоящее время приобретает все большее значение для отработки глубоких горизонтов месторождений полезных ископаемых открытым способом. Для принятия обоснованных решений необходимо опираться не только на общий математический расчет устойчивости, но также и на уровень компетентности специалистов, изученность месторождения, общей ситуации в карьере и направления развития горных работ.

Метод экспертных оценок представляет собой комплекс логических и математических процедур, направленных на получение заключения эксперта или группы экспертов по определенному вопросу. Главное преимущество этого метода состоит в возможности использования для принятия оптимальных решений опыта и интуиции группы компетентных специалистов. Экспертным путем могут устанавливаться характеристики рисков, значения различных величин или приниматься решения. К достоинствам данного метода можно отнести отсутствие необходимости дорогостоящих программных средств, а также простоту расчетов. В расчетах устойчивости откосов уступов и бортов карьеров данный метод практически не применяется, хотя он может быть использован для определения веса факторов, при использовании методики районирования и оценки состояния бортов карьера в границах карьерного поля по факторам устойчивости горного массива. Для оценки величины согласованности мнений экспертов нами используется формула Кандела, расчета коэффициента конкордации с учетом квалификации экспертов, а именно их компетентность, объективность, склонность к независимому системному мышлению, активность и т. д., для определения веса факторов, которые влияют на устойчивость массива горных пород. При выполнении оценки с использованием данного метода определяется среднее значение совокупности факторов и отклонение d_j среднего ранга j -го фактора от средней величины ранга.

Таким образом, добавление квалификации экспертов при расчете устойчивости откосов уступов и бортов карьера позволяет более полно оценить согласованность мнений и получить наиболее реальную картину оценки факторов и более точно решать задачу определения оценки состояния устойчивости бортов карьера в границах карьерного поля.

Вплив втрат промислово-балансових запасів і розубоження вмісту якості корисної копалини на процес усереднення при видобуванні відкритим способом

Шолох М.В., Сергєєва М.П.
Криворізький національний університет

Розробка рудного родовища, покладу, рудного тіла чи дільниці супроводжується втратами промислово-балансових запасів і розубоження вмісту якості корисної копалини у залізорудній масі безрудними прошарками і вміщуючими породами, що безпосередньо і досить істотно впливають на однорідність якісного складу залізорудної маси, яка видобувається. Під їх впливом зростають коливання вмісту корисних компонентів у добутій залізорудній масі. Тому при розрахунках показників однорідності якісного складу корисної копалини у залізорудній масі при експлуатації і проектуванні гірничодобувних підприємств необхідно враховувати вплив втрат промислово-балансових запасів і розубоження вмісту якості корисної копалини у залізорудній масі на процес усереднення вмісту якості корисної копалини у залізорудній масі.

Виникає питання, як однорідність якісного складу корисної копалини у залізорудній масі, яка видобувається, пов'язана із втратами промислово-балансових запасів і розубоження вмісту якості корисної копалини. Однорідність якісного складу корисної копалини у загально рудничному потоці залізорудної маси залежить від однорідності одиничних потоків, що надходять із забіїв окремих добувних одиниць. В свою чергу, формування кожного з одиничних потоків корисної копалини у залізорудній масі відбувається під впливом втрат промислово-балансових запасів і розубоження вмісту якості корисної копалини у залізорудній масі. Тому з урахуванням впливу втрат промислово-балансових запасів і розубоження вмісту якості корисної копалини у залізорудній масі необхідно робити в першу чергу розрахунки показників усереднення вмісту якості корисної копалини у залізорудній масі одиничних потоків.

Таким чином, для розв'язку цієї задачі скористаємось виразами балансу кількості залізорудної маси і балансу кількості заліза, пов'язаного з магнетитом, при видобуванні промислово-балансових запасів, які справедливі для будь-якої дільниці покладу, який відпрацьовується, тому їх можна використовувати для оцінки кількості заліза, пов'язаного з магнетитом, і вмісту якості корисної копалини у залізорудній масі, добутої однією добувною одиницею у певний період часу (годину, зміну, добу) і розглядати як випадкові функції, що змінюються протягом місяця.

Оценка пригодности песков карьера «Курково» для дорожного строительства

Васильева Е.И., Казачек А.В.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки соответствия природного сырья карьера «Курково» Смоленского района требованиям ГОСТ 8736 – 93 «Песок для строительных работ. Технические условия» были проведены исследования представительных проб песков различных выработок месторождения по двум блокам. Проведен анализ зернового состава, определены группы и модули крупности этих природных песков; методом отмучивания определено содержание в песке пылевидных и глинистых частиц. Результаты определения зернового состава песка трех представительных проб природного сырья карьера приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Зерновой состава песка трех представительных проб

Размер отверстий сит, мм	Частные остатки на ситах						Полные остатки на ситах		
	m_{i1} , г	a_{i1} , %	m_{i2} , г	a_{i2} , %	m_{i3} , г	a_{i3} , %	A_{i1} , %	A_{i2} , %	A_{i3} , %
5	50	4,5	-	-	20	1,7	10,8	-	5,6
2,5	165	14,7	5	0,4	55	4,7	25,5	0,4	10,3
1,25	120	10,7	10	0,8	80	6,9	36,2	1,2	17,2
0,63	375	33,5	130	10,5	380	32,8	69,7	11,7	50
0,35	240	21,4	560	45,3	470	40,5	91,1	57	90,5
0,14	90	8	465	37,3	100	8,6	99,1	94,7	99,1
Поддон	10	0,9	65	5,3	10	0,9	100	100	100

Установлено соответствие проб песков следующим группам по крупности и определены модули крупности: $M_{к1}=3,2$ – повышенной крупности; $M_{к2}=1,65$ – мелкий; $M_{к3}=2,7$ – крупный; содержание зерен свыше 10 мм в песке из первой выработки существенно превышает значение допустимое ГОСТом. Содержание в пробах песка пылевидных и глинистых частиц несколько превышает допустимые значения, кроме первой пробы.

Для улучшения грансостава первой пробы рекомендуется методом грохочения исключать фракции песка свыше 5 мм. Для улучшения состава песка третьей выработки рекомендуется провести грохочение и промывку песка от примесей и включений.

Песок из второй выработки может быть использован в дорожном строительстве без дополнительного обогащения.

Авторы выражают благодарность доценту, кандидату химических наук Бондаренко С.Н. за помощь в написании данной работы.

Куликовская О. Е., Атаманенко Ю. Ю.
Криворожский национальный университет

Горнодобывающие предприятия большой мощности характеризуются быстрой сменой положения контуров добываемых уступов, что требует применения современных систем для оперативного мониторинга горных работ. Большинство горнорудных предприятий применяют электронные тахеометры, которые имеют электронные полевые регистраторы измерительной информации

Качественный скачок в направлении создания инструментов построения 3D моделей произошел с появлением безотражательных систем измерения, с разработками на их основе трехмерных лазерных сканирующих систем. В результате чего возможно получить трехмерный растр или скан в виде облака точек с известными координатами. Внедрение системы лазерного сканирования существенно увеличивает безопасность ведения работ на горнорудных предприятиях, особенно на стадиях завершения обработки карьера. Системы лазерного сканирования имеют определенные преимущества: они позволяют следить за положением горных работ в реальном режиме времени, оперативно определять форму бортов карьера и т.д. Недостатки системы лазерного сканирования аналогичны недостаткам электронных тахеометров. Так же следует отметить, что высокая стоимость и трудоемкость установки лазерных сканеров.

Сегодня широкое распространение в различных областях науки и техники получили беспилотные летательные аппараты (БПЛА), технические характеристики которых позволяют получать качественные аэрофотоснимки. Например, БПЛА DELTA-M, оснащен высокоточным приемником глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и опорно-поворотным устройством (ОПУ), что позволяет увеличивать площадь аэрофотосъемки, и этим делает модель более уникальной, относительно других аппаратов.

Перед запуском БПЛА в интерфейсе наземной станции управления (НСУ) задаются: область съемки, необходимые значения продольного и поперечного перекрытия, высота полета. Получение качественных результатов фотосъемки обеспечивается обработкой цифровых снимков в специализированных программных пакетах, таких как: Pix4Dmapper, Photoscan, PHOTOMOD, что позволяет существенно упростить и автоматизировать процесс обработки данных.

**Инновационные
технологии в геодезии
и картографии**

**Проекции для автоматизированного проектирования,
строительства и эксплуатации магистральных транспортных
сооружений**

Подшивалов В. П., Мартинкевич И. Ю.
Белорусский национальный технический университет

Современные технологии производства геодезических измерений и их представления в цифровом формате позволяют обеспечить решение различных задач, использование картографо-геодезической основы для проектирования в автоматическом режиме. Применение автоматизированных систем проектирования линейных сооружений большой протяженности предполагает координатное описание оси сооружения в единой для всего объекта системе. Транспортные сооружения могут иметь разную ориентацию: северо-южное; западно-восточное; с западно-восточного на северо-южное и т.д. Использование зональных систем координат на основе какой-либо проекции (Гаусса–Крюгера, Ламберта, Гаусса–Боага) приводит к проблеме разных зон и, следовательно, разных систем координат. Например, только на территории Республики Беларусь магистрали Запад-Восток пересекают три координатные зоны. Использование локальных систем координат без учета геометрии земного эллипсоида приводит к недопустимо большим искажениям геометрических параметров линейных сооружений.

На основе проекций из класса наилучших геодезических проекций, имеющих общее алгоритмическое описание, можно формировать единые для транспортного сооружения системы координат, а также взаимосвязанные координатные системы для сопряжений транспортных сооружений. Эта задача решается путем реализации критерия Чебышева-Граве о наилучших проекциях на основе конформных отображений поверхности земного эллипсоида и плоскости. При определенных значениях композиционных коэффициентов в такой проекции изоколы могут принимать форму семейства гипербол, сопряженных их общими асимптотами. Асимптоты могут быть ориентированы относительно координатных осей произвольно также, при этом они как и гиперболы, являются изоколами. Путем моделирования значения частного масштаба длин в точке пересечения асимптот семейства сопряженных гипербол можно обеспечить нулевые искажения вдоль какой-либо гиперболы или асимптоты, которые наиболее близко подходят к изображению оси трассы. В этом случае вся трасса попадает в зону минимальных искажений, и геометрические параметры трассы, полученные по координатам проекции, будут иметь минимальные расхождения с натурными.

Основы автоматизации формирования библиотеки проекций для ГИС

Подшивалов В. П. , Левкин Е. В., Крутящий П. Г.
Белорусский национальный технический университет

Геоинформационные системы (ГИС) основаны на автоматизированных технологиях формирования, импорта-экспорта и представления обширных баз данных о пространственно распределенных объектах. Формирование картографической основы описания положения объектов в ГИС обеспечивается библиотекой картографических проекций. Наши исследования показывают возможность автоматизации процесса выбора наилучшей проекции для ГИС различного назначения и общности описания исследуемой территории. Теоретической основой для выбора наилучшей проекции для ГИС является известный в математической картографии критерий Чебышева–Граве. Реализация этого критерия выполняется на основе применения композиционных проекций. Эти проекции формируют из конформных поперечно-цилиндрической и конической проекций. При моделировании степени их участия в композиции, изменяется форма изоколы до формы, обобщающей форму границ исследуемой территории. При этом обеспечиваются минимально возможные искажения геометрических образов внутри изображаемой территории. Для создания оптимальных условий для решения различных задач предоставляется возможность управления искажениями внутри изображаемой области путем выбора значения частного масштаба длин в центре проекции, как частный случай такой проекции можно рассматривать проекцию Гаусса–Боага или UTM. Обеспечением равенства по абсолютной величине искажений в центре проекции и на краю изображаемой области наибольшие искажения уменьшаются в два раза. Например, для территории Республики Беларусь на краю шестиградусной зоны проекции Гаусса–Крюгера искажения достигают величины 1:2 000, а в проекции Гаусса–Боага – 1:4 000. Если территорию Беларуси изобразить в одной координатной зоне проекции из предлагаемого класса (вместо трех шестиградусных в международной разграфке проекции Гаусса–Крюгера), то максимальные искажения не превзойдут величины 1:3000.

Процесс изыскания наилучших проекций выполняется в автоматическом режиме на ЭВМ на основе общего алгоритма вычислений. Различие в координатах проекции Гаусса–Крюгера и нового класса проекций составляет малые величины третьего порядка, поэтому обозначение исследуемой территории в рамках ГИС может быть выполнено на картографической подложке в традиционном виде.

Способ полевой юстировки нивелира с устранением кривизны визирной линии зрительной трубы

Киричок О.И., Пожелаева К.А.

Белорусский национальный технический университет

Кривизна визирной линии зрительных труб является серьезным источником погрешностей нивелирования и усложняет методику выполнения работ. Она возникает вследствие отсутствия соосности оптических компонент зрительной трубы, в частности в результате смещения сетки нитей с оси перемещения фокусирующей линзы. Второй фактор, вызывающий кривизну визирной линии, есть несоосность центра объектива и оси перемещения фокусирующей линзы. Юстировка соосности как в заводских условиях, так и в условиях лаборатории, и тем более в полевых, затруднена в силу микроскопичности юстируемых величин. Отсутствует также методика определения величин смещения центра объектива с оси перемещения фокусирующей линзы.

Кардинальное решение проблемы состоит в том, чтобы на ось перемещения фокусирующей линзы вывести и сетку нитей и центр объектива. Выведение одного из элементов в нужное положение не решает проблему, поскольку КВЛ лишь изменяет свою величину, и не обязательно в сторону уменьшения. Одновременная или параллельная полевая юстировка положения элементов не ставилась ни как задача, ни как цель. Решений аналогичных задач в практике геодезических измерений не описано.

Зная правильные разности отсчетов между точками можно подгонять положение функциональных узлов прибора (сетки нитей и объектива) на ось перемещения фокусирующей линзы. Техника исполнения такой операции может быть разной, но содержательная часть по необходимости будет включать в себя последовательное выведение в створ оси перемещения фокусирующей линзы то сетки нитей, то центра объектива.

Поскольку кривизну визирной линии по двум точкам выявить невозможно, базис поверки разбивают с тремя точками и определяют их высоты. Нивелир, как в поверке двойным нивелированием, устанавливают поближе к одной из крайних точек базиса. Затем, последовательными приближениями, на дальнюю рейку юстируют положение уровня а на среднюю поочередно сетку нитей или центр объектива.

Способ высокоточного нивелирования осадочных марок

Киричок О.И., Пожелаева К.А.

Белорусский национальный технический университет

Проблема доступности высокоточного нивелирования при наблюдениях за осадками сооружений актуальна для стройплощадки. Она усугубляется тем обстоятельством, что сложные ситуационные условия затрудняют соблюдение равенства плеч даже при наличии высокоточных приборов.

На кафедре инженерной геодезии БНТУ разработан способ высокоточного нивелирования с применением рядовых технических средств в виде точных и технических теодолитов.

Сущность способа заключается в том, что превышения между осадочными марками измеряются тригонометрическим нивелированием с многократным измерением вертикального угла на разные высоты наведения на рейку. Высоты наведения выбираются такими, чтобы отсчеты по вертикальному кругу были близки к МО.

При использовании теодолита типа Т5К особенностью способа является то, что в качестве высоты наведения выбираются деления рейки, ближайšie к горизонтальному положению визирной оси и при двух положениях вертикального круга берутся по нему отсчеты. При расстояниях до рейки в пределах 20м для достижения точности в пределах 0,2 мм достаточно четырех высот наведения при каждом круге. При симметричном расположении относительно МО отсчетов по вертикальному кругу способ не критичен к точности измерения расстояний.

По другой схеме строится методика высокоточного нивелирования теодолитом тридцатисекундной точности. Отсчеты по вертикальному кругу устанавливаются кратными делениям круга, что повышает точность определения угла наклона, а по рейке берутся отсчеты высоты наведения. В данном случае необходима рейка с миллиметровыми делениями. Достижение высокоточного результата нивелирования здесь возможно лишь при автономном для каждого измерения приведения в нульпункт пузырька уровня.

Обоснование требуемой точности построения геодезических сетей для целей демаркации границы

Карлович М.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрен наиболее неблагоприятный случай с точки зрения влияния погрешностей взаимного положения исходных пунктов государственной геодезической сети (ГГС) и пунктов государственной съёмочной сети (ГСС) на завершающий этап геодезических построений – проложение опорных теодолитных ходов (ОТХ).

Произведен расчет допустимой погрешности положения исходных для проложения ОТХ срединных пунктов ходов, рассматриваемых как самые слабые в отношении точности, относительно пунктов ГГС, определенных из двух ходов светодальномерной полигонометрии. Пологая, что между пунктами ГСС проложен теодолитный ход точности 1:2000 и принимая критерий ничтожности влияния исходных данных равным 1/3 предельная относительная погрешность взаимного положения пунктов ГСС будет $(1:2000) \times (1/3) = 1:6000$.

Приняв длину прямолинейного теодолитного хода, проложенного между пунктами ГСС $L_{ав} = 3$ км, получим предельную погрешность взаимного положения этих пунктов $(1:6000) \times 3000 = 0,50$ м.

Считая определения планового положения пунктов ГСС независимым и равноточным, получим погрешности положения каждого из них: $\Delta_{пра} = \Delta_{прв} = 0,5/2 \frac{0,5}{\sqrt{2}} = 0,36$ м; $M_a = M_b = \frac{0,36}{2} = 0,18$ м.

При $M_a = M_b \leq 0,18$ м сеть сгущения по точности соответствует предъявленным к ней требованиям. С учетом сведений предварительной изученности состояния пунктов ГГС на приграничной территории, учитывая специфику выполнения демаркационных работ и основываясь на технических возможностях, здесь и далее в основу расчета положены исходные данные: $L = 12$ км; $n = 10$; $m_s = 5,0$ см; $m \beta = 10''$. Искомые величины, вычисленные по формулам составят: $m_{ср.} = 7,9$ см; $m_{u.ср.} = 15,5$ см; $M_{a(v)} = 17,4$ см; $\alpha_{ср.} = 8,2''$. Полученная средняя квадратическая погрешность положения пунктов сети сгущения (светодальномерная полигонометрия) $M_{a(v)} = 17,4$ см меньше расчетной ($M_a = M_b = 0,18$ м).

О состоянии местной системы координат г. Минска

Кашура В.Н., Богданов В.И.

Белорусский национальный технический университет

На территории г. Минска существует своя МСК установленная методом ортогональных преобразований и началом координат в центре города. В процессе жизнедеятельности города и расширении территории происходило постепенное уменьшение плотности пунктов городской полигонометрии. Реконструкция геодезической сети производилась без совместного уравнивания, что привело к накоплению ошибок во взаимном положении пунктов городской геодезической сети.

В 2012 г. были выделены средства финансирования для решения противоречий между фактическим состоянием и требованиями по точности и однородности городской геодезической сети в г. Минске.

Реконструкция и переуравнивание были выполнены и включали в себя следующие этапы:

- сбор сведений о наличии пунктов полигонометрии;
- проектирование и выполнение работ по созданию и восстановлению участков сети в местах ее утраты и в перспективных районах города;
- совместное переуравнивание городской сети с использованием старых и новых данных;
- составление новых каталогов координат городской геодезической сети и замена ими старых;
- сохранение городской системы координат с целью сохранения топографических и кадастровых материалов;

Уравнивание городской геодезической сети в г. Минске было выполнено на каркасе 80x80 км с опорой на исходные пункты ГГС. После уравнивания, в некоторых районах города, отклонения между пунктами в плановом положении достигают 90 см и более. Не допустимые расхождения в координатной основе непосредственно влияют на положение на топографических планах изображений предметов и контуров местности (Согласно СНБ 1.02.01.-96 п.3.6.10).

Таким образом, имеющиеся специальные топографические планы масштаба 1:500 на территорию г. Минска имеют недопустимые отклонения в изображении предметов и контуров местности с четкими очертаниями. После реконструкции и переуравнивания городской геодезической сети в г. Минске остро стоит вопрос по дальнейшему использованию специальных топографических планов масштаба 1:500.

Методы уравнивания, основанные на теории математического программирования

Гармаза О.Е.

Белорусский национальный технический университет

Методы уравнивания, основанные на теории математического программирования, обладают следующими положительными особенностями:

1. В методах математического программирования рассматриваются решения задач с ограничениями линейного и нелинейного характера в виде равенств и неравенств. Основным вопросам применения математического программирования в геодезии посвящены работы П. И. Баранова.

2. Методы квадратичного программирования позволяют выполнять решение больших систем уравнений вычислительными алгоритмами, наиболее приспособленными к их реализации на ЭВМ.

В настоящее время при решении геодезических экстремальных задач используют квадратичное программирование главным образом для оптимального проектирования и уравнивания геодезических сетей. Наибольшее применение в практике геодезических вычислительных работ получили методы квадратичного программирования, рассчитанные на те случаи, когда целевая функция квадратична, а ограничения, которых может и не быть, линейны.

3. Методы нелинейного программирования позволяют выполнять решение системы нелинейных уравнений без линеаризации исходных параметрических уравнений. Коренные вопросы уравнивания и оценки точности геодезических сетей без линеаризации параметрических уравнений наиболее полно изложены в работах З. М. Юршанского и В. И. Мицкевича.

4. Методами нелинейного программирования возможно уравнивание геодезических сетей не только по методу наименьших квадратов, но и другим способом в соответствии с выбранной критериальной функцией.

Из выше изложенного можно сделать вывод о целесообразности использования методов математического программирования в геодезических вычислительных работах и их дальнейшего совершенствования.

**Автоматизация геодезических расчетов при проектировании
выборочной вертикальной планировки незастроенных участков**

Позняк А.С., Просяновский Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Исходная топографическая поверхность участка представляется для проектирования матрицей фактических отметок центров 20-метровых квадратов. В файле исходных данных указываются размер матрицы фактических отметок по столбцам и строкам, предельно допустимые проектные минимальные и максимальные (поперечные – по строкам и продольные – по столбцам) уклоны поверхности и минимальные рабочие отметки планировки. На первом этапе проектирования вычисляются средние отметки центров тяжести укрупненных 60-метровых квадратов, характерной особенностью которых является то, что проведенные через них любые плоскости (кроме вертикальных) позволяют получать баланс объемов земляных масс в выемках и насыпях. На втором этапе - выполняется сравнительный анализ и корректировка вычисленных отметок с целью ликвидации бессточных участков и обеспечения минимальных проектных уклонов проектных плоскостей.

Площади $P_{B(H)}$ и объемы $V_{B(H)}$ выемок и насыпей с заданными минимальными рабочими отметками, превышающими погрешности исходных фактических отметок, определяются по формулам

$$P_{B(H)} = 400 \cdot N_{B(H)}, \quad V_{B(H)} = 400 \sum h_{B(H)},$$

где $N_{B(H)}$, $\sum h_{B(H)}$ – соответственно количество и сумма рабочих отметок в контурах выемок и насыпей.

Результаты проектирования выводятся на принтер в виде схемы со стандартной формой записи рабочих, проектных и фактических отметок центров квадратов со сторонами 20 м. Указываются объемы сохраняемого плодородного слоя почвы, объемы грунта выемок и насыпей, средневзвешенное расстояние перемещения грунта, стоимостные затраты на бульдозерные работы, другие технико-экономические показатели.

Разработанное программное обеспечение на алгоритмическом языке Фортран позволяет при вариантном изменении проектных уклонов, а также минимальных рабочих отметок получать различные технико-экономические показатели проектных решений, на основе которых выбрать оптимальный комплект машин и механизмов для выборочной вертикальной планировки.

Геодезические измерения античности

Атоян Л.В.

Белорусский национальный технический университет

С древнейших времен человечество применяет геодезические измерения при обработке земли и делении ее участков (межевании) по собственникам, при строительстве каналов и транспортных путей, различных сооружений. Несомненно, что для возведения выдающихся монументальных строений и инженерных сооружений таких, как пирамиды и храмы Египта, Мексики, канал между Нилом и Красным морем, оросительные системы в долине Нила и др., использовались геодезические методы, в основе которых лежат принципы геометрии и простейшие угломерные инструменты. О некоторых таких измерениях известно из документов античности, о других можно делать гипотетические предположения.

Наиболее известными из ранних геодезических измерений можно назвать определение окружности Земли Эратосфеном около 240 года до н. э. Во время летнего солнцестояния (22 июня) в полдень в г. Сиена (Асуан, Египет) Солнце находится прямо над головой (в зените), отражаясь в глубоких колодцах. В Александрии (в 5000 стадий – 800 км – севернее) в это время солнечные лучи падают под углом $7,2^{\circ}$ к вертикали. Используя гномон и скафис, Эратосфен получил длину окружности Земного шара по меридиану равную 39816 км. По современным данным она составляет 40009 км.

Одним из шедевров античной инженерии считается водопровод длиной 1034 м на острове Самос, созданный по проекту инженера Эвпалина в VI в. до н. э. и проходивший по тоннелю. Вода по этому тоннелю подавалась в город из источника, находившегося по другую сторону горы. Известно, что тоннель рыли одновременно с обеих сторон горы, что требовало высокой квалификации от инженера, руководившего стройкой.

Проведенные в начале XX в. обмеры Египетских пирамид, поразили исследователей, с какой точностью в древности умели ориентировать стороны сооружения относительно стран света (около $3'$), нивелировать их основание (6-14 мм) и измерять линии ($1/3000$).

Строительство древних культовых, дворцовых, общественных сооружений отличается характерными особенностями: осевой композицией, модульностью подсистем, точной ориентировкой.

Герман А.Р.

Белорусский государственный университет

Атоян Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Начало создания перспективно–панорамных карт (в современной терминологии их принято называть 3D-картами) тесно связано с Великими географическими открытиями. В эпоху Возрождения сложилась система знаний о перспективе. Одним из первых городских карт-гравюр считается панорама Венеции, выполненная Джакомо де Барбари в 1500 г. Наиболее значительным произведением эпохи Великих географических открытий является опубликованный в Кельне атлас «Civitates orbis terrarum» («Города мира», 1577 г.). Среди отдельных изданных произведений следует отметить панорамы Цюриха (1576), Москвы (1600), Антверпена (1617), а также белорусских городов Гродно и Несвижа. Последний был выполнен известным картографом Томашем Маковским в 1604 году.

XVIII–XIX вв., с развитием технического прогресса, было утрачено средневековое искусство картографии. Картографическое искусство начинает возрождаться только со второй половины XX в., что связано с научными трудами в этом направлении. Большое значение представляют теоретические и практические разработки Райса, Имгофа, Смирнова, Атояна и др. В конце XX века также успешно работают зарубежные издательства: «Bollmann-Bildkarten-Verlag» (Германия), «Terra-Nostra» (Польша), Unique Media (Канада) и др. Первые панорамные карты с позиции системного подхода — перспективная проекция – реалистический рисунок – многоцветное живописное оформление — разработаны Атояном Р.В. Примерно в это же время появляются первые компьютерные панорамные изображения городов.

Возможно поэтапное создание 3D карт с помощью компьютеров: автоматизация подготовительных работ; частичная автоматизация составительских и художественных процессов создания панорам; полная автоматизация создания панорамной карты. Применение компьютерных технологий на современном этапе, какими бы они ни были совершенными, невозможно без участия человека. Следовательно, здесь следует говорить об автоматизированном способе создания карт в отличие от автоматического, при котором полностью исключается человеческий фактор.

УДК 528+574 (476)

**Использование данных дистанционного зондирования Земли
для изучения характера зарастания Солигорского водохранилища**

Топаз А.А., Рудаковский И.А.

Белорусский государственный университет

Искрицкая А.О.

Белорусский национальный технический университет

Использование спутниковых данных в настоящее время приобретает особую актуальность при мониторинге гидрологических объектов. На снимках распознаются не только зоны развития скоплений водорослей, поля и потоки мутности, фитопланктона, но и детальная картина распределения высшей водной растительности (макрофитов). Для выявления основных дешифровочных признаков высшей водной растительности акватории Солигорского водохранилища был выполнен анализ результатов полевого дешифрирования и космических снимков Белорусского космического аппарата (панхроматических снимков с пространственным разрешением 2,1 м и многозональных снимков с пространственным разрешением 10,5 м). При дешифрировании многозональных снимков применялись такие методические приемы, как дешифрирование серии зональных снимков и дешифрирование цветных синтезированных изображений. Исследования показали, что по снимкам в красной зоне дешифрируются общие границы распространения надводной растительности. На снимках в ближней инфракрасной зоне, лучи которой практически не проникают в воду, наиболее четко разделяются подводные и надводные объекты, поэтому такие снимки целесообразно использовать для дешифрирования островов и береговой линии на момент съемки. Однако более эффективным оказалось использование цветных синтезированных изображений, на которых находят отображение все особенности спектральных различий объектов.

Методика цифровой обработки многозональных снимков включала следующие этапы: выбор оптимального варианта синтеза спутниковых данных; вырезание фрагмента изображения, содержащего территорию Солигорского водохранилища (для облегчения и ускорения процесса работы); автономную классификацию изображений и интерпретацию полученных результатов (отраженных на картах классификации).

Анализ цветных синтезированных изображений (RGB – синтез, комбинация каналов 4-3-2), а также результатов их компьютерной обработки (автономной классификации) позволил выявить основные дешифровочные признаки высшей водной растительности акватории Солигорского водохранилища.

Оценка эколого-геодинамических условий Старобинского месторождения калийных солей на основе космической информации

Топаз А.А., Сивенков А.Ю.

Белорусский государственный университет

Кабацкий А.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время особое внимание уделяется организации и ведению космического литомониторинга Солигорского горнопромышленного района, где возникла сложная эколого-геологическая обстановка в связи с крупномасштабной разработкой Старобинского месторождения калийных солей.

Цель наших исследований заключалась в обосновании возможностей оценки эколого-геодинамических условий Старобинского месторождения калийных солей на основе космической информации и ГИС-технологий. Для достижения данной цели потребовалось решение следующих задач:

- сбор, анализ и систематизация материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) по Солигорскому горнопромышленному району;
- системный анализ геодинамических условий Солигорского горнопромышленного района (выявление наиболее информативных наблюдаемых параметров - геоиндикаторов, характеризующих геодинамические условия объекта);
- геоинформационный анализ геодинамических условий объекта на основе космической информации/

В качестве основы для получения первичной информации по Солигорскому горнопромышленному району были использованы космические изображения, полученные Белорусским космическим аппаратом. Методика выявления космогеоиндикаторов включала контролируемую классификацию данных ДЗЗ, а также анализ материалов инженерно-геологических изысканий. Были установлены конкретные геоиндикаторы и дешифровочные признаки участков повышенной интенсивности экзогенных процессов. Оценена информативность метода дешифрирования космической информации с помощью гео-информационных технологий для целей оценки эколого-геодинамических условий, разработаны методические подходы и рекомендации с целью прогноза негативных процессов, вызванных техногенной нагрузкой на окружающую среду. Собранный материал был представлен в виде информационной базы геоданных, визуализированной в свободной кроссплатформенной геоинформационной системе QantumGis.

Деформационный мониторинг сооружений, находящихся в зоне техногенных просадок земной поверхности Солигорского промрайона

Михайлов В. И., Искрицкая А. О.

Белорусский национальный технический университет

Деформационный мониторинг, это контроль и систематическое изучение геометрических размеров и положения объектов. Системы мониторинга позволяют предупредить катастрофы, минимизировать убытки и избежать жертв.

Просадочные явления оказывают негативное влияние на эксплуатацию различных сооружений. Это сложности с обеспечением питьевого водоснабжения в сельской местности, негативное воздействие на здания, инженерные коммуникации, мосты, шламохранилища, плотины, дамбы.

В качестве экспериментальных наблюдений нами совместно с ЗАО «Экомир» выполнены геодезические измерения деформаций реперов наблюдательной станции (НС) «Автомаршрутный мост через Солигорское водохранилище» цифровым нивелиром На 3003 и телескопической кодовой рейкой. Обработка данных проводилась с помощью специализированного программного обеспечения Leica Geo Office.

С этой целью на НС для геодезических измерений в мосту заложено 24 репера в пределах 0,8 км. Длина между реперами колебалась от 6 до 15 м. Наблюдения проводились с 2003 по 2010 г. г. с периодичностью два раза в год. Последние два года работы выполнялись цифровым нивелиром На 3003, а не НЗ как ранее. Анализ полученных результатов показал, что максимальное оседание моста с начала наблюдений составило 751 мм на реперах 5 и 6. В 2010 году текущее оседание достигло 15 мм на репере 8 при скорости оседания 0,032 мм/сут.

С учетом наших рекомендаций для безаварийной эксплуатации моста были увеличены зазоры между его пролетными конструкциями, осуществлен ремонт пешеходных проходов, ограждений дорожного покрытия. Восстановлена НС для дальнейших геодезических измерений деформаций осадочных реперов моста.

Дальнейшие исследования в области деформационного мониторинга в пределах оседаний земной поверхности Солигорского промрайона требуют более детальных систематических наблюдений за инженерными сооружениями.

О нивелировании I класса на Санкт-Петербургском ГДП

Михайлов В.И., Коляго М. Л., Крюк А. В.
Белорусский национальный технический университет

Данный геодезический полигон располагается на территории Санкт-Петербурга и пригородной зоны. Целью планируемых работ - обследование и реконструкция существующей сети геодезических пунктов, производство нивелирования I класса и изучение СВДЗК города.

Всего на данном объекте обследовано 268 знаков, из них 34 было утрачено, заложено 15 новых реперов.

Линия нивелирования №8 проходит через исторический центр города. Из-за большой транспортной нагрузки и скопления туристов, геодезические работы выполнялись ночью, в период «белых ночей». Для нивелирования использовался нивелир DiNi0₃ с инварными штрих-кодowymi рейками длиной один, два и три м.

Геодезические измерения превышений производились в прямом и обратном направлениях по двум парам костылей, образующих две отдельные линии с изменением горизонта прибора на каждой станции. При перемене направления нивелирования, рейки менялись местами и система взятия отчетов изменялась на противоположную.

Допуски для производства нивелирования I класса на ГДП: длина визирного луча не более 50 м и не менее 15 м; разность плеч не более 0,3 м. Расхождения по секции средних значений превышений прямого и обратного ходов на ГДП – не более 2мм \sqrt{L} и 1 мм \sqrt{L} соответственно. L – длина секции в км. СКП на 1 км хода равна 0,3 мм.

Камеральная обработка результатов нивелирования выполнялась в программном комплексе КРЕДО - НИВЕЛИР.

Сравнительным анализом результатов нивелирования прошлых лет и данных, полученных в ходе высокоточных измерений были установлены отрицательные деформации существующих реперов в среднем на 3-5 мм/год.

Построенный профиль местности и график накопления разностей превышений по линии №8 показали, что деформации нивелирных знаков обусловлены современными вертикальными движениями земной коры и просадками земной поверхности в результате хозяйственной деятельности человека. Наибольшие их величины отмечены в первой десятке реперов, так как они находятся в части города со множеством каналов, расположенных на болотистых землях и с большой транспортной нагрузкой.

Дежурный топографический план: сегодня и завтра

Рак И.Е.

Белорусский национальный технический университет

Многие годы в органах архитектуры и градостроительства городов осуществлялось ведение дежурного инженерного топографического плана (далее ДИТП) на планшетах или в виде больших складных чертежей. За это время в администрациях скопились десятки миллионов единиц хранения, зачастую несколько раз перерисованных и нечитаемых, хотя важность и необходимость этих документов при строительстве, а в частности при изыскательских работах, сомнений ни у кого не вызывает. Из-за отсутствия системного подхода к решению глобальной (для нашего государства) задачи по сбору и использованию уже накопленной информации вопросы ведения ДИТП на современном уровне не решены.

Ситуацию ухудшили и «кустарные» попытки вдохнуть в старые чертежи новую жизнь. Многочисленные сканирования и перепечатывания сделали практически невозможным работу с средне- и мелкомасштабными картографическими материалами.

В итоге мы получаем существенное удорожание строительного цикла из-за больших сроков получения и низкого качества исходных данных в процессе «изыскания – проектирование – строительство». Кроме того, из-за неточностей ДИТП повышается вероятность техногенных аварий и катастроф.

Поэтому, можно рассматривать централизованный перевод ДИТП в электронный вид как последовательное выполнение следующих шагов:

1. Сформировать правовое поле цифрового ДИТП.
2. Разработать и утвердить нормативно-технические документы и регламенты для обеспечения единства ведения ДИТП на всей территории Беларуси.
3. Провести инвентаризацию топографических материалов и других пространственных данных, накопленных на местном уровне.
4. Развернуть работы по реализации системы ведения цифрового ДИТП на местном уровне.
5. Ведение цифрового дежурного крупномасштабного топографического плана.

Апостериорный поиск грубых ошибок при трёхмерном уравнивании геодезических построений

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Активное использование спутниковых систем при выполнении топографо-геодезических работ приводит к необходимости совместного уравнивания наземных и спутниковых измерений. Если ранее уравнивательные вычисления выполнялись отдельно для плановых и высотных измерений, то наличие ГНСС-измерений требует одновременного включения в одну модель уравнивания разнородной измерительной информации, состоящей из превышений, наклонных расстояний, горизонтальных и вертикальных углов (направлений), а также спутниковых векторов (базовых линий). Результатом использования данного подхода является нелинейная система, содержащая параметрические уравнения связи измеренных величин и неизвестных поправок в приближённые параметры (трёхмерные координаты точек). Уравнивание полученной системы уравнений может быть выполнено по методу наименьших квадратов (МНК) при помощи линеаризованных уравнений, опубликованных в работах (A. Leick, 2015) и (Ch. D. Ghilani, 2010). Тем не менее, следует иметь в виду, что для получения достоверных результатов уравнивания по МНК в системе уравнений должны отсутствовать грубые ошибки измерений. Поэтому после уравнивания должна быть выполнена процедура статистического тестирования геодезического построения (например, тест хи-квадрат). В случае невыполнения статистического теста гипотеза о корректности статистической модели отвергается, после чего должно быть выполнено обнаружение и устранение грубых ошибок измерений. Для поиска грубых ошибок в традиционных геодезических построениях использовались методы Data Snooping, предложенный W.Baarda (1968) и t -тест, предложенный A.J.Pope в 1976 г. Однако, как показано в статье (S.Baselga, 2007), данные методы не подходят для поиска ошибок при уравнивании зависимых измерений. Поскольку точность измеренных спутниковых векторов характеризуется полной ковариационной матрицей, то использование методов t -теста и data snooping при трёхмерном уравнивании не являются оптимальными и могут быть заменены альтернативными методами. Одним из них является обобщённый метод многостепенной оптимизации (ОММО), разработанный на основе IRLS (Iteratively reweighted least squares) и распространённый автором на случай зависимых измерений в 2008 г.

**Особенности исполнительной съёмки Свято-Борисо-Глебской
(Коложской) церкви в г. Гродно**

Куприенко Н.О.

Белорусский национальный технический университет

Свято-Борисо-Глебская (Коложская) церковь в Гродно – одно из пяти сохранившихся архитектурных сооружений домонгольского периода в Беларуси. Расположена на высоком берегу реки Неман. Вместе с комплексом памятников Замковой горы объявлена историко-архитектурным заповедником.

Из-за особенностей своего местоположения часть сооружения располагается на укрепленном от сползания в реку бетонном основании. Так как здание находится на обрыве, подмываемом рекой, оно подвержено опасности деформаций и обрушения. Поступило предложение – наблюдать за осадками и деформацией церкви.

Для первого периода наблюдений было принято решение выполнить исполнительную съёмку с составлением топографического плана масштаба 1:500 и высотой сечения рельефа 0,1 метр. В процессе рекогносцировки было обнаружено 3 грунтовых репера и 9 ственных реперов в фундаменте церкви.

Съёмка выполнялась тахеометром Trimble M3. Вокруг церкви был проложен тахеометрический ход с одновременной тахеометрической съёмкой местности.

Для выполнения работ была принята местная система координат. Грунтовый репер наиболее удаленный от берега реки был принят за исходную точку с координатами $X = 1000$ м, $Y = 1000$ м, $H = 100$ м. За начальное направление было выбрано направление на соседний репер, так же наиболее удаленный от берега.

В результате выполнения работ вокруг церкви был проложен замкнутый тахеометрический ход, состоящий из шести станций. С каждой станции методами тахеометрической съёмки были получены пространственные координаты семи ственных реперов в фундаменте церкви, а так же характерных точек плана и рельефа.

Предварительная обработка и уравнивание были проведены в программе CredoDAT 4. Несмотря на небольшую площадь съёмки, существенное влияние на результат оказал рельеф местности, в результате плановые ошибки не превышают 2 см., а высотные 4 см. Результат обработки был экспортирован в систему автоматизированного проектирования AutoCAD, где производилась дальнейшая оцифровка данных.

Маркшейдерские работы для обеспечения бестраншейного строительства инженерных коммуникаций методом микротоннелирования с использованием гирокомпаса NORTHAR 24

Мысливчик Е. Ю., Мысливчик Ю. А.*
Белорусский национальный технический университет,
СУ-173 ОАО «Трест №15 «Спецстрой»*

Гироскопические измерения, их обработку и вычисления выполняют в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации прибора.

В процессе работы комплекса жестко смонтированный на проходческой машине гирокомпас NORTHAR 24 по запросу определяет направление на север по отношению к оси машины. При помощи навигации по счислению пути производится определение местоположения машины. Программное обеспечение комплекса управляет ходом процесса измерения и, на основе значений измерения от датчиков гирокомпаса, рассчитывает пространственные координаты рабочей трубы проходческой машины. Началом системы отсчета для данных в отношении положения и высоты является геометрическая средняя точка рабочей трубы. Направление, наклон, закручивание измеряются маркшейдером.

В качестве исходных параметров вводят географическую широту района работ, измеряемые координаты оси машины и истинное направление машины (азимут машины). Для определения азимута машины поступают следующим образом: маркшейдер определяет на машине две точки - в начале у ротора и в конечной части машины, по полученным координатам определяется азимут машины. Если машина не перемещается вперед по продольной оси, то есть происходит снос машины. Так как гирокомпас определяет ось машины относительно направления на север, но не опознает так называемое «вспахивание» в направлении, то возникает отклонение от актуального положения. Угол сноса определяется с помощью контрольных замеров и вводится в систему для обеспечения оптимальной точности наведения. Неточность измеренного начального направления включается в результат навигации как постоянная ошибка. Начальное направление, определенное с неточностью в 0,0625 гон, равное значению около 1 мм/м, дает ошибку горизонтального отклонения в 10 мм после 10 м проходки. Если проходческая машина не движется вдоль конструктивной продольной оси, а смещается поперек продольной оси, то возникающий при этом угол дрейфа полностью относится на счет точности навигации. Для устранения рассчитывают угол дрейфа и вводят соответствующую поправку.

Математическое описание оси трассы

Мартинкевич И.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Совершенствование технологий дорожного строительства для Республики Беларусь является актуальной задачей. Дорожная сеть – одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая функцию своеобразной кровеносной системы в сложном организме страны.

Важную роль в строительстве играют инженерно-геодезические работы. От оперативности и качества их выполнения зависит оперативность самих строительных работ, а иногда и своевременных вводов объекта в эксплуатацию.

Дорога является протяженным линейным сооружением и может достигать длины в несколько тысяч километров. Поскольку дорога может находиться в разных системах координат различных зон, существуют трудности приведения ее координат в единую систему для облегчения проектирования и изысканий.

Разбивка осей трассы в координатной форме проводится тахеометром, что кардинально изменяет выполнение разбивочных работ, так как измерение и вынос на местность расстояний выполняется без использования землемерных лент и рулеток. Их применение затруднительно в условиях беспокойного рельефа или изрытой поверхности и на улицах с интенсивным движением автотранспорта. Необходимость проведения сгущения сети и нахождения координат оси трассы сразу в нескольких системах координат усложняет процесс разбивки. Анализ методов определения геодезических элементов по выносу в натуру оси трассы показывает, что распространенные на данный момент методологический аппарат является недостаточным. Существует потребность в разработке новых методов математического описания оси трассы и нахождения геодезических элементов для разбивки.

В докладе предлагается метод, основанный на математических расчетах, дающий возможность нахождения геодезических элементов для разбивки в единой системе координат. Суть представленного метода заключается в математическом описании оси трассы и возможности определения координат элементов трассы в любой точке, независимо от протяженности и конфигурации трассы. В этом случае мы можем получить значение координат x , y для любой точки, если в компьютере тахеометра будет заложена соответствующая программа, реализующая предлагаемые алгоритмы.

**Некоторые особенности инженерно-геодезических изысканий
при реконструкции базы отдыха «Леошки»
на Браславских озерах**

Петрович Н.С.

Белорусский национальный технический университет

Инженерно-геодезические изыскания — это работы, проводимые для получения топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности, существующих зданиях и сооружениях. Инженерно-геодезические изыскания для реконструкции базы отдыха «Леошки» выполнены на территории 18 га и имели целью создание комплекса топографических материалов для проектирования.

Анализ исходных данных позволил сделать вывод о том, что существующие пункты ГГС могут быть использованы в качестве геодезической основы для создания планового съемочного обоснования топографических съемок, включая съемку текущих изменений, а также в дальнейшем для осуществления исполнительной съемки.

Развитие планового съемочного обоснования выполнялось проложением теодолитного хода электронным тахеометром South NTS-362R с дальнейшим уравниванием в программном обеспечении Credo DAT соответствует требованиям ТКП 45-1.02-233-2011. Топографическая съемка выполнялась этим же тахеометром параллельно с прокладкой теодолитного хода. На местности измеряли горизонтальные углы и расстояния между точками в части создания съемочного обоснования. При той же установке прибора выполнялась тахеометрическая съемка и досъемка вновь появившихся объектов местности в части актуализации материалов ранее выполненных топографических работ. Использование данного прибора, выбранной методики съемки и программного обеспечения позволили выполнить топографическую съемку в соответствии с нормативными требованиями.

Все работы выполнены в соответствии с требованиями нормативной и руководящей документацией, описывающей не только непосредственно инженерно-геодезические изыскания, но и их экономическое обоснование.

Работа выявила свою актуальность в совместном использовании современных приборов и оборудования, а также программных продуктов, позволяющих вести обработку и уравнивание результатов полевых работ, а также представлять топографическую продукцию в цифровом формате и в виде топоплана.

**Общепрофессиональные и комплексные
проблемы**

Охрана труда

Условия труда работающих на сварочных участках

Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет

Условия труда работающих на сварочных участках определяются комплексом факторов производственной среды таких как загазованность, шум, тепловое облучение, ультрафиолетовое излучение. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований, выполненных при аттестации рабочих мест на предприятиях и в организациях Республики Беларусь.

Результаты проведенных исследований показали, что уровни шума при ручной электродуговой сварке превышают допустимые значения на 1–4дБ, при работе на автоматических и полуавтоматических машинах – на 4 - 8 дБ, при сварке в среде аргона – на 8 – 12 дБ, при газовой резке – на 7 – 12 дБ, при зачистке сварных швов – на 9 – 14 дБ.

Наиболее высокие уровни УФ-излучения уровни (7-12 и более Вт/м²) отмечены в длинноволновой области УФА при ручной дуговой и полуавтоматической сварке, при сварке в среде аргона. В средневолновой области УФВ параметры излучений при всех видах электросварки примерно одинаковы (2-6 Вт/м²), а в коротковолновой области УФС максимальные значения выявлены при электросварке в среде аргона (до 19 Вт/м²). При воздушно-плазменной резке металла уровень составил 7 Вт/м² в области УФС. В спектральной области УФВ эти значения были равны от 1, 6 до 5,9 Вт/м² в диапазоне УФА.

Интенсивность теплового облучения превышает допустимые значения и находятся в интервале 210-290 Вт/м² при ручной электродуговой сварке, 170-220 Вт/м² при работе на автоматических и полуавтоматических машинах, 160-200 Вт/м² при сварке в среде аргона, 270-380 Вт/м² при газовой резке.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны при сварочных работах зависит от вида сварки. При ручной электродуговой сварке и работе на автоматических и полуавтоматических машинах отмечается превышение предельно допустимых концентраций по содержанию марганца до 1,2-2 раз, а содержание оксида углерода, оксидов азота, оксидов железа и ряда других вредных веществ находится как правило в пределах допустимых значений.

Таким образом, при проведении сварочных работ необходимо учитывать воздействие комплекса вышерассмотренных факторов производственной среды.

**Условия труда работающих на смесеподготовительных участках
литейных цехов**

Лазаренков А.М., Хорева С.А.

Белорусский национальный технический университет

Условия труда работающих на смесеподготовительных участках определяются комплексом факторов производственной среды таких как запыленность, загазованность, шум, тепловое излучение. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований, выполненных при аттестации рабочих мест на предприятиях и в организациях Республики Беларусь.

Вредные вещества, такие как оксиды углерода, оксиды азота, фенол, формальдегид фиксировались на рабочих местах у оборудования для сушки песка и термической регенерации отработанной формовочной и стержневой смесей. Однако превышения предельно допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны не отмечалось. Повышенные концентрации фенола и формальдегида зафиксированы на рабочих местах у установок приготовления холодно твердеющих смесей. Содержание пыли в воздухе рабочей зоны отмечалось при операциях загрузки и выгрузки материалов.

Интенсивность теплового излучения на рабочих местах у работающего оборудования не превышала допустимых величин.

Повышенные концентрации пыли в воздухе рабочей зоны отмечались при сушке песка у сушил барабанных и вертикальных, а также при сушке песка в кипящем слое. Превышение предельно допустимой концентрации пыли составляло до 1,4 – 3 раз.

Концентрации пыли превышали ПДК на рабочих местах у бегунов смешивающих и центробежных, у установок приготовления холодно твердеющих смесей, у установок приготовления жидких самотвердеющих смесей. Повышенные уровни шума отмечались на рабочих местах при работе щековых, валковых и молотковых дробилок, при работе шаровых, молотковых и вибрационных мельниц, при работе смешивающих бегунов. Уровни шума на рабочих местах у оборудования превышали допустимый значения на 1 – 7 дБ.

Таким образом при комплексной оценке условий работающих на смесеподготовительных и смесеприготовительных участках литейных цехов необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, а также продолжительность нахождения персонала непосредственно у работающего оборудования.

Пожарная безопасность трансформаторов

Филянович Л.П., Киселева Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

Среди электротехнического оборудования, которое используется в процессах передачи и распределения энергии, ключевую роль играют силовые трансформаторы. Сфера их применения – объекты электроэнергетики со своим комплексом городских сетей, ГЭС, ГРЭС, ТЭЦ, АЭС, промышленные предприятия, нефтегазодобывающая и перерабатывающая отрасли, железные дороги. Вплоть до последней трети прошлого века в электрических сетях использовались в основном силовые масляные трансформаторы. Данный факт обусловлен их относительно невысокой стоимостью. Однако подобное оборудование имеет такие недостатки, как пожароопасность и экологическая опасность. Именно поэтому появилась тенденция к применению сухих трансформаторов, которые представляют собой один из современных пожаро- и экологически безопасных типов оборудования. Такое оборудование можно устанавливать в непосредственной близости от потребителей или в жилых домах. У потребителей и на небольших распределительных подстанциях сухие трансформаторы уверенно занимают свою нишу. Именно их устанавливают в местах, требующих повышенной безопасности, - на территориях учебных заведений, в аэропортах, шахтах, метро, жилых зданиях. Кроме того, подобное оборудование должно применяться в местах с повышенными требованиями к охране окружающей среды – в курортных зонах, водозаборных станциях, спортивных сооружениях. Сухие трансформаторы широко применяются и на промышленных предприятиях, металлургических комбинатах, химических производств, объектах нефтегазовой отрасли. Это объясняется двумя причинами. Первая – нет необходимости в системе пожаротушения, что выгодно для промышленных потребителей. Вторая – возможность расположения оборудования в непосредственной близости от центра нагрузки. Это позволяет оптимизировать схему электроснабжения, а также свести к минимуму использования цепей низкого напряжения. Кроме того, снижаются выбросы углекислого газа, соответственно уменьшается негативное воздействие на окружающую среду. А также, некоторые современные сухие трансформаторы могут устанавливаться в регионах с экстремальными климатическими условиями. Есть еще одна важная особенность современных сухих трансформаторов, которая повлияла на широкое распространение в промышленности, - даже при серьезных начальных капиталовложениях современное оборудование позволяет экономить электроэнергию.

Инфракрасное излучение в условиях труда на рабочих местах

Киселева Т.Н., Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Современное производство характеризуется большим разнообразием источников теплового, или инфракрасного, излучения, что связано с широким распространением технологических процессов, где излучение является как побочным фактором, так и основным фактором, формирующим условия труда. Тепловое, или инфракрасное (далее – ИК) излучение как одна из составляющих микроклимата наряду с повышенными уровнями шума и вибрации, запыленностью воздуха рабочей зоны, комплексом вредных химических веществ, высокой тяжестью труда работников является основным неблагоприятным фактором производственной среды и определяет условия труда. Формирование и воздействие на работающих ИК-излучения происходит при многих технологических процессах по термической обработке металла, пластмасс и др. материалов, стекловарению, производству строительных материалов, электрогазосварочным работам, обслуживанию объектов теплоэнергетики. Исследования показали, что при литье металлов, термическом, кузнечно-прессовом производстве, стекловарении, сварке металлов и т.п. ИК-излучения достигает 10 тыс. Вт/м^2 у открытых печей, расплавленной стекломассе и др. При ручной ковке, транспортировке металла, сварочных процессах составляет – $450 - 840 \text{ Вт/м}^2$. Источником излучения на рабочих местах паяльщиков является разогретый ($700 - 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$) металл. ИК-излучения составляют $300 - 600 \text{ Вт/м}^2$ на уровне корпуса тела и $800-900$ – на уровне рук работающих. Параметры теплового излучения при дуговой сварке составляют $250-300$ до 600 Вт/м^2 . При автоматической и полуавтоматической сварке, а также в среде аргона и других защитных газов параметры теплового излучения были ниже. При газовой резке и газосварке уровни ИК-излучения также определялись величиной обрабатываемых деталей и расстоянием от источника и составляли $159-580 \text{ Вт/м}^2$ и более как непосредственно при электросварке, так и после прекращения работы сварочной дуги или выключения газовой горелки за счет излучения от уже нагретого металла, особенно при больших размерах обрабатываемых деталей.

Кроме указанных производств и профессий, ИК-излучение, как правило, с уровнями, превышающими допустимые значения санитарных норм, определяется на рабочих местах в производстве стеклянных изделий, на предприятиях теплоэнергетики (паропроводы, котлы, печи), термообработке деталей в производстве цемента, шифера, кирпича и др.

Особенности охраны труда при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях радиоактивного загрязнения территории

Молош Т.В., Макареня А.А.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Основное внимание по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы в настоящее время направлено на загрязненные земли, где проживает население и ведется сельскохозяйственное производство. Необходимо обеспечить охрану труда работающих в условиях радиоактивного загрязнения территории. Вредными радиационными факторами при эксплуатации сельскохозяйственной техники являются: ионизирующее излучение от загрязненных машин и оборудования, рабочих мест, отработанных фильтров, масел и обтирочных материалов; радионуклиды, содержащиеся в органической и минеральной пыли. Время нахождения механизаторов в местах работы и на открытой местности зависит от уровня радиации, защитных свойств техники и организации производственной деятельности. Различные способы защиты механизаторов от воздействия радиации в зависимости от обстановки и с учетом свойств ионизирующих излучений включают: использование защитных свойств техники, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) и медицинской защиты, строгое ограничение времени пребывания на открытой местности. В настоящее время система обработки почв в зоне радиоактивного загрязнения направлена на снижение накопления радионуклидов в урожае, уменьшение эрозионных процессов, снижение возможности аэриального переноса частиц; снижение времени воздействия излучения на работающих в поле. Отдельные технологические операции возделывания сельскохозяйственных культур могут быть совмещены и выполняться комбинированными машинами, что позволяет значительно сократить время радиационного воздействия на механизаторов. При эксплуатации и обслуживании сельскохозяйственной техники проводится контроль радиационного загрязнения рабочих мест механизаторов в кабине; наружных поверхностей тракторов и самоходных машин в местах обслуживания; прицепных и навесных машин и снижение его дезактивационными мероприятиями до допустимых уровней. Пункты специальной обработки машин оснащаются необходимыми средствами, материалами, приборами, емкостями для воды и дезактивирующими растворами, инструментом, СИЗ. Руководители и специалисты сельскохозяйственных организаций должны предусмотреть комплекс мер противорадиационной защиты, которые обеспечивают охрану труда работающих.

Комплексная оценка безопасности плавильных агрегатов

Ушакова И.Н., Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет

Изучены опасные и вредные факторы при эксплуатации плавильных агрегатов при плавке латуни. Перечень вредных и опасных факторов составлен на основании результатов аттестации рабочих мест плавильщиков, заливщиков и анализа литературных данных, нормативно-правовых и технических актов.

Основными опасными и вредными производственными факторами в рабочей зоне плавильщик, заливщика, литейщика при плавке латуни являются: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования и воздуха рабочей зоны.

Проведен расчет тепловых излучений от канальной индукционной печи. Интенсивность теплового потока превышает нормы и составляет 1374 Вт/м^2 . В качестве экрана для локализации тепловых излучений рекомендовано теплоотражательное стекло с пленочным покрытием из окислов металлов оловянно-сурьмяное «Затос».

Экранирование (устройство оградительных конструкций на пути распространения инфракрасных излучений) является наиболее распространенным и эффективным способом уменьшения интенсивности облучения работающего.

Большое значение при эксплуатации печей имеет соблюдение общих требований безопасности, изложенных в нормативной документации. Основные требования безопасности к индукционным печам:

- кожухи индукционных печей должны быть надежно изолированы от индуктора и заземлены;
- кабели, подводящие ток к индуктору печи, должны быть изолированы и ограждены;
- контроль за непрерывным поступлением воды в индикаторы следует проводить специальными приборами, автоматически отключающими печь в случае перебоя в подаче охлаждающей воды.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия опасных и вредных факторов используются такие мероприятия как кондиционирование воздуха, воздушное душирование, спецодежду и другие средства индивидуальной защиты, перерывы в работе, обязательно питьевое водоснабжение и др.

**Решение вопросов пожарной безопасности при реставрации
памятников архитектуры**

Ушакова И.Н., Китаев М.И.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь имеется много памятников архитектуры, которые необходимо реставрировать. Объектом нашего исследования является реставрация Дворца Булгака в Жиличах (Могилевская обл.).

В процессе работы проводилось исследование состояния отдельных элементов конструкций дворца. При этом использовались основные сведения из литературных источников и архивных документов, данные ОАО «Белреставрация». Проведен анализ нормативно-правовых актов по пожарной безопасности, которые необходимо соблюдать при реставрации здания.

Для определения степени огнестойкости здания дан расчет толщины слоя бетона основного здания дворцового ансамбля, который представляет собой двухэтажный корпус. В результате расчета определена приведенная толщина сечения стены. С помощью номограммы определен предел огнестойкости – 90 мин., что соответствует III степени огнестойкости здания. Сделан вывод, что повышать степень огнестойкости данного здания нет необходимости, следовательно, и утепление не нужно делать. Однако имеется ряд вопросов по пожарной безопасности, которые необходимо решить при реставрации Дворца Булгака.

Дворцовые проемы в несгораемых стенах хранилищ фондов, реставрационных мастерских и пожароопасных помещениях музеев и картинных галерей должны защищаться самозакрывающимися противопожарными дверями.

Покрытие полов и звукоизоляция с применением синтетики в зданиях музеев, картинных галерей, и непосредственно в самом дворце допускается с использованием только нетоксичных несгораемых и трудносгораемых материалов.

Все помещения здания должны быть оснащены автоматическими средствами сигнализации и пожаротушения, независимо от наличия разделения на отсеки противопожарными перегородками.

В хранилищах музеев и картинных галерей ширина главных проходов должна быть не менее 2,5 м, а расстояние между фондовым оборудованием не менее 0,9 м.

Наружные пожарные лестницы, а также ограждения на крышах комплекса должны содержаться в исправном состоянии.

Охрана труда при нанесении восстановительно-упрочняющих покрытий методами высокоэнергетического воздействия в лабораторных условиях

Пантелеенко Е.Ф., Журавков Н.М.
Белорусский национальный технический университет

Одними из наиболее распространенных среди высокоэнергетических методов восстановления деталей являются методы плазменного нанесения покрытий.

Участок с плазменной установкой располагается в изолированном помещении с площадью не занятой оборудованием не менее 10 м² и высотой потолков не менее 3,5 м. Установка обеспечена предупредительной сигнализацией, блокировкой и ограждением.

При работе с плазменной установкой на оператора воздействуют следующие вредные и опасные производственные факторы:

- высокочастотный шум, уровень которого, в том числе в диапазоне ультразвуковых колебаний (4000 – 40 000 Гц), может превышать 80 дБ, поэтому обязательно использование антифонов, противощумов, а также установление особого режима работы. Участок, где проводятся работы, имеет шумопоглощающее ограждение;

- образующаяся в воздухе рабочей зоны высокодисперсная парогазо-пылевая смесь состоит из мелких частиц наносимых металлов, их оксидов и нитридов, озона. С помощью местного отсоса из рабочей зоны удаляется около 75-90% вредных веществ. Остальное смешивается с окружающим воздухом и удаляется общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией;

- ультрафиолетовое излучение которое может вызвать электроофтальмию, ожог сетчатки и впоследствии хронический конъюнктивит, оператор плазменной установки защищен с помощью сварочной маски;

- инфракрасное излучение от нагретых рабочих поверхностей. В рабочей зоне обеспечивается скорость движения воздуха не менее 1,3 м/с, оператор использует спецодежду;

- электромагнитные поля от работы генератора.

На основе данных аттестации условия труда на рабочем месте оператора плазменной установки относятся к повышенной опасности и оцениваются классом – 3.2 что, предполагает право на установление доплат за вредные условия труда и дополнительный отпуск, а также использование индивидуальной защиты.

**Методы решения шума и вибрации объектов
общественного питания**

Журавков Н.М., Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время объекты общественного питания (кафе и рестораны) размещены в нижних этажах жилых домов, поэтому актуальным является определение прогнозируемых уровней звукового давления и вибрации в этих помещениях (расчеты индексов проведенных уровней ударного шума существующих перекрытий, а также индексов изоляции воздушного шума существующими стенами и перекрытиями согласно ТКП 45-2.04-127-2009.

Источником шума в помещениях кафе и ресторанов являются технологическое оборудование, рабочий персонал и посетители.

Исходными данными для выполнения расчетов служили уровни шума, создаваемые в помещениях ресторана. При измерении уровней шума использовался шума-анализатор спектра ОКТАВА – 110А.

Выполненные расчеты позволяют определить и реализовать технические мероприятия по шумо- и виброзащите вышерасположенных жилых помещений.

Для гарантированного выполнения норм по изоляции ударного шума на отметке +0,00 м выполняется конструкция «плавающего пола» с применением рулонного материала Sopersound P200. Толщина армированной бетонной стены – 50 мм. Расчетный индекс снижения приведенного уровня ударного шума составляет 27 дБ. В качестве дополнительной звукоизоляции для снижения проникающего в квартиры воздушного шума выполняются звукоизоляционный подвесной потолок типа D112 с креплением Vibrofix SP и заполнением акустической минеральной ватой AcousticWool Sonet. Для снижения шума, передаваемого от вентилятора в воздуховоды применяются каналные глушители. Для демпфирования стенок воздуховодов они оклеиваются полимерным самоклеющимся материалом Tecsound SY70 и далее изолируются минераловатными плитами.

Для крепления воздуховодов, вентиляторов и иного оборудования к плитам перекрытия рекомендованы подвесы Vibrafix Uni Vibrolux BOX с диапазоном нагрузок от 2 до 50 кг и уплотнением стыков специализированным герметикам Bostik 835.

Суммарный индекс изоляции между рестораном и жилыми квартирами составляет $R_w = 81,3$ дБ, что соответствует ТКП 45.2.04-154-2009 «Защита от шума. Строительные нормы проектирования».

**Специфика труда работников строительной отрасли:
профессиональные риски**

Батяновская И.А., Первачук Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Жилищная политика в Республике Беларусь занимает далеко не последнее место с учетом социальной направленности экономики и политики. Поэтому к строительной индустрии в этих условиях предъявляются особые требования, в том числе и по вопросам охраны труда. Несмотря на механизацию, в строительстве по-прежнему активно используется ручной труд, и профессиональные риски, которым подвергаются работники данной отрасли, являются одними из самых значительных. Работники строительной отрасли подвергаются широкому спектру вредных воздействий на производстве. Из-за особенностей работы на строительной площадке эти воздействия не однозначны и не одинаковы: они зависят от конкретной профессии, работы, трудового дня и даже времени работы. Кроме того, условия на рабочих местах очень часто меняются, соответственно меняются и профессиональные риски. Работа в таких условиях может служить источником стресса, увеличивать риск возникновения психосоциальных проблем, что повышает вероятность несчастных случаев и заболеваний.

Риски получения травм связаны со спецификой работы (высотные работы - падение с крыш, строительных лесов, лестниц; земляные работы - обрушение грунтов, эксплуатация землеройно-транспортных машин; применение подъемных механизмов - кранов и строительных лебедок, использование электрооборудования, ручных инструментов).

Здоровье работающих в строительной отрасли подвержено таким факторам риска, как воздействие опасных веществ (асбестосодержащая пыль, кварц и др.), перемещение тяжелых и громоздких грузов вручную; влияние высокого уровня шума и вибрации, источниками которых служат как ручные инструменты, так и строительные машины и технологическое оборудование. Строительные работы часто осуществляются в условиях высоких или низких температур, при сильном ветре, в дождь, снег, туман.

Анализ опасных и вредных факторов производственной среды в строительной отрасли при расследовании профессиональных заболеваний и травм показывает, что основными причинами их возникновения являются: несовершенство технологических процессов (65,6%), несовершенство рабочих мест (48,9%), неисправность и неприменение средств индивидуальной защиты (9,4%), конструктивные недостатки машин и оборудования (2,1%), прочие (19,8%).

Аллергоопасность производственной среды

Вершеня Е.Г., Батяновская И.А.

Белорусский национальный технический университет

За последние десятилетия резко увеличилось число больных страдающих аллергической патологией. По статистике в Беларуси на 100 тысяч населения, ежегодно впервые регистрируются более 40 больных с диагнозом аллергический ринит, около 50 - бронхиальная астма, 660 - аллергическое поражение кожи (контактный дерматит и экзема).

Аллергия – это повышенная чувствительность организма к какому – либо веществу, характеризующаяся различными проявлениями.

Одной из причин развития аллергии являются вредные условия труда на производстве. Количество химических и биологических аллергенов, применяемых в промышленности и сельском хозяйстве, очень велико (более 3000 веществ с доказанной аллергенной активностью).

Характерной особенностью профессиональных аллергических заболеваний является их быстрое формирование и быстрая трансформация легких форм в более тяжелые клинические формы. Большинство кожных аллергических заболеваний (аллергодерматозы) регистрируются у работников в первые пять лет профессионального контакта с производственными аллергенами (42,7 – 57,8 %), причем в основном именно в первый год работы (9,2 – 32,4 %).

Основными критериями аллергоопасности производственной среды являются: контакт работников с производственными аллергенами, интенсивность их воздействия и путь поступления в организм рабочих.

Согласно Санитарным нормам и правилам «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения РБ от 28 декабря 2012 г. № 211 и Инструкции 2.2.5.11-11-24-2003 «Критерии гигиенической оценки степени аллергоопасности производственной среды» утвержденным Министерством здравоохранения РБ от 21.11.2003 аллергоопасность условий труда подразделяется на 4 степени и оценивается в баллах.

1-я степень – малая аллергоопасность условий труда (интегральная оценка 2,1 – 5,0 баллов); 2-я степень – умеренная аллергоопасность условий труда (оценка 5,1 – 7,0 баллов); 3-я степень – высокая аллергоопасность условий труда (оценка 7,1 – 9,0 баллов); 4-я степень – чрезвычайно аллергоопасные условия труда (оценка 9,0 и более баллов).

Чем выше степень аллергоопасности выполняемых работ, тем более «жесткими» должны быть меры профилактики.

**Исследование параметров Wi-Fi излучения типового роутера
компании «Белтелеком»**

Науменко А.М., Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Wi-Fi: - относительно новый стандарт по беспроводной передаче данных, который развивается стремительными темпами, как в Беларуси, так и во всем мире. Практически каждый жилой дом, общественное здание, предприятие оборудованы точками доступа «Wi-Fi». Причем если речь идет о жилом доме, число модемов – роутеров может превышать 100 в 1 здании. Несмотря на широкое развитие Wi-Fi, серьезных научных исследований данного излучения у нас в стране не производилось.

Wi-Fi: негативно воздействует на репродуктивные функции человека, влияет на мозговую деятельность, способствует различным нарушениям сна и бессоннице. Высокочастотное электромагнитное излучение вызывает изменение структуры клеток, ориентации клеток, сосудистые изменения, воздействует на центральную нервную систему и сердечно-сосудистую систему. Особенно осторожно стоит быть детям, влияние Wi-Fi на здоровье которых наиболее вероятно.

Допустимая плотность потока энергии (ППЭ) для населения – 10 мкВт/см².

Нами были проведены замеры ППЭ типового Wi-Fi роутера компании «Белтелеком» - HG532 и мобильного телефона iPhone с включенным Wi-Fi.

В результате были получены следующие результаты:

- iPhone при включенном Wi-Fi: ППЭ = 10 – 30 мкВт/см² (при измерении в непосредственной близости).
- Роутер Wi – Fi - в непосредственной близости 4 – 6 мкВт/см²;
 - на расстоянии 20 см 0,6 мкВт/см²
 - на расстоянии 1 м 0,1 мкВт/см².

На основании исследований можно сделать следующие выводы: излучение Wi-Fi (частота 2,4 ГГц) от роутера не превышает ПДУ, но присутствует, т.е. все-таки оказывает неблагоприятное воздействие, особенно при длительном обучении.

iPhone более опасен. Поэтому разговаривать по телефону надо короткое время. Рекомендуем выключать источник Wi-Fi в доме, когда он не используется, а не оставлять его на ночь, как это делает большинство. Также отключать функцию, отвечающую за его работу в своих телефонах, особенно при ношении в кармане.

Мордик Е.В., Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время принято говорить в основном о технических причинах несчастных случаев, о технических мероприятиях по безопасности труда. Однако, как показывает практика, одним техническим путем проблема безопасности не разрешается. Более того, с совершенствованием техники, повышением ее надежности и безопасности недостатки человеческого фактора становятся более заметными. Согласно данным международной статистики, главным виновником несчастных случаев является, как правило, не техника, не организация труда, а сам работающий человек, который по тем или иным причинам не соблюдал правила техники безопасности; нарушал нормальное течение трудового процесса, не использовал предусмотренные средства защиты и т.п. По данным Всемирной Организации Здравоохранения, смертность от несчастных случаев в наше время занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Однако, если от этих заболеваний умирают главным образом люди старшего возраста, то от несчастных случаев гибнут преимущественно трудоспособные люди молодого и среднего возраста. Так, статистика показывает, что у мужчин в возрасте от 15 до 36 лет наиболее распространенной причиной смерти являются несчастные случаи. Самое общее рассмотрение закономерностей развития и жизни человека позволяет заметить, что обстоятельства, способствующие росту числа несчастных случаев, возникают по вполне объективным причинам.

Первая причина связана с тем, что с развитием техники опасность растет быстрее, чем человеческое противодействие. Второй общей причиной делающей условия труда и жизни человека более жесткими и опасными, является рост цены ошибки. Третья общая причина — адаптация человека к опасности. Человек зачастую забывает, что техника обычно является еще и источником высокой опасности, а интенсивное использование ее повышает возможность реализации этой опасности. Помимо общих причин, обнаруживается много разнообразных чисто индивидуальных факторов главным образом психологического порядка, способствующих преднамеренным нарушениям правил безопасности труда и росту числа несчастных случаев (показная смелость, недисциплинированность, склонность к риску и пр.). Из всего вышесказанного можно заключить, что имеется целый ряд предпосылок объективного и субъективного порядка, обуславливающих возникновение несчастных случаев по вине человека.

Заяш И.В.

Белорусский национальный технический университет

Акустические методы определения прочностных характеристик различных материалов основаны на возбуждении упругих механических колебаний, по параметрам которых и условиям их распространения можно судить о физико-механических характеристиках исследуемого материала.

Чаще всего для акустических исследований используются ультразвуковые частоты, находящиеся за пределами диапазона слышимости и позволяющие создавать в испытуемых образцах и конструкциях стоячие волны.

При переходе из одной среды в другую, ультразвуковые волны отражаются в воздушных прослойках затухают полностью, что позволяет выявлять и исследовать скрытые внутренние дефекты, такие как трещины, ликвидации, расслоения, пустоты. Основное применение акустических методов – это дефектоскопия сварных швов в стальных и алюминиевых конструкциях, определение наличия дефектов в материале, контроль однородности бетона в соответствиях строительных конструкциях, проверка физико-механических характеристиках деревянных, пластмассовых конструкций, дефектоскопия клеевых соединений.

Поскольку скорость распространения упругих колебаний связано с динамическим модулем упругости и плотностью, акустические методы позволяют определять тип характеристики.

Для возбуждения ультразвуковых волн в исследуемом материале используются магнитострикционные или пьезокерамические преобразователи. Регистрация ультразвуковых колебаний производится путем передачи сигнала на экран осциллографа. При этом с большой точностью определяются скорость прохождения ультразвуковых колебаний через исследуемый материал, интенсивность их затухания, а также другие показатели, позволяющие определять динамический модуль упругости, наличие дефектов.

Акустические методы позволяют определить начальные моменты развития усталости и ползучести, что в дальнейшем приводит к разрушению в процессе дальнейшей эксплуатации.

Для приведения ускоренных усталостных испытаний, позволяющих значительно сократить сроки проверки на стендах, предлагается использовать схему, включающую ультразвуковой преобразователь с трансформатором колебаний, работающую в режиме стоячей волны.

Кузьмич Т.П.

Белорусский национальный технический университет

Причины возможного возникновения несчастных случаев при дорожном строительстве разделяются на организационные и технические. К организационным причинам относят: неподготовленность строительства; допуск к проведению операций людей, не прошедших предварительный инструктаж по безопасным приемам работы; использование рабочих не по специальности; отсутствие на строительных площадках необходимых санитарно-гигиенических устройств. Технические причины – это неправильная организация технологических процессов; неисправность применяемых машин и механизмов и неправильные способы их эксплуатации; неисправность или отсутствие защитных ограждений. При работе с горячими битумами и дегтями во избежание попадания их на руки и лицо необходимо надевать рукавицы, защитные очки, шлемы и комбинезоны. Нагревать вязущие материалы и работать с ними разрешается только с подветренной стороны от места выделения вредных паров. Весь обслуживающий персонал должен быть ознакомлен со свойствами используемых материалов и безопасными приемами труда. Швы в затвердевшем бетоне нарезают только в защитных очках; с пленкообразующими материалами работают только в комбинезонах, защитных очках и рукавицах. Широкое применение разнообразных машин в дорожном строительстве влечет за собой необходимость строгого соблюдения правил техники безопасности при их эксплуатации. До начала работы оператор (водитель) проверяет состояние машины и устраняет замеченные неисправности, перед каждым ее пуском, а также при изменении направления движения подает предварительный звуковой сигнал. До начала работы землеройных машин обрабатываемый участок очищают от посторонних предметов, которые могут препятствовать движению машин, привести к их поломке или к опрокидыванию. На свежееотсыпанных насыпях расстояние от края гусеницы или колеса до края насыпи должно быть не менее 1 м. При работе машин с ходовой частью в виде сдвоенных пневматических колес запрещается находиться сзади ведущих колес, так как при их вращении возможно выбрасывание камней и комьев грунта. На каждом строящемся участке дороги намечаются безопасные места для рабочих. Для работы в ночное время машины оборудуются лобовым и общим освещением, обеспечивающим достаточную видимость пути перемещения, фронта работ и прилегающих к нему участков. Сам участок в это время также должен быть хорошо освещен.

**Метрология,
стандартизация,
и управление качеством**

Контроль размеров и формы малогабаритных деталей сложной конфигурации с помощью проектора ПИ 360 ЦВ1

Бояровская К.С., Давыдова К.А., Михасенок И.П.
Белорусский национальный технический университет

Контроль линейных и угловых размеров малогабаритных деталей сложной конфигурации является актуальной задачей приборостроения, точного машиностроения и инструментальных производств. Решение этой задачи возможно путем применения проекционных средств измерений, которые позволяют контролировать при различном увеличении размеры теневого контура деталей в проходящем свете и размеры конструктивных элементов на поверхности деталей в отраженном свете. В настоящее время существует большое разнообразие измерительных проекторов, которые отличаются по своим техническим характеристикам, в том числе по диапазону измерений, по увеличению, по погрешностям измерений, степени автоматизации обработки результатов измерений.

В некоторых случаях нет необходимости в проведении сложных измерений линейных и угловых размеров малогабаритных деталей сложной конфигурации, достаточно только измерительного контроля, позволяющего выявить превышение не только отклонений размеров, но и формы контролируемых поверхностей. Измерительный контроль позволяет повысить производительность и не требует привлечения персонала высокой квалификации.

Целью работы являлась разработка методики контроля размеров и формы малогабаритных деталей сложной конфигурации с помощью проектора измерительного ПИ 360 ЦВ1 (далее – проектор).

В результате проведены измерения линейных и угловых размеров малогабаритной детали сложной конфигурации. Разработан чертеж детали, на котором были выполнены номинальный и два предельных контура: один из которых соответствует наибольшим предельным размерам, а другой – наименьшим предельным размерам. При этом действительный контур годной детали должен располагаться между двумя предельными контурами.

Определены источники возникновения погрешностей и предложены меры для их снижения. Для предотвращения воздействия влажности воздуха чертеж детали выполнен на прозрачной полимерной пленке, а для уменьшения нагрева контролируемой детали лампой проектора применено защитное стекло. Установлено, что максимальная погрешность для линейных измерений составляет 3 мкм, а для угловых – ± 5 угловых минут.

Стандартизация методов экспертного оценивания в различных сферах оказания услуг и производства

Иванова Н.Н, Манько Е.И., Дроздова О.А.
Белорусский национальный технический университет

Экспертная деятельность в конкретных областях регулируется соответствующими нормативными актами и осуществляется в соответствии с теми или иным и методическими материалами.

На законодательном уровне деятельность в области экспертного оценивания регулируется пятью НПА, важнейшим из которых является Закон Республики Беларусь от 9 ноября 2009 г. № 54-3 «О государственной экологической экспертизе», в котором регламентируется процедура экспертизы «намечаемой хозяйственной или иной деятельности» с целью выявления возможного вреда, который может нанести рассматриваемая деятельность окружающей природной среде. В этом законе указаны дополнительные требования к экспертам, призванные обеспечить их независимость от внешних влияний.

В ходе проведенной работы было найдено 339 действующих НД и ТНПА в области технического нормирования и стандартизации, регламентирующих деятельность по экспертному оцениванию, а именно, на международном уровне – 92 стандарта, на региональном уровне – 71 документ, на национальном уровне – 46 государственных стандартов Республики Беларусь, 37 государственных стандартов Российской Федерации, 28 государственных стандартов Великобритании, 23 государственных стандарта Германии, 2 государственных стандарта Японии, 29 государственных стандартов Франции, 11 государственных стандартов Австралии.

Совокупность представленных в НД и ТНПА можно логически разделить на следующие группы:

- НД и ТНПА, содержащие методики, правила и процедуры экспертного оценивания: ISO 22935-1:2009, ISO 8586:2012, ISO 5496:2006, ITC-T J.245:2008, ТК РБ 4.2-МР-16-2002;

- НД и ТНПА содержащие требования к профессиональной компетентности экспертов, процедурам и программам их подготовки и обучения: ГОСТ Р 55245-2012, ГОСТ Р ИСО 10667-2-2015, РМГ 125-2013;

- НД и ТНПА, относящиеся к определенным областям применения, подразумевающие использование методов экспертного оценивания: СТБ 2333-2013, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, ГОСТ Р 56566-2015.

Стандартизация в области обеспечения промышленной безопасности

Иванова Н.Н, Костусева В.В., Сальников Ю.А.
Белорусский национальный технический университет

Лицензирование – это комплекс реализуемых государством мер, связанных с выдачей лицензий, их дубликатов, внесением в лицензии изменений и (или) дополнений, приостановлением, возобновлением, продлением срока действия лицензий, прекращением их действия, аннулированием лицензий, контролем за соблюдением лицензиатами при осуществлении лицензируемых видов деятельности соответствующих лицензионных требований и условий.

Однако наиболее важной является процедура получения специального разрешения – лицензии, предоставляющей право осуществлять лицензируемые виды деятельности. Она выдается юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю при условии соблюдения ряда требований, предъявляемых к осуществлению тех или иных видов работ или услуг.

В Республике Беларусь Перечень видов деятельности, на осуществление которых требуются специальные разрешения (лицензии), определен приложением 1 к Положению о лицензировании отдельных видов деятельности, утвержденному Указом Президента Республики Беларусь от 01.09.2010 № 450 «О лицензировании отдельных видов деятельности» (с изм. и доп.). В перечень входит, в том числе, деятельность в области промышленной безопасности.

Процесс получения лицензии на право осуществления деятельности в области промышленной безопасности является наиболее сложным и трудоемким с точки зрения практики. Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности осуществляется Департаментом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности МЧС Республики Беларусь (далее – Госпромнадзор).

Анализ положений НПА, ТНПА и НД в области промышленной безопасности выявил следующие аспекты, требующие доработки:

- наличие большого количества ТНПА, НД, а, следовательно, и большого количества разнообразных требований, предъявляемых к техническим устройствам, порядку выполнения тех или иных работ с их применением, которые не упорядочены и вызывают непонимание со стороны соискателей лицензии;
- отсутствие четких и конкретных требований, предъявляемых к соискателю лицензии в части штатного персонала, оборудования, системы контроля качества.

Совершенствование процесса закупок товаров и услуг в рамках системы менеджмента качества ОАО «МЗКТ»

Киш К.А., Бриль В.Л.

Белорусский национальный технический университет

В сентябре 2015 г. Международная организация по стандартизации (ISO) приняла пятую редакцию стандарта ISO 9001. С 1 марта 2016 года введен в действие национальный стандарт СТБ ISO 9001-2015. Пересмотренный документ имеет ряд существенных отличий от предыдущего и потребует от организаций, чьи системы менеджмента качества (СМК) уже сертифицированы или такая сертификация еще только планируется, анализа того, насколько действующая система удовлетворяет новым требованиям и что необходимо сделать, чтобы такое соответствие было достигнуто.

Целью предложенной работы являлось информационно-методическое обеспечение совершенствования процесса закупок товаров и услуг в рамках СМК ОАО «МЗКТ» в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001 - 2015.

Актуальность работы продиктована рядом обстоятельств, включая тот факт, что новая версия стандарта ISO 9001 предусматривает применение риск-ориентированного подхода к созданию и совершенствованию СМК.

В работе реализован менеджмент рисков на основе комплексного процессного подхода к СМК:

- построена функциональная модель процесса закупок в состоянии «как есть», адекватная исходным данным и построенная в соответствии с методологией IDEF0;

- проведен анализ функциональной модели в состоянии «как есть» на соответствие требованиям СТБ ISO 9001-2015;

- предложены рекомендации по устранению выявленных несоответствий с идентификацией документов их внесения;

- идентифицированы угрозы недостижения целей процесса;

- выявлены уязвимости активов как источников возникновения угроз;

- оценены значимости частных рисков угроз процесса СМК;

- предложены рекомендации по внесению изменений в стандарт организации «Система менеджмента качества. Закупка товаров (работ, услуг) за счет собственных средств. Процедура» с учетом проведенной работы.

Результатом разработанных рекомендаций стал комплекс предупреждающих действий в отношении всех возможных источников потерь результативности СМК.

Концепция менеджмента рисков в рамках системы управления охраной труда ОАО «Актамир»

Купреева Л.В., Яковчик И.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Основной целью управления рисками в области охраны труда является обеспечение максимально возможной безопасности рабочих мест. Главную роль в достижении цели играет корректно выбранная стратегия контроля рисков по следующим критериям: иерархия средств контроля, соблюдение законодательства и нормативных актов, эффективность процессов мониторинга. Процесс управления рисками и внедрение системы управления охраной труда (СУОТ) в организации, как основа для создания безопасных условий труда на каждом рабочем месте включает три этапа: идентификацию опасностей, оценку рисков и контроль рисков. Согласно СТБ ISO/IEC 31010, любая организация сталкивается с большим количеством рисков, которые могут влиять на достижение ее целей. В свою очередь цели относятся к различным видам деятельности организации (от стратегических инициатив до функционирования, процессов и проектов), и неизбежно возникают риски не достижения поставленных целей. Для разработки и внедрения СУОТ руководством ОАО «Актамир» был проведен предварительный анализ состояния условий и охраны труда в организации. В ходе анализа был выявлен ряд замечаний: отсутствие идентификации опасностей, оценки рисков, не определены меры управления профессиональными рисками, не обеспечен эффективный контроль за соблюдением требований законодательства об охране труда на всех уровнях в организации. В результате было принято решение о совершенствовании основного бизнес-процесса – аренда помещений. Для описания структуры процесса «Аренда помещений» была разработана функциональная модель сети процессов СУОТ. Менеджмент рисков в рамках комплексного процесса сводится к оценке влияния каждой функции диаграммы-модуля на не достижение цели. В результате формирования модуля «поток работ» по контрольным точкам были идентифицированы функции и их уязвимости, имеющие значимое влияние на не достижение целей комплексного процесса.

Для решения задачи была сформирована причинно-следственная диаграмма, в которой в качестве активов выступают функции (подпроцессы) диаграммы-модуля. Учитывая специфику, важность и сложность понимания требований СТБ 18001 к СУОТ была инициирована разработка стандарта организации по идентификации опасностей, оценка рисков и определение мер управления на базе FMEA-анализа и балльного метода по ТКП 057, направленная на управление целями и программой в области охраны труда.

Оценка рисков менеджмента персонала в рамках системы менеджмента качества организации

Ленкевич О.А., Войнич К.Э.

Белорусский национальный технический университет

Персонал является важным ресурсом в организации и привлекается к процессам, которые необходимы системе менеджмента качества (СМК), через единое понимание политики в области качества и желаемых результатов организации. Согласно СТБ ISO 9001-2015, организация должна определить и обеспечить наличие персонала, необходимого для результативного внедрения ее системы менеджмента качества, а также для функционирования ее процессов и управления ими. Кроме того, чтобы соответствовать требованиям СТБ ISO 9001, организации необходимо планировать и выполнять действия по рассмотрению рисков, однако стандарт не дает конкретных рекомендаций по внедрению и применению риск-ориентированного мышления к процессам СМК.

Риски в управлении персоналом можно определить как потенциальные потери или угрозы финансово-хозяйственной деятельности организации, связанные с деятельностью собственного персонала организации.

Для идентификации и оценки рисков в рамках процесса «Менеджмент персонала», используя процессный и системный подходы, предлагается реализовывать следующий алгоритм определения рисков: 1) построение функциональной модели СМК на основе комплексного процессного подхода; 2) формулирование целей в области качества на всех уровнях функциональной модели; 3) идентификация рисков; 4) оценка рисков; 5) выявление рисков, влияющих на не достижение целей; 6) нормирование источников рисков.

Рассматривая «поток работ» локальной СМК комплексного процесса «Менеджмент персонала» риски возникают на следующих этапах: при подборе и оформлении на работу персонала (неверная оценка кандидатов, неправильный выбор источника кандидатов); при осуществлении обучения и повышения квалификации (неправильно выбрана очередность обучения, несоответствие целей обучения целям организации, неправильный выбор сотрудников обучения); при проведении аттестации; после увольнения людей из организации.

Таким образом, организациям следует осуществлять оценку риска для снижения количества событий и достижения поставленных целей.

Применение методов и техник менеджмента качества в процессе обучения специалистов промышленного предприятия

Лесин А.С.

Белорусский национальный технический университет

Согласно ТК РБ 4.2-МР-17-2003 и Постановлению Совета Министров Республики Беларусь № 954 от 15.07.11 организация должна организовывать проведение обучения специалистов не реже одного раза в 5 лет и не реже 1 раза в 3 года для руководящего состава.

Обучение может происходить, как внутри организации, так и в институтах повышения квалификации. Учитывая, что каждая организация обладает специфическими набором особенностей, касающихся выпускаемой продукции, инфраструктуры, производственной среды, корпоративной культуры, именно обучение в рамках организации является наиболее эффективным способом. Данный способ лучше всего мотивирует специалистов обучаться решению конкретных задач.

В докладе сделана попытка обоснования рационального подхода к обучению специалистов в рамках промышленного предприятия, в основу которого положен принцип «учить надо не методам и инструментам менеджмента качества, а процессам решения типовых задач, связанных с качеством». Подход включает:

- классификацию типовых задач в области качества;
- разработку алгоритма решения каждой типовой задачи;
- подбор рациональных методов менеджмента качества для решения задач каждого этапа.

Каждая организация имеет свою уникальную систему менеджмента качества, а соответственно и свои специфические процессы. Очевидно, что типовые задачи для каждой организации будут отличаться. Поэтому в докладе рассмотрен только общий уровень иерархии типовых задач и их решений, основанных на процессном подходе.

Алгоритм, представленный в докладе, реализован, как «пилотный» проект для наиболее характерной ситуации: идентифицирован производственный процесс, на выходе которого систематически появляется дефектная продукция. Типовая задача, стоящая перед специалистом (ответственным исполнителем),- разработка эффективных корректирующих действий и совершенствования. Для каждого этапа алгоритма сформулированы цели и риски, связанные с не достижением поставленных целей. Предложен рациональный комплекс методов и техник и критерии выбора в зависимости от сложности поставленных целей и рисков не достижения этих целей.

Графическое исследование погрешностей при линейно-угловых измерениях

Лысенко В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Параметрическая технология графических систем позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Ключевой особенностью современных графических систем является использование собственного математического ядра и параметрических технологий.

Современные информационные технологии позволяют создавать принципиально новые средства исследования и обучения, а также обеспечивают высокий уровень взаимодействия конструктора, исследователя или любого индивидуального пользователя и компьютера. В компьютерных учебных, исследовательских и производственных информационных технологиях можно использовать различное программное обеспечение для создания интерактивных моделей реальных систем.

Авторами данной статьи было проведено графическое исследование погрешностей при линейно-угловых измерениях на примере контрольно-измерительных приспособлений для измерения полного радиального биения отверстия втулки, контрольного приспособления для контроля полного торцового биения поверхности ступенчатого вала и контрольного приспособления для контроля полного радиального биения поверхности ступенчатого вала.

Платформы, которые были использованы авторами, позволяют визуализировать погрешность, возникающую из-за различных отклонений формы или расположения поверхностей реальных деталей СИ при линейно-угловых измерениях, а также отобразить численное значение этой погрешности.

Обеспечивается вовлеченность пользователя в процесс исследования погрешностей, т.к. он является не просто наблюдателем, но и может участвовать в этом процессе, изменяя численные значения параметров геометрической моделии наблюдая изменения погрешности системы в результате изменения параметров.

На примере контрольного приспособления для контроля полного торцового биения ступенчатого валапроведены сравнения результатов исследование инструментальной погрешности, полученных с помощью теоретического расчета и практически, с помощью программного обеспечения.

Совершенствование системы менеджмента качества с учетом требований СТБ ISO/TS 16949

Малиновская С.Л.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития производства промышленной продукции для сохранения и повышения её конкурентоспособности требуется создание системы управления, соответствующей не только стандарту СТБ ISO 9001, но и модернизированной в соответствии со стандартами, учитывающими специфику конкретной отрасли и содержащими повышенные требования к системам менеджмента качества.

Так, например, стандарт СТБ ISO/TS 16949 содержит особые требования к системам менеджмента качества в автомобильной промышленности. Требования, представленные в стандарте, являются обязательными. Так, одним из таких требований является наличие в организации ряда методик, одной из которых является статистическое управление процессами (SPC), предполагающее мониторинг производственного процесса с целью управления качеством продукции «непосредственно в процессе производства», а не проведение контрольных проверок для обнаружения уже случившихся проблем.

Общие методы SPC делятся на традиционные методы контрольных карт Шухарта и методы автоматизированного управления процессами, основанные на более сложных моделях. Для проведения процедуры сбора данных для наиболее эффективного статистического управления процессами необходимо периодически контролировать и оценивать систему измерений, управлять ее отклонениями и компенсировать их. Такой подход позволяет минимизировать риск принятия ложных решений при контроле продукции из-за несоответствия системы измерений.

Статистические методы классифицируют по признаку общности на три основные группы (предложенная классификация не является исчерпывающей):

1) графические методы (контрольные листки, диаграммы Парето, диаграммы причин и результатов Исикавы, гистограммы, диаграммы рассеяния, контрольные карты, стратификация);

2) методы анализа статистических совокупностей;

3) экономико-математические методы.

Отдельно можно выделить «семь новых инструментов контроля качества», к которым следует отнести диаграмму средств, диаграмму зависимостей, системную диаграмму, матричную диаграмму, стрелочную диаграмму, диаграмму планирования оценки процесса и анализ матричных данных.

Методика выполнения измерений с использованием оптикаора 05П и вертикального оптиметра ИКВ

Матюш И.И., Мовламов В.Р., Савина М.В.
Белорусский национальный технический университет

Метрологическое обеспечение контроля показателей качества продукции основывается на применяемых средствах измерения и методиках выполнения измерений (МВИ). Измерительная информация служит основой для принятия решений о качестве продукции при внедрении систем качества, в научных экспериментах и т.д. С точки зрения законодательства Республики Беларусь в области обеспечения единства измерений, для проведения измерений используются средства измерений прошедшие метрологическую аттестацию и калибровку, а также МВИ, применяемые для контроля показателей качества продукции, должны быть либо аттестованными, либо стандартизованными.

Для контроля линейных размеров деталей был проведен этап планирования эксперимента и разработана МВИ с использованием вертикального оптиметра ИКВ и оптикаора 05П. МВИ содержит основные аспекты, описывающие этапы подготовки средств измерений к проведению измерений, планирование эксперимента, выполнение самих измерений. Этап планирования содержит следующие задачи: постановка задачи, определение влияющих факторов, выбор плана эксперимента, определение количества повторов измерений, анализ и статистическая обработка, представление результатов. МВИ ориентирована на операторов, не имевших ранее опыта работы с оптикаором 05П и вертикальным оптиметром ИКВ.

В соответствии с разработанной МВИ можно осуществлять быстрый и достаточно точный контроль показателей качества деталей, контролируемыми параметрами которых являются их линейные размеры, и выполнять соответствующий анализ и обработку полученных в процессе измерения результатов.

Цель разработки МВИ – обучение пользованием оптикаором 05П и вертикальным оптиметром ИКВ при проведении измерений линейных размеров, оценка результатов и погрешностей измерений.

Использование разработанной МВИ позволит проводить повседневно внутрилабораторные и межлабораторные исследования, оценивать такие показатели точности как правильность и прецизионность. Данная методика может являться методическими или руководящими указаниями для инженера-метролога лаборатории, который выстраивает план эксперимента и организует проведение исследования.

Динамическое электроимпульсное прессование и спекание наноструктурных порошков

Минько Д.В., Белявин К.Е., Белый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Получение наноструктурных материалов методами порошковой металлургии предъявляет жесткие требования к процессам прессования и последующего спекания порошковых заготовок. Сохранение наноструктуры, и, следовательно, уникальных прочностных либо других функциональных свойств исходных порошков возможно только при достижении высоких относительных плотностей на стадии компактирования при высоких скоростях дальнейшего спекания. Среди наиболее эффективных методов компактирования можно выделить электроимпульсное прессование, позволяющее совместить прессование и спекание в одну операцию, проводимую в течение короткого промежутка времени.

Исследование возможности получения объемных наноструктурных материалов из наноразмерных и наноструктурных порошков методом электроимпульсного прессования с использованием одновременного приложения статического и динамического давления является целью данной работы.

Показано, что задача динамического уплотнения порошка может быть решена путем последовательного включения в электрическую цепь цилиндрического индуктора для радиального магнитно-импульсного прессования. Это позволяет синхронизировать процессы протекания тока через порошок, осевого воздействия усилия прессования со стороны электродов-пуансонов и радиального усилия со стороны электромагнитного поля индуктора. Силовое воздействие при этом реализуется за счет взаимодействия магнитного поля индуктора с током, протекающим через порошок, что значительно упрощает конструкцию технологической установки.

Установлено, что разогрев межчастичных зон порошка высоковольтным электрическим импульсом с интенсивной пластической деформацией импульсом давления приводит к увеличению конечной плотности заготовки. Малая длительность процесса, препятствуя процессу рекристаллизации, способствует сохранению исходной наноструктуры материала. Высокая точность дозирования энергии в конденсаторах, возможность ее перераспределения между спеканием и прессованием, сопоставимая по времени длительность воздействия позволяют эффективно осуществлять комбинированное тепловое и силовое взаимодействие.

Оценивание качества научных исследований при разработке импульсных электрофизических технологий получения композиционных материалов

Минько Д.В., Логвиненко А.С.

Белорусский национальный технический университет

Производство современных композиционных материалов возможно только на базе новых эффективных технологий, основанных на принципах высокоэнергетического воздействия. Перспективными являются технологии импульсной обработки материалов, обеспечивающие выделение высококонцентрированных потоков механической, тепловой или электромагнитной энергии в течение коротких промежутков времени.

Однако на этапе научно-исследовательских работ объем неопределенной информации значителен, существует вероятность ошибочных решений, методы исследования не всегда отработаны и т.д. Решение этих проблем невозможно без проведения оценки качества полученных результатов научных исследований и прогноза эффективности их дальнейшего внедрения.

Оценка результатов научных исследований обычно проводится по ряду общеизвестных критериев: актуальность, научная новизна, практическая значимость, результаты апробации и внедрения, эффективность. В то же время для оценки качества результатов научных исследований и инновационных проектов с целью выбора лучшего в настоящее время нет единых подходов и критериев. В большинстве случаев эти критерии определяются произвольно, носят вербальный характер и не поддаются математической обработке. Разработка методики оценивания качества научных исследований позволит выработать принципы отбора наиболее значимых исследований для их внедрения в практику.

Для оценивания качества научных исследований возможно использование квалиметрического, риск-ориентированного и комбинированного подходов.

Показано, что применение комбинированного подхода позволяет использовать преимущества квалиметрического и риск-ориентированного подходов, дает возможность снизить влияние рисков на процесс проведения научных исследований и оценить качество полученных результатов для их дальнейшего ранжирования и применения в практике.

Предложена методика оценивания качества научных исследований, основанная на перечисленных выше подходах. Апробация разработанной методики проведена в НИЦ «Конструкционные керамические наноматериалы» в НИТУ «МИСиС», г. Москва.

Применение экспертных методов в процессе разработки инновационного продукта

Навоев Я.Э.

Белорусский национальный технический университет

Разработка новых наукоемких технологий получения новых видов изделий, материалов, покрытий в области машиностроения и приборостроения, происходит, как правило, посредством экспериментальных исследований, результатом которых является инновационный продукт, обладающий лучшими характеристиками и свойствами по сравнению с аналогами. Очевидно, что проведение экспериментальных исследований характеристик инновационного продукта предполагает привлечение большого количества человеческих ресурсов, сопровождается большими финансовыми и временными затратами.

Необходимым элементом исследований является корректное планирование экспериментов. Для снижения издержек, сопровождающих экспериментальные исследования, принято использовать технику отсеивающего эксперимента. В докладе предложен новый метод организации и проведения отсеивающего эксперимента на базе экспертных методов.

Идея подхода заключается в следующем: 1). сбор первичной информации о разработке продукта или технологии с использованием знаний руководителя группы; 2). структуризация первичной информации с помощью методологии моделирования IDEF0 (процессный подход); 3). реализация отсеивающего эксперимента методом экспертного оценивания. На выходе данного этапа исследования руководитель исследовательской группы получает информацию об области факторного пространства показателя качества будущего инновационного продукта (наиболее влияющие факторы и диапазоны их числовых значений). На основании этой информации руководитель группы планирует комплекс физических исследований объекта, руководствуясь традиционными методами и подходами теории планирования эксперимента.

Фактически предложенный подход выступает инструментом максимального «извлечения» из эксперта разрозненной, отрывочной информации и ее структуризации. Подход позволяет на базе исходных знаний экспертов, в роли которых выступают исследователи, значительно уменьшить временные и финансовые затраты, а также время реального проекта по созданию инновационного продукта.

Методика выполнения измерений концентрации сульфат-ионов в продуктах калийного производства

Парпиева О.Н., Ярмакевич Т.Л.

Белорусский национальный технический университет

Главной целью ОАО «Беларуськалий» в области качества является создание высококачественной, конкурентоспособной продукции, удовлетворяющей требованиям и ожиданиям потребителей. Для достижения поставленной цели необходимо системно работать на рынок и на конкретного потребителя, формировать устойчивый спрос на свою продукцию, адекватно реагировать на действия конкурентов.

Вся продукция ОАО «Беларуськалий» выпускается в соответствии с требованиями технических условий (ТУ) и других нормативных документов. Почти все испытания по определению основных показателей качества продукции проводятся Центральной лабораторией ОАО «Беларуськалий». Но в ТУ на продукт «калий хлористый технический», подлежащий поставкам в страны дальнего зарубежья, установлен такой показатель качества как «массовая доля сульфат-ионов». Центральная лаборатория ОАО «Беларуськалий» по ряду причин не проводит таких испытаний и вынуждена обращаться в стороннюю лабораторию.

В процессе инспекционных проверок представители организаций-потребителей все чаще предъявляют требования к осуществлению контроля качества продукции на всех стадиях производства без привлечения сторонних организаций. Поэтому метрологическое обеспечение определения показателей качества продуктов калийного производства является важной задачей метрологической службы ОАО «Беларуськалий».

Целью работы является метрологическое обеспечение определения примесей сульфат-ионов в продукте марки «калий хлористый мелкий технический».

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) проведен анализ НТПА, регламентирующих качество продукта и методики определения его показателей;
- 2) проанализированы существующие варианты методов и средств измерений концентрации сульфат-ионов;
- 3) разработана МВИ концентрации сульфат-ионов в продукте калий хлористый мелкий технический фототурбидиметрическим методом;
- 4) проведена аттестация разработанной МВИ.

Разработанная МВИ повлияет на улучшение качественных и технико-экономических показателей экспортной продукции.

**Нормативно-методическое обеспечение комплексного
статистического анализа продукции**

Петрусенко П.А., Бакунович В.В.
Белорусский национальный технический университет

Современный мировой рынок представляет собой арену жесткой борьбы поставщиков продукции, использующих различные методы и средства для подавления конкурентов и обеспечения себе дополнительных преимуществ. Главным в этой борьбе является увеличение роли технического уровня и качества выпускаемой продукции, наиболее полно отвечающей потребностям конкретных потребителей.

Для выполнения требований заказчика и поддержания конкурентоспособности на мировом рынке автомобильных комплектующих, для развития системы качества на предприятии используются последние версии руководящих указаний, придерживающиеся технологии системного анализа:

- перспективное планирование качества продукции и плана контроля (APQP);
- анализа потенциальных характера и последствий отказов (FMEA);
- анализ систем измерения (MSA);
- процесс утверждения детали для серийного производства (PPAP);
- статистический контроль процесса (SPC);
- пригодность процесса контроля (VDA).

Возникла необходимость пересмотра нормативно – методической базы, структурирования работы подразделений по проведению анализа систем измерения и мониторингу, внесения дополнений в существующие стандарты предприятия в соответствии требованиями заказчиков на основании рекомендаций по Руководства по анализу систем измерения (MSA). Перед проектированием систем измерения в жизненном цикле систем измерения, важное значение имеет этап планирования.

На этапе планирования определяется и какова предполагаемая изменчивость процесса, точность измерительного оборудования, основные требования к квалификации оператора, вопросы, связанные с методом измерений, метрологического подтверждения пригодности СИ, состояние объекта измерения, прослеживаемости, где и когда будет проводиться измерение, а также данные о состоянии окружающей среды.

Комплексная оценка печатных свойств бумаги для плоской офсетной печати

Письменский П.И.¹, Новосельская О.А.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный технологический университет

Исследование и оценка печатных свойств бумаги представляют особый интерес, так как они зависят от структуры и свойств исходного материала и параметров проведения печатного процесса. Прогнозирование печатных свойств бумаги позволяет повысить не только ее качество, но и получить управляемый результат печати, что дает возможность сэкономить на производстве бумаги для печати штриховых работ и повысить качество бумаги для печати репродукций. С этой целью необходимо проводить анализ печатных свойств бумаги по комплексной тестовой шкале, представленной на рисунке, на основе технологии многокрасочного пробопечатания. Особенностью офсетной бумаги является высокая степень проклейки в массе и обязательная поверхностная проклейка.

Оценка ее печатных свойств проводится с учетом особенностей плоской офсетной печати, что в отличие от лабораторных методов испытаний, позволяет получить представление о реальном поведении бумаги в печатном процессе и с более высокой достоверностью спрогнозировать ее свойства.



Комплексная тестовая шкала

В качестве основных критериев оценки приняты показатели качества печатного изображения: абсолютная оптическая плотность, однородность печати, растискивание 50 % растровой точки, контраст печати, воспроизводимость шрифтов, разрешающая способность, выделяющая способность, скольжение. Для оценки качества бумаги необходимо

проводить печатный процесс при стандартных условиях и с едиными техническими параметрами – скорости печати, типа краски, температуры, влажности, времени раската краски и ее рабочей толщины. Тогда изменение значений показателей качества печатного изображения свидетельствует о различной природе взаимодействия бумаги и краски, что является следствием изменяющегося композиционного состава самой бумаги, либо недопустимой неоднородности ее свойств.

УДК006.91.531

Использование различного программного обеспечения для визуализации погрешностей измерений

Лысенко В.Г.

Белорусский национальный технический университет

В компьютерных информационных технологиях можно использовать программное обеспечение AdobeFlash(мультимедийная платформа для создания веб-приложений или мультимедийных презентаций), АСКОН (например, КОМПАС-3D – систему трехмерного моделирования для создания интерактивных моделей реальных систем) иAutoDesk (например, AutoCAD для создания интерактивных моделей реальных систем) и.

С целью визуализации погрешностей, возникающих из-за отклонения от формы и расположения поверхностей использовалась мультимедийная платформа MacromediaFlash.MacromediaFlash - мультимедийная платформа, которая позволяет визуализировать погрешность, возникающую из-за различных отклонений от формы или расположения поверхностей реальных деталей прибора, а также отобразить численное значение этой погрешности. Недостатком данного графического редактора является схематичность представления графических данных, что может затруднить восприятие данной информации обычными пользователями и привести к неправильной интерпретации данных.

Проведение более точного исследования инструментальной погрешности прибора для линейно – угловых измерений возможно с помощью программного обеспечения КОМПАС-3D.Система КОМПАС-3DV12 предназначена для создания двух- и трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы.

В процессе исследования погрешностей, пользователь является не просто наблюдателем, но и может участвовать в этом процессе, изменяя численные значения параметров геометрической модели и наблюдая изменения погрешности системы в результате изменения параметров.

Использование методики Амтхауэра для анализа успеваемости студентов младших курсов

Письменский П.И., Дубоделова Е.В., Горжанов В.В., Волобуев В.С.
Белорусский национальный технический университет

Преподавательская практика у студентов младших курсов (1-2) показала, что успеваемость студентов не согласуется с результатами централизованного тестирования (далее ЦТ), которые рассматриваются при поступлении в Университет. Несмотря на сравнительно высокие результаты ЦТ (55-75 баллов за одну дисциплину), большинство студентов не показывают ожидаемых результатов при прохождении промежуточных и итоговых аттестаций по специальным дисциплинам, изучаемым в ВУЗах. Для объяснения данного факта нами была использована методика оценки умственных способностей немецкого психолога Амтхауэра. Она позволяет оценить такие 5 основных блоков умственных способностей, по нашему мнению необходимых при обучении в ВУЗах, как уровень осведомленности, степень концентрации внимания, умения обобщить, устанавливать логические связи между понятиями и находить логические закономерности. Оценка умственных способностей проводится по шкале, разработанной для разных возрастных категорий. Тестирование по данной методике было проведено в рамках кураторских часов у студентов 2 курса, проходящих обучение на 2-х специальностях, характеризующихся различным проходным баллом 129 и 237. Результаты тестирования показали, что основная масса студентов определяется средним уровнем, характеризующимся для возраста 19-20 лет. При этом стоит отметить, что наиболее высокие результаты характерны по блоку – уровень осведомленности (13-14 верных ответов на 20 вопросов при норме для данной возрастной категории 9-14). На среднем уровне для данной возрастной категории находятся блоки умение обобщить и устанавливать логические связи между понятиями (11 верных ответов на 20 вопросов при норме 10-13). Самые низкие результаты характеризуются для блока – степень концентрации внимания. Группа студентов, характеризующаяся проходным баллом 129, не показала уровня, характеризующегося как средний для данной возрастной категории, и находилась в диапазоне возраста 15-17 лет. Группа, характеризующаяся проходным баллом 237, находилась на нижней границе нормы для данной возрастной категории. По блоку умение находить логические закономерности у двух групп наблюдалась нижняя граница средней нормы для данной возрастной категории. Анализ результатов тестирования позволяет заключить, что на первом году обучения студенты опираются на базовые знания, оцениваемые блоком

«уровень осведомленности». Для освоения специальных дисциплин на 2 курсе обучения этих знаний им недостаточно, поэтому необходимо развивать способности студентов к логике и концентрированию внимания. Это может быть достигнуто путем проведения максимального количества занятий с использованием таких форм преподавания как устный опрос, ролевая игра и решение контрольных заданий в виде задач.

УДК 667.618

Минимизация методической составляющей неопределенности результатов измерений методом экспертного оценивания

Серенков П.С., Навоев Я.Э.

Белорусский национальный технический университет

В отдельных случаях большое влияние на характеристики метода контроля и испытаний оказывает специфическая методическая составляющая неопределенности результатов измерений. Ее специфичность заключается, прежде всего, в том, что она имеет неявный характер и проявляется как свойство робастности метода в отношении факторов, в качестве которых могут выступать:

- входные параметры;
- процессы преобразования;
- методы обработки данных (механизмы).

Целым рядом ТНПА предусмотрены исследования метода измерений, называемые исследованиями на робастность. Однако в литературе отсутствует информация о том, как идентифицировать факторы, в отношении которых метод измерений не является робастным.

Примером скрытой «не робастности» метода может служить контроль отклонения от круглости. Стоит задача выбора средства измерений. Наличие четной или нечетной огранки определяет выбор соответственно двухконтактного или трехконтактного средства контроля. Несоответствие вида отклонения от круглости (заранее неизвестен) средству измерения приведет к методической погрешности измерений, настолько большой, что достоверность контроля заведомо не будет обеспечивать заданный уровень риска потребителя или поставщика.

Другим примером является РН-метрия, где точность метода количественного определения РН-уровня не робастна по отношению к состоянию исследуемого вещества (кислый – щелочной).

В докладе предлагается решение данной проблемы посредством применения специальных методов экспертного оценивания, которые позволят использовать априорные знания экспертов. Представлена классификация объектов, вызывающих данную составляющую

неопределенности, а также приведена методика применения метода экспертного оценивая позволяющая выявлять скрытую методическую составляющую и ее минимизировать, что значительно упрощает процесс измерения, а также сокращает временные и финансовые затраты.

УДК 535.6

Валидационная модель информационного канала колориметрии в программно-аппаратных средах

Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Поскольку цифровые изображения все шире используются как информационные модели реальных и моделируемых объектов, для получения достоверной информации о качественных и количественных свойствах объектов, необходимо обеспечить соответствующую доказательную основу посредством метрологической прослеживаемости и валидации элементов информационно-измерительного канала. Цифровое изображение по своей физической реализации представляет собой неточечный первичный излучатель на макроуровне и упорядоченную совокупность элементов (пикселей) на микроуровне. Оно является завершающим звеном информационного канала, включающего регистрирующее устройство (цифровая камера, сканер), канал преобразования данных и отображающее устройство (дисплей, видеотерминал). Любые протяженные поверхности, а также каждый из элементов информационного канала (сканер, камера, дисплей программное обеспечение) могут быть объектами исследований, основанных на анализе цифровых изображений. В данном контексте автор предлагает так называемую валидационную модель информационного канала, которая основана на следующих положениях.

1. Любой регистрируемый объект может иметь почти бесконечное множество реализаций в виде цифровых изображений, что обусловлено большим количеством возможных сочетаний элементов технического и программного обеспечения и технической и информационной совместимостью элементов канала.

2. Цифровое изображение представляет собой результат операции свертки функциональных цветовых пространств передающих устройств. И поэтому информационный канал в данном контексте рассматривается как «черный ящик», который может быть «распакован» для восстановления информации.

В зависимости от того, какой элемент информационного канала подлежит исследованию (регистрируемый объект, сканер, цифровая камера, дисплей и т.д.), необходимо, чтобы остальные его элементы были валидированы (подтверждены).

Моделирование опорной шкалы в цветовом пространстве XYZ

Савкова Е.Н., Матюш И.И.

Белорусский национальный технический университет

В рамках государственной программы научных исследований «Фотоника, опто- и микроэлектроника», (подпрограмма «Фотоника») осуществляется разработка концепции колориметрии в программно-аппаратных средах. Учитывая, что цвет является трехмерной величиной и может быть описан в многочисленных функциональных пространствах посредством различных ранговых шкал, необходимо решить проблему формирования некой опорной шкалы для обеспечения метрологической прослеживаемости и достоверности измерений. Метрологическая прослеживаемость результатов измерений обеспечивается путем ссылки на опорные образцы – так называемые линейки равноярких излучателей, неточечных источников света, выступающих в качестве мер при измерениях. В аппаратно независимом универсальном цветовом пространстве XYZ цвет представлен точкой с координатами цветности $(x; y; z)$, в которую из начала координат направлен его вектор, и задача построения опорной шкалы сводится, по сути, к моделированию проекций векторов. Информацию об интересующем нас объекте мы получаем при помощи обработки его цифрового изображения полученного посредством фото устройства. Отсюда нам известны интересующие нас координаты RGB точек объекта, что позволяет с помощью формул пересчета получить их соответствующие координаты цвета в пространстве XYZ и выполнить построение. Так, вдоль оси OZ пространства XYZ цветовые векторы располагаются таким образом, что минимум белого цвета приходится на её начало, а максимум на место, где находится точка E, как показано на рисунке 1а. Один и тот же объект, регистрируемый с разным временем выдержки может иметь множество реализаций в пространстве, как показано на рисунке 1 б.

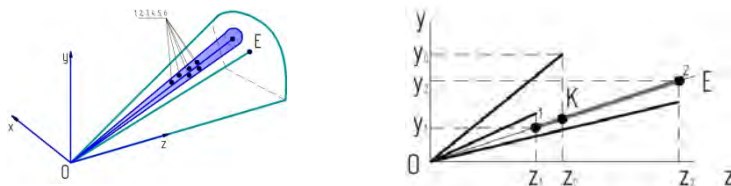


Рисунок 1 - Моделирование опорной шкалы: а – реализации точки объекта в пространстве XYZ; б - проекции точки на векторе OE

Современные модели цветовосприятий

Журавков Н.М., Клевитская Е. Д., Матюш И.И.
Белорусский национальный технический университет

В фотонике ключевую роль играет исследование воздействия спектрального состава излучения данных устройств на зрительный анализатор пользователя, который является окончательным звеном информационного канала. Поэтому при разработке графических программных продуктов для устройств регистрации, отображения и вывода визуальных данных производители стараются максимально адаптировать их к комфортному и достоверному восприятию. Модель цветового восприятия - это некая модель, выдающая предикторы по меньшей мере относительного цветового ощущения, то есть: светлоту, насыщенность и цветовой тон [1]. Модели цветовосприятий отображаются в виде трехмерных цветовых пространств в полярных или декартовых координатах. К базовым аппаратно зависимым пространствам относятся модели семейства RGB, разработанные для устройств регистрации и отображения. R, G, B – интенсивности в красном, зеленом и синем цветовых каналах. Существует широкий спектр реализаций пространства RGB (что объясняется широким разнообразием устройств) [2]: от базовых - sRGB, ISO RGB, Extended ISO RGB, Adobe RGB 98, до более современных – ROMM RGB, Apple RGB, NTSC RGB, EBU RGB, ITU-R BT, 709. Универсальными (аппаратно независимыми) цветовыми моделями являются пространства семейства XYZ – XYZ, $X_{10}Y_{10}Z_{10}$, xyY , La^*b^* , Hunter La^*b^* , Luv и др., которые способны «объединять» цветовые тела различных устройств. И наконец, наиболее прогрессивными, учитывающими взаимодействие элементов «человек – техническая система – среда», являются модели цветовых восприятий CIECAM, S-CIELAB, iCAM, CIECAM02 и др. Данные модели позволяют учитывать в той или иной степени особенности человеческого зрения – хроматическую адаптацию к устройству и окружающей среде. Однако не представляется возможным разработать «идеальную» модель [1].

Литература:

1. Фершильд М. Д. Модели цветового восприятия. 2-я редакция. // Рочестерский технологический институт Манселловская научная лаборатория по цвету. 2006. -439 с.
Süsstrunk S., Buckley R., Swen S. Standard RGB Color Spaces / Laboratory of audio-visual Communication (EPFL), Xerox ArchitectureCenter, Apple Computer/ Lausanne, Swizerland; Webster, NY; Cupertino, CA.

Представление программного продукта «Фотон» для исследований колориметрических характеристик объектов в программно-аппаратных средах

Матюш И.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время перспективным направлением являются методы исследований объектов, основанные на применении систем технического зрения и обработки цифровых изображений. В рамках ГПНИ «Электроника и фотоника 2015» был разработан программный продукт «Фотон», предназначенный для получения количественной информации о фотометрических и колориметрических свойствах объектов на основе обработки их цифровых изображений. Получая на первом этапе информацию об объекте в виде его координат цвета в функциональном пространстве RGB, на втором этапе с использованием данного приложения (путем трансформации полей) на выходе можно получать значение координат цветности в универсальном цветовом пространстве XYZ.

Результатом работы приложения является численное значение измеряемой величины и её графическое представление. Общая схема функционирования приложения «Фотон» показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функциональная схема программного продукта «Фотон»

После заполнения полей «Значение ФВ» для «Стандартного образца №1» и «Стандартного образца №2» а так же «R», «G» и «B» для стандартных образцов и объекта нажимая кнопку «ПОСТРОИТЬ ГРАФИК» получаем искомое значение физической величины и его графическое представление по отношению к значениям данной физической величины у стандартных образцов. Системные требования: Windows XP SP3, Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10. Процессор: 400 Hz и выше. Оперативная память (ОЗУ): 126 mb. Требуемое свободное место на диске: 7,25 mb.

Комплексный подход к совершенствованию производственных процессов

Серенков П.С., Лесин А.С.

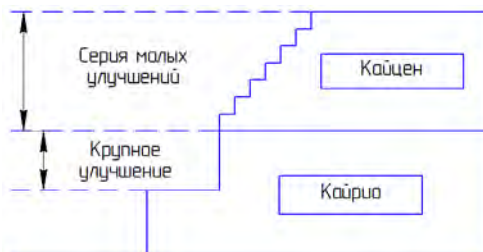
Белорусский национальный технический университет

Стратегической целью организации является постоянное улучшение процессов для совершенствования деятельности организации и обеспечения выгоды ее заинтересованным сторонам.

Постоянное улучшение (согласно СТБ ISO 9000) - повторяющаяся деятельность по увеличению способности выполнить требования. Существует два подхода к совершенствованию процессов, продукции, систем:

- постепенный подход – совершенствование через серию мелких улучшений (подход Кайцен).
- кардинальный подход – реинжиниринг, принципиальные изменения как процесса, так и организационной структуры управления (подход Кайрио).

Обосновано, что между этими подходами нет противоречий, они дополняют друг друга. Совместное применение (по определенным правилам) двух подходов позволяет организациям достигать существенных конкурентных преимуществ. На рисунке подход «Кайцен» - участок пологого подъема, подход «Кайрио» - участок крутого подъема линии роста качества.



В докладе определены основные этапы реализации каждого подхода. Предложены рациональные методы и технологии идентификации состояния процесса, а также критерии принятия решений на каждом этапе для каждого подхода.

Сформулированы правила комплексного применения обоих подходов для эффективного решения задачи совершенствования процесса, в том числе критерии перехода от подхода «Кайцен» к «Кайрио». Обоснована необходимость применения методов робастного перепроектирования процессов Г. Тагути.

Измерения отклонений от прямолинейности протяженных поверхностей с помощью автоколлиматора АКТ-15

Скурат О.А., Костусева В.В., Чувашева Е.В.
Белорусский национальный технический университет

В процессе развития науки и техники возрастают требования к методам измерений отклонения от прямолинейности объектов с протяженными поверхностями. Реализация методов, осуществляемых с помощью оптических устройств, является одной из наиболее сложных задач многих отраслей промышленности и инженерной геодезии.

Для решения задач, связанных с измерениями отклонений от прямолинейности, используются автоколлиматоры. В сочетании с плоским зеркалом или многогранной призмой автоколлиматор можно использовать для контроля прямолинейности направляющих, плоскостности разметочных плит, взаимного углового расположения осей и плоскостей изделий в устройстве. Автоколлиматоры находят также широкое применение при проверке различных угловых мер, синусных линеек, делительных головок и делительных столов.

Целью проведенной работы являлась разработка методики выполнения измерений (МВИ) отклонений от прямолинейности протяженных поверхностей с помощью автоколлиматора АКТ-15.

В основу разработанной МВИ положен графо-аналитический метод определения отклонений. При разработке МВИ были решены следующие задачи:

- 1) разработана схема приспособления для установки и регулировки автоколлиматора, включающая направляющую, измерительный прибор, плоское зеркало, приспособления для регулировки и фиксации;
- 2) разработана схема измерений, позволяющая графически построить профиль исследуемой поверхности;
- 3) разработана МВИ с указанием последовательности получения и обработки результатов;
- 4) рассчитана неопределенность результатов измерений;
- 5) проведена валидация МВИ, которая подтвердила правильность расчета неопределенности.

Разработанная МВИ позволяет измерять отклонения от прямолинейности в диапазоне от 0,4 до 1,6 мкм на расстоянии до 25 м.

Разработанную МВИ отклонений от прямолинейности протяженных поверхностей с помощью автоколлиматора АКТ-15 планируется внедрить в учебный процесс по дисциплине «Средства измерения физических величин».

**Структура и принципы функционирования системы
автоматизированного проектирования оптимизированных
методик выполнения измерений с элементами квалиметрии**

Соколовский С.С., Азарёнок Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

Проектирование методик выполнения измерений (МВИ) как одну из ключевых задач предполагает выбор лучшего варианта проектного решения из некоторой совокупности конкурирующих вариантов. Цель данной работы заключается в квалиметрическом сопоставлении всех выделенных возможных вариантов МВИ по целому ряду свойств, определяющих их качество. Планируемый порядок решение данной задачи позволяет определить общую структуру системы информационной поддержки процесса автоматизированного проектирования МВИ, и выделить следующие основные модули, которые должны входить в эту структуру с существующими функциональными взаимосвязями между ними: 1) модуль классификации и кодирования контролируемых геометрических параметров деталей; 2) модуль классификации и кодирования типовых измерительных задач; 3) модуль типовых проектных решений МВИ; 4) модуль квалиметрического оценивания проектных решений конкурирующих вариантов МВИ. В 1-ый модуль поступает описание измерительной задачи, на основании которого данной задаче присваивается определённый код, имеющий иерархическую структуру и включающий в себя код группы, код класса, код вида, код разновидности и код типа параметра. Такой код, отражающий особенности измерительной задачи, поступает на вход 2-го модуля, где строится нормативная и аналитическая модель измеряемого параметра, выступающие в качестве основы для проектирования МВИ. Эта информация поступает на вход 3-го модуля, задачей функционирования которого является формирование набора конкурирующих вариантов схемных решений измерительной задачи и соответствующих МВИ с присвоенными им специальными кодами. 4-ый модуль системы предназначен для проведения квалиметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ, сформированных в третьем модуле, и определения наилучшего варианта по целому комплексу определяющих свойств. Таким образом, основная практическая ценность работы состоит в возможности определения в каждом конкретном случае оптимизированного варианта МВИ с помощью системы автоматизированного проектирования с использованием аппарата квалиметрии.

**Анализ существующих подходов к нормированию
и контролю параметров микрогеометрии поверхностей
деталей**

Соколовский С.С., Дмитерчук Е.А.

Белорусский национальный технический университет

За последний годы в мире накоплен огромный опыт в использовании норм качества поверхностей на уровне их микрогеометрии с функциональным упором на назначение деталей. За счет оптимального нормирования параметров шероховатости и их технологического обеспечения достигнуто значительное улучшение качества машин и механизмов. Отечественные конструкторы зачастую испытывают трудности в плане «чтения» требований к параметрам микрогеометрии поверхностей, представленных в технической документации на импортируемую продукцию, а также соответствующего оформления такой документации на продукцию, поставляемую на экспорт, внедрения в практику контроля этих параметров высокоэффективных средств измерений, закупаемых за рубежом. С конструкторской точки зрения с принятием изменения №3 ГОСТ 2.309-73 с 2002 года стал соответствовать стандарту ИСО 1302-2001 в плане обозначения требований к шероховатости поверхностей, но при этом значительно отличается по количеству нормируемых параметров, их сути, трактовке и способам нормирования. Стандарты ИСО, посвященные текстуре поверхности, представляют собой семейство стандартов отражающих на данный момент все вопросы, связанные с наиболее полным и точным определением, нормированием и измерением параметров поверхности деталей шуповым методом. Также представляет интерес опыт американских специалистов в нормировании параметров шероховатости, отражённый в стандарте ASME. Американский стандарт является более широким, практичным документом, он учитывает требования и лабораторных, и производственных измерений. Стандарты ISO ориентированы только на шуповые безопорные измерения параметров шероховатости. Стандарт ASME содержит классификацию из 6-ти типов различных приборов для измерения параметров текстуры поверхности. Эта классификация отражает практически все типы приборов, применяемых в мире для оценки текстуры поверхности. Стандарт ASME практически «перекрывает» все аналогичные параметры, регламентированные стандартами ISO, но при этом содержит и дополнительные параметры, которых нет в стандартах ISO, и не препятствует применению в Америке европейских и японских приборов.

Информационно-поисковая редактируемая система «SMIS»

Матюш И.И., Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет

Последняя редакция стандарта ISO 9001:2015 содержит требования, отвечающие новому направлению в менеджменте «управление знаниями», но формального описания процесса создания и функционирования базы знаний в настоящее время нет. На кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы» разработана информационная база в виде централизованного архива программ, документов, справочной информации.

Информационно-поисковый ресурс «SMIS» представляет собой пополняемую редактируемую от лица пользователя систему, созданную для хранения и удобного поиска нужной информации. Система реализована в виде сайта с интуитивно понятным интерфейсом и предназначена для коллективного использования внутри организации сотрудниками, чьи рабочие места оснащены персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть.

Внутри сайта в соответствующем разделе находятся обучающие видеоматериалы, позволяющие любому сотруднику (пользователю) в очень короткие сроки овладеть навыками модератора данного комплекса и, как следствие, сэкономить денежные ресурсы организации не осуществляя поиск и не привлекая специалиста для этих целей со стороны.

В «SMIS» предусмотрена возможность хранения и удобного поиска результатов выполнения различных рабочих заданий тем или иным сотрудником, что в последующем упрощает процесс решения схожих по специфике задач другими сотрудниками организации. Т.е. система способна накапливать и хранить знания, полученные ранее. Каждый сотрудник (пользователь «SMIS») имеет постоянный открытый доступ к этим знаниям. Также у каждого из сотрудников есть возможность контроля собственных знаний в той или иной области деятельности организации. Тематические тесты могут быть созданы модератором при помощи редактора тестов, включенного в комплекс, и размещены в соответствующем разделе сайта. Таким образом благодаря универсальности реализуемых методов и подходов «SMIS» может быть использована для систематизации, обеспечения удобства хранения, доступа и поиска нужной информации сотрудниками организаций осуществляющих свою деятельность в областях разного рода.

На данный момент система адаптирована под пользователей, осуществляющих различные работы в области метрологии.

Система поиска ТНПА и НД, используемых при проведении метрологической экспертизы

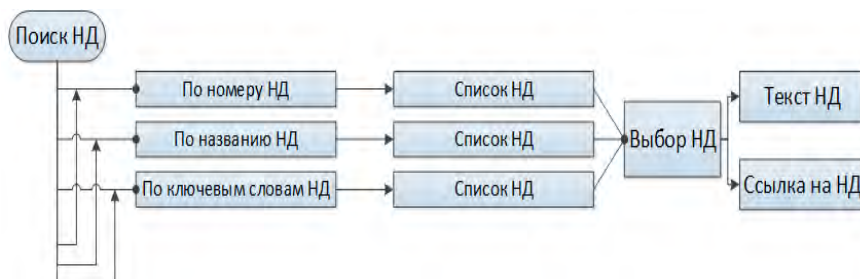
Матюш И.И., Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет

Производство различной технической продукции зачастую ориентировано на экспорт, поэтому при проведении метрологической экспертизы необходимо руководствоваться теми нормами, требованиями и правилами, которые актуальны для страны-импортёра данной продукции. С целью облегчить и ускорить поиск экспертом необходимых технических нормативных правовых актов и нормативных документов по стандартизации была создана автоматизированная система поиска нормативно-технической документации.

Данная система поиска представляет собой базу данных табличного вида формата SQL, содержащую в себе информацию о различных национальных, региональных и международных нормативных документах, требованиям которых должна соответствовать экспортируемая в те или иные страны продукция и представляющая данную продукцию документация. База подключена к информационной системе «SMIS», реализованной в виде сайта на локальном виртуальном сервере, с помощью синтаксиса php.

Тот факт, что база данных должна содержать лишь актуальные на данный момент документы, учтён в виде возможности пользовательского редактирования её содержимого. На случай, если тексты искомых документов закрыты для общего доступа, предусмотрены ссылки на официальные интернет-ресурсы организаций-разработчиков, где, при необходимости, можно узнать условия их распространения.



Структурная схема системы поиска

Особенности обучения специалистов в области координатных измерений

Астапчик О.С., Дубицкий Д.В.,
Хорлоогийн А.С.

Белорусский национальный технический университет

Современные средства координатных измерительно-вычислительных комплексов позволяют автоматизировать процесс измерения деталей сложной формы, однако выполнение измерений с помощью координатных методов измерений не возможно без наличия соответствующих квалификации и опыта у персонала (оператора).

Сегодня, ведущие промышленные предприятия и разработчики измерительной техники объединяют усилия с целью совместной разработки и внедрения программ по обучению специалистов в области координатных измерений. К уже созданным, достаточно широко применяемым программам обучения и сертификации относятся: ASMC в США и Канаде; CMTrain в Великобритании; CMM Club/CEPAS в Италии; AUKOM в Германии; EUKOM в странах Евросоюза.

Однако существуют вопросы, которые возникают в процессе обучения (особенно в странах СНГ):

1. Обучение, которое проводят различные производители координатно-измерительной техники и программного обеспечения, как правило, ориентированы только на один вид аппаратуры и не дают хорошего фундамента для уверенной работы в данной области. Порой они не затрагивают даже такие важные вопросы, как методы и точность измерений.

2. Персонал (операторы КИМ) по ряду причин не всегда имеет уровень квалификации для того аппаратно-программного комплекса, который необходим для решения поставленных задач на производстве.

Это обусловлено, в первую очередь, рядом факторов:

- отсутствием на предприятиях подготовленных кадров;
- высокой стоимостью новой координатно-измерительной техники и программного обеспечения для неё;
- зависимостью от зарубежных производителей;
- отсутствием современных стандартов, технических регламентов и методик выполнения координатных измерений типовых деталей.

Таким образом, возникает необходимость в разработке такого программного обеспечения для координатных средств измерений, которое смогло бы обеспечить процесс выполнения измерений с наименьшими субъективными погрешностями.

Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Хорлоогийн А.С.

Особенности определения точности координатных измерений

Астапчик О.С., Дубицкий Д.В.,
Хорлоогийн А.С.

Белорусский национальный технический университет

Координатно-измерительные машины (КИМ) в мировом машиностроении применяются достаточно давно и поправку считаются одними из самых точных средств измерения. На данный момент в мировом масштабе принято использовать концепцию неопределенности в связи с чем в соответствии с требованиями международных стандартов, результат измерений, помимо измеренного значения, должен содержать неопределённость измерений. Получение достоверного значения неопределённости в координатной метрологии является достаточно сложной задачей. Это связано с тем, что КИМ являются очень гибким инструментом, на который влияет большое количество факторов.

Согласно международному Руководству по выражению неопределённости измерений необходимо, чтобы любая измерительная задача имела математическую модель, которая определяет зависимость измеряемой величины от входных величин. Имея данную модель, можно получить распределение вероятностей для измеряемой величины.

В математическую модель кроме точечной оценки входит большое количество поправок обусловленных: инструментальной погрешностью средства измерений; используемой методикой выполнения измерений; погрешностями формы и расположения измеряемых поверхностей деталей; используемыми алгоритмами обработки измеренных точек; внешними факторами. Из выше сказанного можно сделать вывод, что расчет неопределенности измерения для КИМ является не простой задачей, в связи с чем чаще всего данной процедурой пренебрегают считая неопределенность измерения равной неопределенности, указанной в паспорте ким (при этом необходимо соблюдать условия эксплуатации КИМ), под данной характеристикой обычно понимают только величину ошибки MPEE (Maximum Permissible Error), которая определена в группе стандартов EN ISO 10360 и имеет вид: $MPEE = A + L/K$, мкм.
где L – длина измеряемого объекта, мм; A, K – постоянные, характеризующие КИМ.

Так, например, для машины фирмы ZETT MESSTechnik GmbH (Германия) с горизонтальной пинолью модели AMS Неопределенность измерения (по ISO 10360-2) равна: $E = 16 + L / 60 < 50$ мкм.

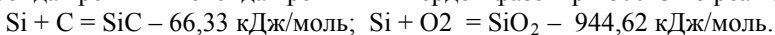
Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Хорлоогийн А.С.

Микро- и нанотехника

Ковалевская А.В., Жук А.Е., Жук В.А.

Белорусский национальный технический университет

Реакции в покрытии протекают экзотермические карбид кремния или карбида вольфрама из смеси Si– C (W - C) и силицид молибдена из смеси Mo – Si. Температура плавления силицидов ниже, чем других тугоплавких соединений, аналогично и теплота образования. Так, для MoSi₂ – равна 200,2 кДж/моль. Для WSi₂ – 101,9 кДж/моль. Их использовали в технологии, в которой как показали dilatометрические исследования реакция кремний – графит начинается с 650°C и заканчивается при 850°C, а реакция молибден – кремний протекает при 720 – 940°C. Гранцентрированная кубическая и гексагональная решетка образует в междоузлиях тетраэдрические и октаэдрические поры. Пор в два раза больше количества атомов. Атомы внедряются в тетраэдрические поры, образуя фазы внедрения MeX₂, если $r_x / r_{me} \leq 0,41$. если количество атомов в решетке равно количеству октаэдрических пор, то могут образовываться фазы типа MeX. Фазы внедрения (SiC) обладают высокими механическими свойствами. Анализ диаграмм двойных сплавов показал, что образование карбидов (SiC) в вакууме при формировании многочисленных контактов кремния и графита происходит при низких температурах. Методом TG-DTA определялась энергия Гиббса образования карбида кремния и оксида кремния в твердой фазе при 800°C по реакции:



Для реакции молибдена и кремния ($\text{Mo}_{\text{ТВ}} + 2 \text{Si}_{\text{ТВ}} = \text{MoSi}_2$) определена энергия Гиббса при температурах 570°C и 900°C:

Расчеты показали, что для образования MoSi₂ достаточно температуры 570°C, так как энергия Гиббса изменяется незначительно с ростом температуры до 900°C: $\Delta G_{843} = -130,456 \text{ кДж}$; $\Delta G_{1173} = -129,530 \text{ кДж}$.

Установить значения температур синтеза карбида кремния возможно с помощью dilatометрических испытаний. В методику испытаний на dilatометре были внесены следующие изменения: поскольку образование SiC протекает с уменьшением (усадкой) размеров, предложено осуществлять размещение по торцам реактора засыпки из порошка железа с покрытием из смеси молибдена и кремния, которые при образовании дисилицида молибдена формируют твердый раствор замещения с увеличением объема[5]. Dilatометрические исследования проводили dilatометре «Netzsch 402 E» (Германия). Нагрев порошка в реакторе dilatометре, представленного на рисунке 7 осуществляли со скоростью 5 град./мин.

**Влияние модификаторов на структуру и свойства сегнетокерамики
на основе системы ВаО–Ві₂О₃–ТіО₂**

Хорт А.А.¹, Дятлова Е.М.¹, Кулак Д.И.¹, Головач Р.В.¹,
Шамкалович В.И.²

Белорусский государственный технологический университет¹
Белорусский национальный технический университет²

Целью работы является разработка составов и исследование свойств керамических сегнетоэлектрических материалов на основе твердых растворов титанатов бария и висмута со структурой, модифицированной путем введения различных металлооксидных добавок.

Титанаты бария (ВаТіО₃) и висмута (Ві₄Ті₃О₁₂) синтезировались отдельно методом высокотемпературного спекания стехиометрических смесей исходных компонентов, в качестве которых применялись оксиды бария, висмута и титана. Модификаторами являлись оксиды железа и марганца.

Исходные смеси обжигались при температурах 1250 °С (титанаты бария) и температуре 1050 °С (титанаты висмута) с выдержкой 2 часа. Синтезированные спеки подвергались тонкому помолу и смешению в заданных пропорциях. Из полученных смесей изготавливались опытные образцы в виде таблеток, которые спекались при температуре 1000°С, после чего на их торцевые поверхности наносились серебряные контакты.

В ходе выполнения работы было установлено, что конечные материалы представляют собой твердые растворы замещения с основной кристаллической фазой ВаВі₄Ті₄О₁₅. Введение металлооксидного модификатора – оксида марганца (MnO₂) приводит к резкому повышению значений диэлектрической проницаемости и снижению удельного объемного электросопротивления по сравнению с немодифицированными титанатами бария (ВаТіО₃) и висмута (Ві₄Ті₃О₁₂). Это связано с повышением поляризации структуры сегнетоэлектрика за счет замещения ионами марганца ионов титана в регулярной кристаллической решетке перовскитоподобных титанатов. Кроме этого, происходит резкий рост диэлектрических потерь, что связано с большими потерями энергии на поляризацию кристаллической структуры.

Введение Fe₂O₃ в керамические сегнетоэлектрические материалы приводит к снижению значений диэлектрической проницаемости. При этом наблюдается резкий рост удельного сопротивления, что, вероятно, связано со снижением степени поляризации структуры керамических сегнетоэлектриков. Следует отметить, что в этом случае наблюдается стабилизация диэлектрических потерь: tgδ не превышает 0,01 в широком температурном диапазоне.

Керамические огнеупорные материалы для футеровки обжиговых вагонеток

Подболотов К.Б.¹, Юруц У.Г.¹, Дятлова Е.М.¹, Попов Р.Ю.¹,
Шамкалович В.И.²,

Белорусский государственный технологический университет¹
Белорусский национальный технический университет²

Целью работы является разработка составов и технологических параметров получения огнеупорных материалов для производства футеровочных блоков.

В настоящее время огнеупорные материалы используются на ряде предприятий керамической отрасли, ориентирующихся на выпуске керамики строительного назначения – кирпича, поризованных блоков и камней (ОАО «Керамика» (г. Витебск), ОАО «Минский завод строительных материалов» (г. Минск), ОАО «Брестский КСМ» (г. Брест) и др.).

Существующая технология их получения предусматривает использование глинистого сырья, наполнителя, которым выступает бой бракованных изделий, ортофосфорная кислота. Изделия получают по безобжиговой технологии и первоначальные прочностные характеристики материал приобретает при термической обработки сырца при температуре 600 °С за счет полимеризации ортофосфорной кислоты.

Окончательные свойства материал получает при совместном обжиге в туннельной печи в нагруженном состоянии (с кирпичом). Однако, как показывают исследования, в связи с малой прочностью и термостойкостью материал быстро изнашивается и выходит из строя, что приводит к необходимости длительной и трудоемкой замены футеровки вагонеток.

Для изготовления опытных образцов использовались следующие сырьевые материалы: глина огнеупорная месторождения «Боровичи», глина тугоплавкая месторождения «Городное» и алмосиликатный шамот. В качестве связующего использовали ортофосфорную кислоту с концентрацией 65 %. Образцы изготавливались методом полусухого прессования с последующей сушкой и обжигом в интервале температур 1000–1200 °С с выдержкой при максимальной температуре 1200 °С - 1 час.

Полученные при выполнении работы материалы обладают следующими характеристиками:

- кажущаяся плотность – 1430–1550 кг/м³;
- пористость открытая – 15–25 %;
- прочность при сжатии – 40–60 МПа;
- температурный коэффициент линейного расширения в диапазоне температур 50–400 °С имеет значения (3,0–5,5) · 10⁶ К⁻¹.

Особенности получения износостойкой самоглазурующей керамики

Дятлова Е.М.¹, Алексеенко И.А.¹, Хорт А.А.¹, Сушко Д.О.¹,
Колонтаева Т.В.², Павловский А.Ю.²

Белорусский государственный технологический университет¹
Белорусский национальный технический университет²

Износостойкость – это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания, которая в большой степени определяется твердостью и механической прочностью материала.

В данной работе была поставлена задача получения износостойкой анортитовой керамики с использованием эффекта самоглазурования для образования стекловидного поверхностного слоя. Сущность самоглазурования заключается в использовании специальных водорастворимых легкоплавких добавок, которые при сушке мигрируют на поверхность, а при обжиге образуют на ней равномерное стекловидное покрытие. Введение таких добавок осуществляется на стадии подготовки формовочных смесей, поэтому не усложняет технологический процесс производства.

Синтез износостойких материалов проводился в области кристаллизации анортита с использованием в качестве сырьевых компонентов огнеупорной глины, кварцевого песка, карбоната кальция и технического глинозема. В подготовленную тонким совместным помолом смесь для образования поверхностного глазурного слоя вводилась добавка 20 %-ого раствора NaOH. Опытные образцы получали полусухим прессованием и подвергались сушке по нескольким режимам с целью определения оптимальных условий, обеспечивающих максимальную миграцию ионов Na^+ к поверхности. Обжиг опытных образцов осуществлялся при температуре 1100–1200 °С.

В работе установлены зависимости физико-механических свойств образцов и качества покрытия от состава исходных смесей, параметров сушки и режимов обжига. Фазовый состав материалов представлен в основном анортитом и дополнительно волластонитом и кристобалитом. В результате исследований синтезирована самоглазурующаяся анортитовая керамика, характеризующаяся:

- водопоглощением 0,2 %,
- механической прочностью при сжатии 140 МПа,
- микротвердостью 10000 МПа.

Полученная самоглазурующаяся анортитовая керамика может быть рекомендована для изготовления износостойких изделий, работающих в условиях длительных истирающих нагрузок.

**Получение керамических ячеистых материалов
с использованием отходов технических пен**

Попов Р.Ю.¹, Богдан Е.О.¹, Неверова Т.Н.¹, Колонтаева Т.В.²
Белорусский государственный технологический университет¹
Белорусский национальный технический университет²

Создание новых эффективных теплоизоляционных материалов и изделий различного назначения на основе отечественного сырья и недефицитных порообразователей являются актуальными в республике Беларусь, поскольку направлены на снижение себестоимости продукции. Следует отметить, что теплоизоляционные керамические материалы, полученные по шликерной технологии с использованием пенообразователей, обладают равномерной ячеистой структурой и более высокой пористостью (более 45 %) по сравнению с остальными методами производства, тем самым обеспечивая высокие теплоизоляционные характеристики конструкций.

Для создания ячеистой структуры использовались отходы технических пен для пожаротушения, а именно состав «Барьер пленкообразующий», представляющий собой водный раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ) различного химического состава.

Керамическая суспензия готовилась следующим образом. Все исходные компоненты измельчались до прохождения через сито №05, смешивались в необходимых соотношениях, затем добавлялась вода до влажности 40 – 50 %. Суспензия перемешивалась лабораторной мешалкой до однородности. Отдельно готовилась пена путем перемешивания пенообразователя с водой. Исходные компоненты смешивались, а в состав смеси в качестве крепителя пены вводились мездровый клей и гипсовое вяжущее для улучшения прочностных показателей полуфабриката. Приготовленный шликер заливался в специальные формы, выдерживался до тех пор, пока пористый черепок не обретал прочность. Затем осуществлялась подвялка в естественных условиях, сушка, извлечение из форм и обжиг. Обжиг проводился в электрических печах в интервале температур 1200–1300 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Согласно данным рентгено-фазовому анализу минеральный состав образцов керамики представлен преимущественно муллитом ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), кварцем ($\alpha\text{-SiO}_2$) и кристобалитом (SiO_2). Образцы материалов, полученные на основе разработанных составов, характеризовались следующими показателями свойств:

- кажущаяся плотность – 470 – 920 кг/м³,
- пористость – 65 – 80 %,
- рочность при сжатии – 0,35 – 2,50 МПа,
- теплопроводность – 0,25 – 0,68 Вт/(м·К).

Особенности получения керамики технического назначения с использованием каолинового сырья Республики БеларусьПопов Р.Ю.¹, Климош Ю.А.²Белорусский государственный технологический университет¹Белорусский национальный технический университет²

В настоящее время изделия из технической керамики, благодаря ценному комплексу физико-химических свойств, применяются практически во всех отраслях промышленности. Одной из ее разновидностей является кордиеритовая. В данной работе для синтеза кордиеритсодержащей керамики в качестве сырьевых компонентов использовались отечественный каолин месторождения «Дедовка», каолин глуховецкий (Украина), тальк онотский, технический глинозём и гиббсит ($\text{Al}(\text{OH})_3$). Каолин «Дедовка» использовался в природном виде, а также в обогащенном мокрым и химическим способом. Основными недостатками каолина «Дедовка» являются сильная запесоченность и наличие железистых и титанистых примесей.

В связи с этим возникает потребность в осуществлении обогащения ценного глинистого сырья для производства технической керамики. Отмечается, что осуществление мокрого обогащения каолина позволяет снизить содержание SiO_2 до уровня 48–51 %, количество Fe_2O_3 при этом несколько увеличивается до 1,05 %. Использование химического обогащения позволяет снизить содержание последнего до 0,68–0,78 %.

Экспериментальные составы исходных смесей планировались таким образом, чтобы в синтезируемом материале соотношение фаз кордиерита и муллита составляло 1:1. Содержание каолина в исследуемых композициях находилось в интервале от 30 до 47 %. Образцы составов, обожженные в интервале 1200–1300 °С, имеют следующие показатели свойств: водопоглощение – 8–12 %; пористость – 15–24 %; кажущаяся плотность – 1910–1980 кг/м^3 , температурный коэффициент линейного расширения при температуре 300 °С составляет $3,25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; механическая прочность при изгибе – 19,84 МПа; усадка – 4,2–4,8 %, термостойкость (800 °С – вода) – не ниже 100 теплосмен; электросопротивление при 100 °С – $2 \cdot 10^{11} \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Исследования фазового состава опытных образцов позволили сделать вывод о том, что материал представлен преимущественно кордиеритом и муллитом, в качестве побочных фаз фиксировались кварц, корунд и в незначительных количествах энстатит и шпинель. Таким образом, можно сделать вывод о возможности и перспективности применения обогащенного каолина месторождения «Дедовка» (Республика Беларусь) для получения термостойких материалов.

**Источники света для адаптивных оптических систем
транспортных средств**

Сернов С.П., Балохонов Д.В., Журавков А. А.
Белорусский национальный технический университет

Традиционные источники света (лампы накаливания, галогенные лампы и т.п.) плохо подходят для адаптивных оптических систем транспортных средств, так как эти источники инерционны, срок их службы мал, а светоотдача низка. Более подходящими источниками света для адаптивных оптических систем транспортных средств являются светодиоды, так как они имеют существенно большее время наработки до отказа, чем лампы накаливания, большую эффективность и существенно меньшее время включения (несколько наносекунд). Все светодиоды способны быстро и контролируемо изменять свои характеристики (цвет и световой поток), что делает их наилучшими источниками света для адаптивных оптических систем транспортных средств. Быстрота изменения свойств позволяет существенно улучшить безопасность движения за счет уменьшения времени реакции водителей на изменения дорожной обстановки.

Существуют следующие типы светодиодов: полупроводниковые светодиоды (СИД), органические светодиоды (OLED) и светодиоды на квантовых точках (QLED). Выбор конкретного типа светодиода определяется требуемым световым потоком, распределением силы света, спектром излучения и надежностью адаптивной оптической системы.

Таким образом, полупроводниковые СИД лучше всего подходят для адаптивных оптических систем транспортных средств, которые будут работать долго без замены в широком диапазоне температур, однако световой поток которых не превышает 1000 лм. OLED имеют малую габаритную яркость, что позволяет использовать их для систем с жесткими требованиями по равномерности засветки поверхности при большом заданном световом потоке.

Кроме того, OLED не вызывают ослепления и при этом имеют минимальную толщину и являются гибкими, однако срок их службы тем меньше, чем больше световой поток. QLED позволяют получать практически любой спектр излучения при сохранении сравнительно большого срока службы, однако они отличаются как наличием электролюминесценции, так и фотолюминесценции, что может вызвать послесвечение при резком изменении яркости окружения.

Оценка дозы γ -излучений

Сычик В.А., Уласюк Н.Н., Войтенко К.Ю., Сикорский И.В.
Белорусский национальный технический университет

Оценка дозы, поглощенного гамма-излучения в исследуемом материале (D_x), производится по формуле:

$$D_x = D \cdot \frac{(\mu_a/\rho)_x}{(\mu_a/\rho)} \cdot \frac{B_x}{B},$$

где $(\mu_a/\rho)_x$ и (μ_a/ρ) – массовые коэффициенты поглощения энергии в исследуемой и дозиметрической системах; B_x/B – отношение факторов накопления для тех же систем. В условиях эксперимента при энергии излучения $W\gamma = 1.25 \text{ МэВ}$ доза излучения определяется соотношением электронных плотностей дозиметрической системы (F) и исследуемого материала (F_x):

$$D_x = \frac{F_x}{F} D,$$

$$F = N_0 \sum P_i \frac{Z_i}{A_i} = N_0 \frac{Z}{A},$$

где N_0 – число Авогадро, Z_i – атомный номер элемента, A_i – атомный вес, P_i – массовая доля элемента Z/A – эффективный атомный номер. Если материал находится в поле γ -излучения, расчет мощностей поглощенных доз производится по формуле

$$D_x = 1,16 C_p \cdot \frac{dT}{dt},$$

где D – поглощенная доза, Γ_p ; C_p – теплоемкость материала, Дж/К; dT/dt – скорость разогрева материала, К/с. Качество γ -излучения характеризуется эффективной энергией (P_γ). Если дозиметр облучается параллельным пучком моноэнергетического γ -излучения с энергией кванта E , то показания дозиметра при толщине поглотителя равной X , будут связаны с показаниями дозиметра при $X=0$ соотношением:

$$(P_\gamma)_x = (P_\gamma)_0 e^{-\mu x},$$

где $(P_\gamma)_0$ и $(P_\gamma)_x$ – мощность экспозиционной дозы при $x=0$ и $x=x$ соответственно, а μ – линейный коэффициент ослабления мощности излучения. Помещая между источником и дозиметром поглотителя различной толщины, строя кривую ослабления мощности экспозиционной дозы, определяют слой половинного ослабления Δ , значение μ и затем энергию кванта моноэнергетического излучения.

Методы исследования физико-механических характеристик электротехнических материалов

Сычик В.А., Уласюк Н.Н., Войтенко К.Ю., Сикорский И.В.
Белорусский национальный технический университет

Предложенные методы оценки электромеханических свойств электротехнических материалов позволяют определить: линейные размеры, температурный коэффициент линейного расширения, коэффициент внутреннего трения, модуль упругости I рода и величину предельной прочности на изгиб. Предел допустимой погрешности измерения ТКЛР рабочих образцов электрокерамики не более $5 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, что соответствует точности измерения длины в пределах 1мкм. Измерение линейных размеров l образцов производится на двойном компараторе типа ИЗА-2, с чувствительностью десятые доли микрона. Для исследования упругих свойств используется метод составного пьезоэлектрического вибратора. Исходя из известных параметров кварцевого датчика в составе вибратора (резонансная частота f_k , длина датчика l_k и его масса m_k) к торцу кварцевого стержня составного вибратора примыкает исследуемый образец. Длина образца в первом приближении определяется из соотношения

$$l = \frac{cnB}{2f_1}$$

где c – скорость распространения колебаний в исследуемой среде; f_0 – резонансная частота образца, n_b – число полуволн, укладываемых на длине образца (обычно $n_b=1$). По резонансной частоте f_k и плотности образца ρ определяют коэффициент внутреннего трения k и модуль Юнга (модуль упругости I рода). Модуль упругости ϵ определяется из соотношения $\epsilon = \rho c$, $c = 2lf$, где ρ – плотность исследуемого материала, c – скорость звука в этом материале, l – длина образца, включенного в схему составного вибратора, f – резонансная частота колебаний. Величина предельной прочности на изгиб σ_n и определяется по методу трехточечного изгиба и рассчитывается по формуле

$$\sigma_n = \frac{8Pul}{\pi d o^3} \quad \text{для образцов в виде цилиндрических стержней,}$$

$$\sigma_n = \frac{1,5Pul}{h^2 l} \quad \text{для стержней прямоугольного сечения.}$$

Здесь P_u – разрушающая нагрузка, Н; d_0 , l , h – диаметр, ширина и высота образца, мм.

УДК 666.223

Обучение визуализации наноструктур при преподавании дисциплины «Информационные технологии нано- и микросистемной техники» на примере программы ViewerLite

Маркевич М.И.¹, Щербакова Е.Н.²
ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»¹
Белорусский национальный технический университет²

В рамках дисциплины «Информационные технологии нано- и микросистемной техники» студенты изучают средства визуализации наноструктур, к числу которых относится программа WebLab ViewerLite. Данный программный инструмент даёт возможность визуализации на уровне атомов и молекул, а также возможности ее экспорта и импорта. С помощью WebLab ViewerLite атомы в нанобъектах можно представлять в различном виде, а также присваивать им соответствующие символы химических элементов. Программа распознает все распространенные форматы файлов, в ней можно работать с объектами из популярных пакетов 2D графики, таких, как ChemDraw, а также визуализировать объекты, созданные в программе RasMol.

WebLab ViewerLite имеет собственную базу наноструктур, включая углеродные нанотрубки, фуллерены и т.д. Программа функционирует в режиме графического окна, которое по умолчанию имеет черный фон. В верхней части этого окна располагается панель меню, имеющая следующие раскрывающиеся меню: «Файл», «Правка», «Вид», «Инструменты», «Окна» и «Справка». В левой части экрана находятся инструменты, позволяющие вращать, перемещать или масштабировать модели объектов (рисунок 1). В ViewerLite можно создавать PDB и MOL файлы для экспорта информации в другие приложения, JPEG, GIF, BMP файлы для использования в качестве графики.

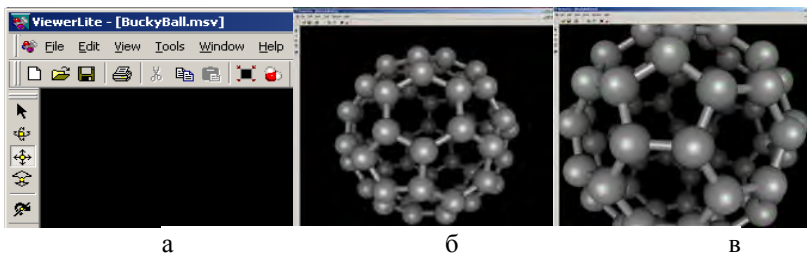


Рис.1–Рабочие окна программы ViewerLite: а - панели инструментов, б,в - варианты визуализации модели фуллерена

Определение электрофизических характеристик диодов Шоттки на основе силицидов платины и никеляМаркевич М.И.¹, Щербакова Е.Н.²ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»¹
Белорусский национальный технический университет²

Для создания диодов Шоттки важное значение имеет выбор контактного металла, от которого зависит высота барьера, и соответственно, его основные характеристики. Перспективным материалом для формирования диодов Шоттки является силицид платины, но использование платиновых пленок и стандартных термообработок при формировании диодов имеет ряд недостатков: существенную неоднородность по толщине слоёв, большие напряжения на границе металл – полупроводник, приводящие к отслоению силицидного слоя. Поэтому разработка новых методов для формирования барьеров Шоттки является важной практической задачей.

В данной работе на кремниевой подложке путем послойного нанесения была сформирована тонкопленочная система никель-платина толщиной 0,03-0,04 мкм. Часть образцов перед нанесением тонкопленочной системы подвергалась ионной очистке. Затем проводился двухстадийный отжиг полученных тонкопленочных систем в азоте. Исследование фазовых превращений, происходящих в системах при стационарном отжиге, проводилось методом электронографии на отражение (электронограф малоуглового регистрирующий ЭМР-102).

Установлено, что при двухступенчатом режиме отжига, заключающемся в предварительном отжиге при температуре 240°C в течение 240 минут, а затем отжиге при температуре 550°C в течение 30 минут, на первом этапе отжига происходит взаимодиффузия между никелем и платиной, в результате которой образуется взаимный твердый раствор платины и никеля. На второй стадии отжига происходит образование и рост фазы $Ni_{1-x}Pt_xSi$.

Проведенные исследования показали, что высота барьера зависит от режимов термообработки как в случае образцов, полученных с ионной очисткой, так и без ее применения. При этом величина барьера Шоттки существенно различается для контактов, сформированных с ионной очисткой и без ионной очистки.

Как при использовании ионной очистки, так и без нее наблюдается минимум высоты барьера Шоттки при использовании режима формирования барьера 240 °С, 240 мин + 550 °С, 30 мин. Максимальная высота барьера наблюдается для образцов после отжига при режиме 350 °С, 240 мин + 550 °С, 30 мин.

Анализ устройств по измерению температуры оптическим методом объектов микронных размеров

Шелухин К.А.

Белорусский национальный технический университет

В производственных процессах микроэлектроники часто возникают задачи определения температуры нагреваемых поверхностей. Нагрев может производиться разными способами: электрическим током, вихревыми электромагнитными полями. При оптимизации этих процессов необходимы данные о температуре. Наиболее удобными являются бесконтактные методы определения температуры, основанные на регистрации теплового излучения, испускаемого поверхностью нагреваемого изделия [1, 2]. При этом обычно используются пирометры и значительно реже тепловизионная техника [3]. Современные тепловизоры строятся на основе специальных матричных датчиков температуры — болометров. Они представляют собой матрицу миниатюрных тонкопленочных терморезисторов. Инфракрасное излучение, собранное и сфокусированное на матрице объективом тепловизора, нагревает элементы матрицы в соответствии с распределением температуры наблюдаемого объекта. Пространственное разрешение коммерчески доступных болометрических матриц достигает 1280×720 точек. Коммерческие болометры обычно делают неохлаждаемыми для уменьшения цены и размеров оборудования [2]. Температурное разрешение современных тепловизоров достигает сотых долей градуса. Различают наблюдательные и измерительные тепловизоры. Измерительные тепловизоры позволяют измерить значение температуры заданной точки объекта с точностью до коэффициента излучения материала объекта. Измерительные тепловизоры требуют периодической калибровки, для чего зачастую снабжены встроенным устройством для калибровки матрицы, обычно в виде шторки, температура которой точно измеряется [1].

Литература

1. Свет Д.Я. Оптические методы измерения истинных температур. М., 1982. - 296 с.
2. Снопко В. Н. Основы методов пирометрии по спектру теплового излучения / В. Н. Снопко. - Минск: Ин-т физики им. Б.И.Степанова НАН Беларуси, 1999. - 224 с.
3. В.В. Коротаев, Г.С. Мельников, С.В. Михеев, В. М. Самков, Ю. И. Солдатов. Основы тепловидения. - СПб: НИУ ИТМО, 2012. - 122 с.

Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Конструкция нагревателя имеет решающее значение для контроля распределения температуры по активной зоне и влияет на потребляемую мощность. Для достижения требуемого распределения температуры, необходимо тщательно адаптировать нагреватель и геометрию подложки. Для иллюстрации равномерного распределения температуры предложены два различных практических решения. Первое, нагрев активной зоны с постоянной мощностью на единицу площади, в результате неоднородного температурного профиля. В этом случае внутренняя часть нагретой области испытывает потери тепла только для окружающего воздуха и излучения, в то время как внешняя часть имеет потери тепла через мембрану. Это приводит к тому, границы активной области будут холоднее, чем во внутренней части. Для компенсации требуется пространственный нагрев различной мощности (два нагревателя) [1]. Проблема решается за счет использования кольцевого нагревателя, который служит для компенсации потерь тепла через мембрану таким образом, что тепловой поток через мембрану обращается в нуль внутри нагревателя. Одна из трудностей этого подхода заключается в том, чтобы определить компенсирующую мощность нагрева, т.е. правильно регулировать мощность нагревателей [2]. Другой подход - использование двойной спирали с переменной шириной (поле повторяет структуру нагревателя) [3]. Чтобы получить равномерное распределение температуры изменяли ширину нагревателя с коэффициентом 2,5. смогли добиться снижения радиального градиента температуры от $\sim 5 \text{ K } \mu\text{m}^{-1}$ для стандартных меандра-образных нагревателей до $0,2 \text{ K } \mu\text{m}^{-1}$ для их двойного спиралевидного Pt-нагревателя. Недостаток по сравнению с двумя нагревателями заключается в том, что температура однородности зависит от конструкции и не может быть изменена в дальнейшем.

Литература

1. Xia, Z. Mechanical properties of highly ordered nanoporous anodic alumina membranes / Z. Xia, L. Riester, B.W. Sheldon [et al.] // Rev. Adv. Mat. Sci. 2004. - V. 6. - P. 131-139.
2. Hagen J. Technische Katalyse: Eine Einführung. Wiley-VCH; Weinheim, Germany: 1996.
- 3.11. Aigner R., Dietl M., Katterloher R., Klee V. Si-planar-pellistor: Designs for temperature modulation. Sens. Actuators B Chem. 1996;33:151-155.

**Эрозия, транспортировка и осаждение нанопокрyтия
в магнетронной распыляющей системе**

Ковалевская А.В., Жук А.Е., Жук К.А.

Белорусский национальный технический университет

В задачу исследования входило изучение морфологии поверхностей разрушения конденсата с оценкой влияния технологических режимов распыления на формирование структуры поверхностных слоев покрытия, определения характера сопряжений поверхностей частицы и конденсата, изменения фазового состава при спекании сферических порошков коррозионнотстойкой стали с нанесенным конденсатом при изготовлении ППМ. Разработка технологии активирования поверхности частиц плазмой тлеющего разряда и нанесения методом магнетронного распыления при длительности процесса свыше 60 мин кремниевого и комбинированного (Si – C) или (Mo – Si) катодов позволяет получать конденсат из нанослоев с заданного состава. Представлены исследования процессов эрозии рабочей поверхности катодов при длительном распылении, транспортировки и осаждении конденсата с послойным наноструктурированием покрытия.

Магнетронным распылением комбинированных катодов получали конденсат из смеси компонентов (Si), (Si+C) Al, или (Mo+Si). Экспериментально установлены режимы распыления. Значение тока и напряжения разряда в процессе эрозии за счет увеличения площади поверхности снижаются. Максимальная относительная напряженность для MPC достигается при радиусе катода 36 – 40 мм, а максимум плотности электронов определяет плотность ионного тока. Концентрация ионов распределяется в узкой зоне эрозии по нормальному закону. Локализация плазмы в прикатодном пространстве при большой плотности ионного тока и высоких скоростях обеспечивает распыления при низких рабочих давлениях. Распыление графита происходит в режиме повешенной магнитной индукции. При давлении рабочего газа 0,2 – 0,5 Па распылению подвергали Mo, который обладает высокими эрозионной стойкостью и массой атома, что потребовало высокой мощности магнитной индукции. Распыление молибдена идет в атомарном состоянии. Графит по физическим свойствам способен распыляться в виде атомов, кластеров и дисперсных частиц по мере увеличения времени распыления и нагрева катода. Полупроводник Si распыляется удовлетворительно, но при длительной эрозии распыляется кластерами. При длительном распылении комбинированного катода и осаждение конденсата в условиях плазменной тени образуется поверхность характерная осаждению кластеров полупроводникового кремния.

Основные направления развития современного светотехнического оборудования транспортных средств

Журавок А.А., С.П. Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет

Одной из особенностей современного светотехнического оборудования транспортных средств (ТС) является его взаимодействие с другими электронными системами ТС посредством общей шины обмена данными - CAN-шины[1]. Эта шина обеспечивает взаимодействие всех электронных узлов ТС и позволяет достичь высокой степени модульности и независимости между ними, что приводит к унификации, взаимозаменяемости устройств и повышению надежности системы в целом. Однако в этом случае в состав каждого устройства должен входить блок управления, способный поддерживать работу с CAN-шиной. Жесткие требования к надежности и безопасности ТС вынуждают производителей дополнять узлы функциями самодиагностики и адаптации к внешним условиям. Для этого применяются разнообразные сенсоры. Для сигнальных фонарей актуальны следующие адаптивные функции: адаптация к уровню внешней освещенности, к загрязнению поверхности фонаря, реакция на экстренное торможение, диагностика неисправностей фонаря. Интеллектуальный адаптивный фонарь должен выполнять следующие функции:

- прием команд от внешнего блока управления на включение и отключение сигналов фонаря
- отправка данных о состоянии сигналов фонаря
- управление источниками света фонаря соответственно заданным командам и режимам работы
- мониторинг состояния источников света и их цепей питания
- взаимодействие с акселерометром для определения динамики торможения и выбора наиболее подходящего режима работы стоп-сигнала
- взаимодействие с датчиком освещенности, для адаптации к внешнему освещению
- взаимодействие с сенсором приближения для определения степени загрязнения поверхности корпуса фонаря и подбора соответствующего режима работы источников света.

Литература

1.Сернов, С.П. Современное состояние автомобильной светотехники с несменными источниками света на основе светодиодных технологий / С.П. Сернов, Д.В. Балохонов, Т.В. Колонтаева // Наука и техника. – 2012. - №3.- С.36-41.

Исследование износа контактных площадок методом атомно-силовой микроскопии

Зубарь Т.И.¹, Кузнецова Т.А.^{1,2}, Чижик С.А.^{1,2}, Лапицкая В.А.¹
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси¹
Белорусский национальный технический университет²

Неотъемлемой частью электронных устройств микросистемной техники являются пассивные элементы микросхем, в том числе тонкопленочные контактные площадки. Оценка механических свойств тонких покрытий требует применения новых подходов, современных методик и оборудования, позволяющих работать на субмикронном и нанометровом уровне. Последнее десятилетие прогресс в материаловедении неразрывно связан с атомно-силовой микроскопией (АСМ). Изменяя геометрические и физико-механические характеристики зонда можно расширить исследовательские возможности прибора, повысить точность измерений. Зондовые методы исследования в полной мере удовлетворяют современным требованиям к точности измерения микро-механических параметров наноструктурных материалов, в том числе и тонкопленочных контактов.

В данной работе производилась оценка износа тонких пленок алюминия и меди методом атомно-силовой микроскопии алмазным острием на стальной консоли с коэффициентом жесткости $k = 2 \cdot 10^3$ Н/м при нормальной нагрузке, прикладываемой к зонду, $P = 1,89$ мкН. Контактные напряжения Герца между алмазным острием и пленками алюминия и меди составили 58,35 и 44,37 ГПа соответственно. Истирание слоев материала проводилось послойно в 10 проходов. Результат износа оценивался высокочувствительным кремниевым зондом (коэффициент жесткости $k = 8 \cdot 10^{-2}$ Н/м и радиус кривизны острия $R \approx 20$ нм) после 1, 5 и 10 циклов.

Опыт показал, что средняя глубина модифицированного участка, на пленке алюминия, после 5 циклов истирания составила ~ 194 нм, а после 10 циклов в том же режиме ~ 460 нм. На медной пленке уже после 1 цикла износа образовался участок глубиной около 150 нм, а после 5 циклов его глубина достигла величины в 300 нм. На начальных этапах износа материала процесса идет более активно. После некоторого количества проходов пленка упрочняется, и скорость истирания значительно замедляется.

Полученные данные позволяют прогнозировать количество циклов коммутации до разрушения контакта, выполненного в виде тонкой пленки алюминия или меди. При данных условиях износа алюминиевый контакт толщиной 1 мкм полностью разрушится после 30 циклов коммутации, а контакт, представляющий собой медную пленку той же толщины, – после 25 циклов.

СВЧ МДП транзистор с графеновым каналом

Тарендь М.В..

Белорусский национальный технический университет

В электронике долгие годы доминирует кремниевая технология, что обусловлено физическими свойствами кремния, его распространённостью и технологичностью. При этом прогресс обеспечивается в первую очередь уменьшением проектных норм элементов. В современных транзисторах массового производства длина канала может составлять 22 нм. Приближается предел масштабирования, что заставляет искать новые материалы с лучшими электронными свойствами.

В высокочастотной электронике помимо кремния используются арсенид галлия и фосфид индия - материалы, отличающиеся высокой подвижностью, но при этом требующие более сложной технологии. Частота отсечки транзистора на основе GaAs может достигать 660 ГГц при длине канала 20 нм. В 2004 г. был впервые получен графен - монокристаллический слой углерода, который сразу стал рассматриваться как перспективный материал для полевых транзисторов - базовых элементов современной микроэлектроники. В графене наблюдается очень высокая подвижность носителей заряда ($10\,000\text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$), что делает материал перспективным для высокочастотных применений. В 2012 г. частота отсечки графеновых транзисторов достигла 427 ГГц. Ожидается, что дальнейшее совершенствование технологии и уменьшение длины канала даст возможность преодолеть рубеж в 1 ТГц.

Высокая подвижность в графене позволяет надеяться на завоевание ниши в аналоговой электронике, где невозможность блокирования тока не является принципиальным ограничивающим фактором. При этом положительную роль может сыграть еще одна особенность графеновых транзисторов - амбиполярный характер проводимости в канале (способность изменять тип проводимости в зависимости от смещения на затворе). Амбиполярность вместе с неразрывной и квадратичной в окрестности точки электронейтральности передаточной характеристикой расширяет возможности схемотехнического проектирования: изготовлены схемы умножения частоты, двухпозиционной фазовой манипуляции, смещения сигналов на основе одного графенового транзистора.

Высокочастотные графеновые транзисторы могут расширить возможности, к примеру, скоростных интерфейсов передачи данных, радаров, найти применение в медицинской визуализации, спектроскопии и множестве других областей.

**Электронный замок на основе RFID технологии с использованием
платы NT 1045**

Мирошниченко А.А., Плескачевский Ю.М.
Белорусский национальный технический университет

Радиочастотное распознавание осуществляется с помощью закрепленных за объектом специальных меток, несущих идентификационную и другую информацию. Этот метод стал основой построения современных бесконтактных информационных систем (БИС), имеющем устоявшееся название RFID-технологии (что в переводе и означает радиочастотную идентификацию).

Электронный замок на основе платы NT 1045 работает при помощи RFID технологии на основе протокола NFC-A использует команды чтения и записи данного протокола (Чтение - 0xA2, запись - 0x30), все данные передаются в 16-тиричной системе исчисления, блоками по 8 байт за 1 посылку данных. RFID технология позволяет взаимодействовать электронному замку и ключу на расстояниях до нескольких сантиметров (от 1 до 10 см). Электронный замок реализован на основе платы NT 1045 с программным обеспечением написанным на языке программирования C (Си), а также есть специальное программное обеспечение для мобильных устройств на базе Android (язык программирования - Java), которое позволяет эмулировать специальную NFC карту для электронного замка, а также позволяет копировать ключи с других NFC карт или перезаписывать ключи на картах. Скорость считки электронного ключа с карты составляет приблизительно 500 мс, а размер ключа может быть вплоть до всей свободной памяти в ключ-карте, на данный момент минимальное значение свободной памяти в таких ключ-картах составляет приблизительно 126 байт, ключ такого размера довольно безопасен и на взлом такого ключа может уйти очень много времени, в то время, как данный ключ можно обновлять на карте сколько угодно раз. Также такая ключ-карта может нести в себе полезную информацию о человеке. Опытным путём удалось на карте, с доступной памятью в 2 кб, поместить контактные данные о человеке с его изображением.

Также данные карты можно было бы использовать как персональные карты пациентов в поликлинике. Она бы хранила всю важную информацию о пациенте и любой врач мог бы с лёгкостью просмотреть всю историю пациента. RFID-технология позволяет предлагать решения для работы в оптически тяжелых условиях.

Инженерная экология

**Современные методы снижения содержания хлорида калия
в шламах галургического производства**

Басалай И.А., Малиновская Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Проблема хранения отходов промышленного производства калийных удобрений, в частности, глинисто-солевых шламов, в стабильной и безопасной для окружающей среды форме является одной из основных при производстве калийных удобрений. Не менее важна и проблема пространства, занимаемого складироваемыми отходами, как солеотвалов, так и шламохранилищ.

Глинисто-солевые шламовые отходы, образующиеся в процессе обесшламливания сильвинитовой руды, состоят из 30-45 % водорастворимых солей (NaCl и KCl) и нерастворимого глинистого осадка (60-65 %), представленного в основном алюмосиликатами.

По Четвертому рудоуправлению ОАО «Беларуськалий», на котором процесс обогащения осуществляется галургическим способом, в среднем содержание KCl в шламах достигает 22-24 %, а ежегодные потери KCl с ними составляют около 11% или свыше 1 млн.т.

Применяемые в настоящее время способы переработки глинисто-солевых суспензий при галургическом обогащении калийсодержащих руд (в частности, обезвоживание осадка с помощью смеси катионного и неионогенного флокулянтов, обезвоживание суспензии глинисто-солевых шламов последовательной обработкой двумя катионными флокулянтами с последующим отделением твердой фазы от жидкой, обезвоживании суспензии путем центробежного разделения) имеют определенные недостатки и не позволяют достичь желаемой степени извлечения хлорида калия.

В работе рассматривается метод дополнительного выщелачивания, основанный на обезвоживании суспензии глинисто-солевых шламов, жидкая фаза которой насыщена по хлористому натрию и хлористому калию. Извлечение хлорида калия из сгущенного глинистого шлама осуществляется его разбавлением слабым раствором солей в процессе промывки методом репульсации - сгущения, удаление промытого шлама на шламохранилище и возврат промывного раствора в основной цикл обогащения. Способ позволяет повысить извлечение KCl из руды на 3-4%. Метод позволяет переработать суспензию глинисто-солевого шлама, повысить извлечение из него ценного компонента, и, следовательно, возможность снизить потери хлористого калия с глинисто-солевыми шламами. Рассмотренный способ может быть применен в производстве калийных удобрений.

Бельская Г. В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время наблюдается ярко выраженный синтез междисциплинарных знаний, что связано с тем, что предметом исследования стали высокоорганизованные, саморазвивающиеся (человеко-размерные) объекты, которые невозможно изучить в рамках одной научной дисциплины, вне целостности системы научных знаний. Сохранение таких систем (включая самого человека) зависит от тесного взаимодействия ее отдельных компонентов.

Тенденция взаимосвязи отдельных наук выражается в интеграции естественнонаучного (экологического), социально-гуманитарного и технического знания, что существенно влияет на изменение стратегии научного поиска в целом и способствует становлению новых научных направлений. В процессе тесного взаимодействия экологии, медицины и этики сформировалась биоэтика как междисциплинарное научное направление, самостоятельная академическая дисциплина.

Основная особенность биоэтики как междисциплинарного направления заключается в привнесении в систематический анализ действий человека в окружающей среде в свете нравственных ценностей, норм морали, добра и зла, долга перед современными и будущими поколениями людей, ответственности за результаты, полученные в процессе научного изучения человеко-размерных объектов и природной среды. Аксиологические и гуманистические ориентации, присущие социально-гуманитарному знанию, в современной науке приобретают универсальный характер.

Отдельным предметом изучения биоэтики является современная экология (биология) в свете нравственных ценностей, в разработке новых гуманистических подходов в таких тонких сферах, как генная инженерия и клонирование человека. В настоящее время продукты питания, произведенные из генно-модифицированных растительных и животных организмов, - это явление обычное. Биоэтикой определены основные факторы риска, связанные с генно-инженерной деятельностью для здоровья человека, в первую очередь, влияние на его наследственность и наследственность будущих поколений, а также принятия соответствующих мер предосторожности. Особое беспокойство у отдельных представителей науки и общественности вызывают продолжающиеся эксперименты по клонированию человека. Создан определенный международно-правовой режим биобезопасности, который требует дальнейшего развития.

**Система адаптивного земледелия
как основа сохранения биологического разнообразия**

Бельская Г. В., Басалай И. А.

Белорусский национальный технический университет

Производственная деятельность предприятий агропромышленного комплекса теснейшим образом связана с окружающей средой, почвенно-климатическими и другими природными условиями. Решая проблему достижения продовольственной безопасности Республики Беларусь, нельзя игнорировать процессы глобализации мировой экономики и тенденции планетарного масштаба - экономический и финансовый кризис, глобальное потепление климата, дефицит углеводородного сырья, колебание цен на энергоносители и продукты питания. Эти тенденции серьезно осложняют устойчивое функционирование национальной продовольственной системы. Устойчивое развитие продовольственной системы определяется функционированием адаптивного земледелия, что предусматривает:

1. Нарращивание производства с.-х. продукции при максимально возможном снижении затрат на ее производство.

2. Применение ресурсо- и энергосберегающих технологий с целью экологизации земледелия. Насыщение севооборотов совмещенными посевами, что позволит снизить применение азотных удобрений на 30%.

3. Разработка и внедрение систем адаптивного земледелия на основе ландшафтного землепользования для сохранения биологического разнообразия природных экосистем. Создание экологических ниш.

4. Разработка и внедрение систем адаптивного растениеводства, обеспечивающих максимальную адаптивность возделываемых культур к конкретным почвенно-климатическим (в т. ч. изменяющимся) условиям.

5. Разработка экологически безопасных технологий сохранения и повышения плодородия почв путем организации травосеяния, широкого применения промежуточных посевов, микробиологических препаратов и других приемов земледелия.

6. Разработка почвозащитных систем земледелия на эродированных и эрозионно - опасных землях на основе чизельной системы обработки почв.

7. Совершенствование системы использования мелиорированных земель (торфяно-болотных почв) для обеспечения их сохранности.

8. Совершенствование экологически безопасных технологий применения минеральных удобрений и пестицидов.

Возделывание сельскохозяйственных культур целесообразно только при наличии условий, к которым они приспособлены. Следует установить разумные пределы использования приемов интенсификации земледелия.

**Применение физико-химических методов анализа
в диагностике отравлений ядовитыми техническими жидкостями**

¹Боровикова Л.Н., ²Голубев В.П.

¹УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», Минск
²Белорусский национальный технический университет

Острые отравления токсичными компонентами технических жидкостей являются актуальной проблемой клинической токсикологии. Наиболее часто встречается интоксикация одноатомными спиртами (метанол, изопропанол), этиленгликолем, хлорированными (дихлорэтан, тетрачлорметан) и ароматическими углеводородами (бензол, толуол, ксилолы). Диагностика этих заболеваний по клиническим признакам представляет собой трудную задачу, для выбора эффективной тактики лечения необходимо установить химическую природу токсического агента. На базе клинической химико-токсикологической лаборатории УЗ «ГК БСМП» разработаны и применяются в повседневной практике методики определения ядовитых компонентов технических жидкостей в биологическом материале; за 2015 г. выполнено 1955 таких исследований.

Обнаружение летучих ядов проводится методом газовой хромато-масс-спектрометрии на хроматографе Agilent 6890С с капиллярной колонкой HP-INNOWax (30,0 м-0,250 мм-0,5 мкм). Пробоподготовка: 1,0 мл образца (крови, мочи) прогревают 45 сек. при 100 °С, после чего 100 мкл парогазовой фазы вводят в испаритель хроматографа. Параметры анализа: Т инжектора 180 °С; расход гелия 1,0 мл/мин; программа термостата колонок: 40 °С – 5 мин., 150 °С – 4 мин. (со скоростью 25 °С/мин.), 240 °С – 2 мин. (со скоростью 15 °С/мин.). Идентификация соединений – по временам удерживания и библиотекам масс-спектров.

Определение этиленгликоля выполняется методом газожидкостной хроматографии на хроматографе ShimadzuGC2010 с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Supelco WAX 10 (30м -0,32 мм-1 мкм). Пробоподготовка: в пробирке смешивают 0,25 мл образца (плазмы крови, мочи) и 1,0 мл 96,6% этанола, центрифугируют в течение 5 мин. при 2500 об./мин., после чего 2,0 мкл надосадочной жидкости вводят в испаритель хроматографа. Параметры анализа: Т инжектора 250 °С; ПИД 250 °С; расход гелия 30,0 мл/мин, программа термостата колонок: 185 °С, затем со скоростью 15 °С/мин. – 230 °С. Идентификация осуществляется по времени удерживания (4,05 мин.) по сравнению со стандартом (раствор этиленгликоля 1,0 г/л).

**Обнаружение растительных алкалоидов
в образцах биоматериала человека при острых отравлениях**

¹Вергун О.М., ²Боровикова Л.Н.

¹УО «Белорусский государственный медицинский университет»

²УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», Минск

Лабораторная диагностика отравлений растительными алкалоидами представляет собой трудную задачу, поскольку не существует универсальных методов исследования образцов биоматериала на наличие растительных ядов, некоторые вещества вообще не обнаруживаются химическим путем из-за отсутствия специфических реакций. В тоже время, алкалоиды растений, применение которых является довольно частой причиной отравлений в нашем регионе, можно обнаружить с помощью методов химико-токсикологического анализа. Большинство алкалоидов хорошо экстрагируется из биоматериала органическими растворителями, сухой остаток после извлечения можно исследовать методами газовой или жидкостной хроматографии, а при отсутствии специализированного оборудования – с помощью тонкослойной хроматографии или качественных цветных химических реакций.

Подтвердить наличие вератрина (смесь алкалоидов, содержащихся в растениях семейства лилейных – чемерица) можно при нагревании сухого остатка на водяной бане с конц. соляной кислотой, при наличии вератрина наблюдается стойкое вишнево-красное окрашивание. При добавлении к сухому остатку 1 капли конц. серной кислоты образуется желтое окрашивание, переходящее в оранжевое, затем в красное и через 30 мин. в вишнево-красное. В качестве частной реакции на атропин (алкалоид, содержащийся в растениях семейства пасленовых – красавка, белена, дурман), применяется реакция Витали-Морена. Аконитин, токсичный алкалоид растений семейства лютиковых (аконит, борец), можно обнаружить в моче с помощью цветных тестов. Добавление к 5 мл мочи 2-3 капель конц. фосфорной кислоты и прогревание на водяной бане приводит к образованию синего окрашивания, а при добавлении конц. серной кислоты (содержащей несколько кристалликов резорцина) либо азотной кислоты и последующем прогревании смеси наблюдается красно-коричневое окрашивание. Следует отметить, что качественные реакции способны давать ложноположительные результаты из-за присутствия в пробе других алкалоидов, продуктов распада белков и пр. В тоже время отрицательный результат химико-токсикологического исследования не может служить окончательным доказательством отсутствия отравления.

**Основные мероприятия по сбору, хранению,
учёту и транспортировке отработанного масла**

Карпинская Е.В.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Процессу регенерации отработанных масел предшествует несколько предварительных операций, от правильного проведения которых во многом зависит успех регенерации, т. е. получение масел высокого качества и в необходимом ассортименте. К этим операциям относятся: сбор отработанных масел в пунктах потребления, хранение их, транспортировка к месту регенерации.

Практика показала, что при соответствующей организации сбор отработанных масел может быть налажен в любых условиях эксплуатации машин и механизмов. Хорошие результаты дает система, при которой свежее масло отпускают только при условии возврата установленного количества отработанных масел. Смазочные масла, подлежащие регенерации, собирают отдельно по маркам. Масла различных марок, допускаемых к применению в одних и тех же механизмах, можно собирать вместе. Не допускается при сборе загрязнение промышленных масел трансмиссионными маслами и консистентными смазками.

Для сбора отработанных масел при их замене применяется различное оборудование – стандартное и нестандартное.

Отработанные масла сливают в специально приспособленные сборники, баки или резервуары, а также бочки, в которые не допускается слив других отработанных и свежих масел. При этом емкости с отработанными маслами оборудуют металлическими поддонами, которые обеспечивают удержание масла, в случае перелива, не менее 5 % объема.

Не менее важным этапом, предшествующим регенерации, является правильное хранение собранных масел. Емкости для сбора отработанного масла допускается устанавливать в специально приспособленных помещениях либо крытых площадках, которые имеют покрытие их влагонепроницаемых и маслонепроницаемых материалов и оборудованы сточными канавками. В случае если хранение отработанных масел осуществляется в помещении, следует предусмотреть вытяжную вентиляцию.

При транспортировке отработанного масла в места хранения и переработки необходимо соблюдать условие герметичности тары. Бочки с отработанным маслом следует ставить так, чтоб они не испытывали никакого механического воздействия (исключить возможность падения, деформации), плотно друг другу.

Механизм образования вредных выбросов ТЭЦ

Карпинская Е.В.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Продукты сгорания являются одним из основных загрязнителей окружающей среды. Структура и величина вредных выбросов в процессе горения во многом определяются его организацией. Механизм сжигания любого органического топлива представляет собой процесс окисления его горючих компонентов кислородом воздуха. В качестве окислителя при сжигании органического топлива на электростанциях применяется атмосферный воздух. Следовательно, при его использовании помимо кислорода в топку поступают и другие компоненты, например, азот, который при высоких температурах взаимодействует с кислородом воздуха, образуя окислы азота.

При сжигании твердого и жидкого топлива в атмосферу наряду с окислами основных горючих составляющих топлива поступает сера, в результате чего образуются SO_2 , SO_3 – газообразные продукты неполного сгорания. При сжигании органического топлива выделяется значительное количество твердых металлов.

По механизму и условиям образования NO_x делятся на:

- *топливные*
- *термические*
- *фронтальные*

Топливные оксиды азота образуются в сравнительно небольшом количестве из азотсодержащих соединений при сжигании органического топлива. Термические NO_x генерируются в зоне максимальных температур факела в результате термического взаимодействия азота и кислорода и протекания сложных цепных реакций. Фронтальные получают при умеренных температурах в узком фронте пламени при взаимодействии радикалов топлива с молекулами O_2 и N_2 .

В основном оксиды азота образуются в результате взаимодействия азота, содержащегося в поступающем воздухе, который используется для организации процесса горения, с кислородом и другими компонентами в топочной камере котлов.

На выход оксидов азота при горении влияют вид и состав топлива, тип горелок и организация сжигания, максимальная температура продуктов горения и изменение ее по длине факела, интенсивность теплоотвода от факела, коэффициент расхода воздуха и др. Важным фактором является температурный уровень в зоне горения.

Экологические аспекты физико-химической модификации моторных топлив

Кофанова Е. В., Василькевич А. И., Кофанов А. Е.

Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт" (НТУУ "КПИ")

Работа посвящена актуальной проблеме – сокращению выбросов автотранспорта и снижению его воздействия на окружающую среду с помощью метода "физико-химического регулирования".

Неполное сгорание топлива в камере сгорания приводит к неконтролируемому загрязнению всех составляющих окружающей среды и особенно – атмосферного воздуха. Кроме того, оно способствует образованию и накоплению отложений на деталях топливно-распределительной системы двигателя, к закоксовыванию форсунок и т. п. Это, в свою очередь, ухудшает работу автомобиля, сокращая срок его эксплуатации и увеличивая объемы выбросов полютантов с отработавшими газами (ОГ). Обеспечение полноты сгорания топлива и, как следствие, повышение экономичности и экологичности автотранспортных средств возможно не только за счет совершенствования конструкции двигателя и/или автомобиля, применения нейтрализаторов ОГ, использования альтернативных видов топлива, но и за счет изменения режима сгорания топлива или подачи топливно-воздушной смеси. Экологические, экономические и эксплуатационные свойства горючесмазочных материалов (ГСМ) во многом определяются их фракционным составом, а, следовательно, непосредственно зависят от физико-химических характеристик топлива. В связи с этим в настоящее время все активнее применяется метод "физико-химического регулирования" свойств ГСМ, который, кроме всего прочего, позволяет достичь существенной их экономии за счет увеличения полноты сгорания и улучшения работы двигателя.

Исследования проводились на базе ОНИЛ "Реактор" ОКБ "Шторм" НТУУ "КПИ". Композиционный состав присадок подбирался таким образом, чтобы топливо с присадкой соответствовало действующим стандартам и способствовало улучшению экологических показателей автотранспортных средств. В качестве поверхностно-активного компонента присадки выбраны представители полигликолевых эфиров жирных карбоновых кислот, общая формула которых $\text{RCOO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$. Как антиоксидант был выбран "Ионол", 2,6-дигретбутил-4-метилфенол, брутто-формула которого $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$. При выборе всех компонентов присадки особое внимание было уделено их способности к биологическому разложению; также учитывалась их термическая стабильность.

Влияние климатических параметров на сердечно-сосудистую систему

Кузьменко А.Т., Шилейко И.Д.

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Организм человека постоянно подвергается воздействию различных метеорологических факторов, оказывающих существенное влияние на его самочувствие: температуры, влажности, атмосферного давления, осадков, солнечного и космического излучения и др.

Влияние климата на состояние организма определяется не столько абсолютными величинами метеорологических элементов, сколько неперiodичностью колебаний климатических воздействий, являющихся неожиданными для организма. Таким образом, в определенных условиях ведущую роль в изменении функционирования организма могут играть отдельные метеорологические элементы, что можно продемонстрировать на примере давления.

Вся система кровообращения работает по принципу разности гидростатических давлений, находящихся в коррелятивных связях с внешним давлением, поэтому изменения разности давлений между внешней средой и замкнутыми полостями тела сказываются на состоянии человека. Перепады атмосферного давления вызывают ряд функциональных изменений в организме.

Прежде всего, они касаются сердечно-сосудистой системы. Так, в нормальных условиях при повышении барометрического давления снижается артериальное, возрастает частота сердечных сокращений, в то же время при понижении атмосферного давления отмечаются обратные изменения, могут возникнуть признаки кислородного голодания.

Клинические исследования свидетельствуют о том, что у пациентов с артериальной гипертензией при вторжении воздушных масс арктического воздуха в сочетании с пониженным атмосферным давлением, повышенной влажностью и низкой освещенностью наблюдаются метеотропные реакции. Частота гипертонических кризов возрастает в пасмурную погоду с туманами и осадками, при резком понижении температуры и увеличении относительной влажности.

Таким образом, циклонические типы погоды способствуют усугублению болезненного процесса, срыву адаптации и развитию сердечно-сосудистых катастроф у пациентов с артериальной гипертензией.

Действие ксенобиотиков на проницаемость клеточных мембран

Кузьмина О.Н.

Белорусский национальный технический университет

Поступление токсикантов в организм, их распределение между органами и тканями, биотрансформация (метаболизм) и выделение предполагают их проникновение через ряд биологических мембран.

Механизм прохождения веществ через мембраны достаточно сложный, так как на него влияют не только функциональные особенности самих мембран, но и определенные функции протоплазмы и клеточных белков.

Существует специальная группа веществ, характеризующихся специфическим мембранотоксическим действием, — так называемые, мембранотоксины. К их числу относят экзогенные и эндогенные вещества, обладающие фосфолипазной активностью. Повреждение мембранных структур клеток является одной из основных причин нарушения их жизнедеятельности при самых разнообразных болезнях. Многие токсичные вещества, ультрафиолетовое облучение и радиация, гипер- и гипоксия, гормональные нарушения и стрессы, авитаминозы и другие расстройства обмена, действие высоких и низких температур и прочие патогенные факторы действуют в первую очередь на мембранные структуры клеток.

Существует несколько основных механизмов повреждения мембран:

- 1) разрушение собственной фосфолипазой, активируемой ионами Ca^{2+} ;
- 2) перекисное окисление, активируемое ионами Fe^{2+} , ультрафиолетовым облучением и кислородом;
- 3) механическое повреждение, проявляющееся, например, при изменении осмотического давления в клетке,
- 4) разрушающее действие антител.

Таким образом, повреждение мембранных структур приводит к изменению их проницаемости для ионов, что в свою очередь обусловлено изменениями поверхностного заряда на мембране и степени гидрофобности липидной фазы мембран.

При подготовке студентов инженерных специальностей в рамках курса «Основы биохимии и токсикологии» в Белорусском национальном техническом университете разработана практическая работа «Действие ксенобиотиков на проницаемость клеточных мембран.», целью которой является закрепление теоретического лекционного материала, а также изучение механизмов поступления и воздействия различных токсикантов на проницаемость клеточных мембран.

Кузьмина О.Н.

Белорусский национальный технический университет

Токсиканты могут постепенно накапливаться в организме при повторных воздействиях. Это явление называется кумуляцией (или материальной кумуляцией), когда поступления вещества в организм превышает выведение яда из него. При этом происходит также нарастание изменений биологического объекта, вызванное повторным воздействием веществ. Такое явление получило название функциональной кумуляции. В этом случае после воздействия вредного вещества не происходит полного восстановления нарушенных функций биологического объекта, и в результате накопления незначительных изменений возникает патологический процесс.

Кумуляция может иметь место при комплексообразовании вредного вещества и прочном связывании его в определенном месте организма. Так, например, накопление радиоактивного Sr в костях, йода в щитовидной железе, тяжелых металлов в почках, накопление некоторых хлорорганических инсектицидов в жировой ткани и т.п.

Изучение кумулятивного действия особенно необходимо при решении задач охраны окружающей среды, т.к. при этом часто возникают ситуации, когда чрезвычайно незначительные (следовые) количества веществ действуют в течение длительного времени, иногда в течение жизни одного или нескольких поколений, накапливаясь или концентрируясь в трофических (пищевых) цепях.

Еще большая специфика кумулятивности наблюдается в сложных системах. При этом отдельные элементы системы обладают способностью концентрировать вредные вещества. Особенно легко проследить эффект концентрирования по трофическим цепям. Так при анализе трагедии Минамата, связанной с массовым отравлением ртутью, в пищевых продуктах было найдено, что при переходе в трофической цепи вода – планктон – птица – человек концентрация ртути возрастала в 10^5 раз, т.е. в 10 раз на каждое звено цепи.

Кумуляция определяется коэффициентом кумуляции, представляющим собой отношение величины суммарной дозы вещества, вызывающей определенный эффект (чаще смертельный) у 50% подопытных животных при многократном дробном введении, к величине дозы, вызывающей тот же эффект при однократном воздействии. О кумулятивных свойствах веществ можно судить, исходя из результатов острого опыта используя индекс кумуляции.

**Анализ таблиц сопряженности геоэкологических данных
с использованием методов оценки корреляции сопряженных
признаков**

¹Лаптёнок С.А., ²Осипов А.В., ¹Гордеева Л.Н., ³Минченко Е.М.

¹Белорусский национальный технический университет

²Государственное производственное объединение по топливу и
газификации «БЕЛТОПГАЗ»

³Государственное учреждение образования «Институт бизнеса
и менеджмента технологий» БГУ

Для количественной оценки значимости влияния геофизических факторов, действующих в зонах линеаментов земной коры, и фактора загрязнения территории радионуклидами на уровень заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области злокачественными новообразованиями в данном исследовании использовались методы обработки категоризованных данных, основанные на различных алгоритмах расчета корреляции сопряженных признаков. Данные алгоритмы применяются при анализе насыщенных моделей данных качественного характера, представляющих собой, так называемые, таблицы сопряженности.

В качестве первичной оценки значимости влияния геофизических факторов, действующих в зонах линеаментов земной коры, и фактора загрязнения территории радионуклидами на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями был осуществлен расчет приращения информации и по каждой ячейке таблицы и логарифмов преобладания ко всем возможным комбинациям действующих факторов по их градациям. Представлены количественные оценки значимости влияния для каждого из факторов первого и второго порядка.

Результаты анализа характеризуются значительной мозаичностью и не позволяют выявить каких-либо значительных закономерностей влияния геоэкологических факторов на формирование уровня заболеваемости. Тем не менее, они свидетельствуют об определенном вкладе фактора радионуклидного загрязнения территории в повышение уровня заболеваемости а также о том, что фактор присутствия ¹³⁷Cs на территориях, расположенных над Украинско-Балтийским линеаментом, обуславливает определенное снижение уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями.

Оценка статистической подконтрольности эпидемических процессов в различных геоэкологических условиях

¹Лаптёнок С.А., ¹Хорева С.А., ¹Гордеева Л.Н., ²Порада Н.Е., ²Сыса А.Г.,

²Лазар И.В., ²Дубина М.А., ³Минченко Е.М.

¹Белорусский национальный технический университет,

²Международный государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова БГУ,

³Государственное учреждение образования «Институт бизнеса и менеджмента технологий» БГУ

Для количественной оценки значимости влияния геофизических факторов, действующих в зонах линейных элементов земной коры, и фактора загрязнения территории радионуклидами на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями в данном исследовании использовались методы дифференциального оценивания динамики интенсивных показателей заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области, в частности, метод оценки статистической подконтрольности

Дифференциальная оценка динамики процесса в данном случае представляет собой количественный анализ статистической подконтрольности процесса. В данном исследовании производилась оценка статистической подконтрольности динамики интенсивных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области на изучаемой территории в различные периоды наблюдения.

Значительное снижение статистической подконтрольности в период с 1986 г. по 2003 г. по сравнению с периодом с 1953 г. по 1985 г. по признаку уменьшения общего количества серий относительно их математического ожидания имело место как для всех населенных пунктов ($F(u)$ равно 0.25 и 0.47 соответственно), так и для ряда их категорий: 101 (0.82 и 0.99); 102 (0.38 и 0.96); 111 (0.62 и 0.995); 300 (0.38 и 0.99). Данный факт также подтверждает наличие определенного воздействия геоэкологических факторов, сформировавшихся в результате аварии на ЧАЭС, на уровень заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов Минской области злокачественными новообразованиями.

Для повышения уровня достоверности результатов в дальнейшем предполагается расширение исследуемых территорий.

Малькевич Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Стандартизация играет очень важную роль во внутренней и внешней экономической политике развитых стран.

В стандартах устанавливаются требования к техническим, экономическим и другим показателям продукции, оборудования, технологий и услуг, чем обеспечивается возможность их дальнейшего контроля и проверки, а также определения качества путем сертификации. Сертификация в свою очередь существенно влияет на конкурентоспособность продукции, экспортные и импортные возможности стран.

Главная цель комплекса стандартов – в становлении требований по энергосбережению и показателям эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), которые отвечают современным требованиям. Стандарты должны устанавливать: 1) термины и определения основных понятий в сфере энергосбережения; 2) организационно- методические основы энергосбережения; 3) номенклатуру показателей эффективности использования ТЭР и порядка их внесения в документацию; 4) методы расчета энергобалансов промышленных процессов, технологий и предприятий; 5) методы расчета и анализа потерь топлива и энергии; 6) нормативы потерь топлива и энергии и методы их определения; 7) требования к показателям качества ТЭР и методы их определения; 8) методы определения экономической эффективности мероприятий по энергосбережению; 9) методы испытаний и сертификации объектов по требованиям энергосбережения; 10) требования к метрологическому обеспечению энергосбережения; 11) требования к энергосберегающим технологиям и оборудованию; 12) требования к утилизации и использованию вторичных энергетических ресурсов; 13) требования к нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии.

Терминология в сфере энергосбережения установлена в стандартах многих промышленно развитых странах мира.

Международные стандарты разрабатываются и публикуются тремя всемирно известными организациями по стандартизации: Международной электротехнической комиссии (IEC), Международной организацией по стандартизации (ISO) и Международным союзом телекоммуникации (ITU). Эти технические стандарты добровольно планируются, разрабатываются, принимаются и внедряются пользователями.

Угольные ресурсы

Малькевич Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Уголь – основное топливо в тепловой энергетике. Его сжигают в топках котлов энергоблоков на ТЭС и ТЭЦ, в котельных, в жилищно-коммунальном хозяйстве. Угли содержат химические элементы: углерод (С), водород (Н), азот (N), кислород (O), серу (S), а иногда и фосфор (P). Горючими компонентами являются углерод (С) и водород (Н), отчасти сера (S). В углях содержание углерода изменяется от 55 до 97%, а водорода – от 2 до 6%. В бурых углях содержание углерода 55 – 78 %, а в каменных – 75 – 92%. Антрациты содержат 92 – 97% углерода. По техническому анализу в углях различают горючую массу и балласт топлива. Горючая масса состоит из летучих веществ (V), образующихся в результате разложения органической, частично неорганической массы угля и беззольного кокса (K). Балластом служит влага (W) и зола (A). Сумма V+K+W+A должна составлять 100 %. Сера при сгорании частично попадает в летучие вещества, частично в золу, поэтому она в баланс не входит. Минеральные примеси, превращающиеся в золу, понижают теплотворную способность углей и отрицательно влияют на коксуюемость и на качество кокса. При повышении золы до 30 – 50% и более угли переходят в углистые породы, называемые углистыми сланцами.

Следует особо подчеркнуть значение стабильного содержания породы, влажности и зольности угля. Повышение качества угля может быть обеспечено путем его обогащения на обогатительных фабриках, построенных возле мест добычи. После обогащения содержание золы не превышает 38 – 40%.

В современных шахтах высокий уровень механизации процессов добычи угля. Угольные комбайны перерезают уголь в лаве, конвейеры доставляют его к стволу шахты, загружают в сниповые подъемники и поднимают на дневную поверхность, где перегружают на конвейер и транспортируют в погрузочные бункера или открытый склад. С бункеров или склада уголь отгружают потребителям. Самый дешевый способ добычи угля – открытый. В карьере ковшовыми или роторными экскаваторами нарезается уголь в забоях, конвейерами доставляется до мест погрузки в железнодорожные вагоны, а далее – потребителям. На мощных пластах угольный комбайн за сутки может добыть в среднем 1700 т, максимально 4500 т, струги могут нарезать в среднем 1100 т, максимально 3500 т.

Составление материального баланса при сжигании местных видов топлива

Мартынюк С.С., Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время использованию местных видов топлива в Республике Беларусь уделяется большое внимание, а также увеличивается их доля в суммарном производстве энергии.

В Республики Беларусь ежегодно сжигается примерно 26 млн. тонн условного топлива. В структуре топливного баланса природный газ составляет около 80%, остальное – сернистый мазут, попутный газ и др.

В соответствии с целевой программой повышения доли местных видов топлива в топливно-энергетическом балансе страны одной из главных целей в области повышения энергетической безопасности Республики Беларусь является увеличение доли использования местных энергоресурсов и альтернативных источников энергии в производстве тепловой и электрической энергии.

При оценке замещения вида топлива учитывают не только экономические показатели, но и тепловые и экологические, так как любое органическое топливо имеет свои как экономические, так и экологические особенности.

За счет ресурсов, имеющихся на территории республики (нефть, попутный газ, торф, дрова, гидроэнергия), обеспеченность энергией составляет примерно 26%.

Для выполнения расчётов процессов горения топлива в топливосжигающих устройствах промышленного типа достаточно знать начальные и конечные состояния системы «топливо-окислитель», не рассматривая при этом механизма горения, промежуточных стадий и кинетики процесса. Исходя из этого, в основу инженерных расчётов горения положены стехиометрические реакции, характеризующие суммарно количественные соотношения исходных и конечных продуктов сгорания топлива. Зольность топлива измеряется в процентах и показывает долю минеральных примесей в единице веса топлива соответствующего вида. Также рассчитывается количество образующихся при сжигании топлива шлаков и выбрасываемых в атмосферу аэрозолей.

В соответствии с законом сохранения массы суммарный вес всех продуктов сгорания топлива – загрязняющих веществ равен весу сжигаемого топлива + вес расходуемого при сжигании воздуха.

Исходя из этого, составляется уравнение материального баланса при использовании местных видов топлива.

**Организация обучения в области радиационной безопасности
в высшей школе**

Морзак Г.И., Ролевич И.В., Зеленухо Е.В.
Белорусский национальный технический университет

Создание на уровне высшей школы системы непрерывного образования в области радиационной безопасности и необходимой базы для методолого-методического обеспечения системы непрерывного образования для решения задач Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь (НСУР – 2020) является важной и актуальной проблемой. Связано это с необходимостью развития непрерывного образования в области радиационной безопасности, развитием ядерной энергетики в Беларуси, широким применением радиоактивных веществ в промышленности, сельском хозяйстве и медицине. использованием свыше 2600 рентгеновских аппаратов различного назначения, использованием радионуклидов при диагностике. Знание радиационной безопасности и для населения, проживающего на территориях, загрязненных после радиационной аварии.

Образование в области радиационной безопасности должно быть непрерывным процессом. Оно должно включать обучение, воспитание и развитие личности, направленное на формирование системы научных и практических знаний, ценностных ориентаций, поведения и деятельности, обеспечивающим ответственное отношение к окружающей социально-природной среде. Полагаем, что образование должно быть единым и целостным процессом, состоящим из двух основных этапов – первого, предшествующего трудовой деятельности (начальное, среднее и высшее образование), и второго, продолженного образования, построенного на сочетании периодов учебы в специально созданных учреждениях и практической деятельности в сфере производства. В учреждениях высшего образования курс радиационной безопасности должен стать обязательным.

Особенно важны преемственность в обучении учащихся и проявление у них всего положительного, что заложено на предыдущих ступенях воспитания и обучения. Важно обеспечить системность знаний и развитие содержания, форм и методов обучения, опережающее воспитание и обучение учащихся, что предполагает их развитие в будущем, использование методов и форм обучения, способствующих совершенствованию личности. Этому должны способствовать дистанционное обучение, электронные учебники, новые информационные среды, учебные телеконференции и другие ресурсы.

**Экономическая эффективность использования биомассы соломы
в качестве источника энергии**

¹Родькин О.И., ²Буцько А.А.

¹Белорусский национальный технический университет

²МГЭИ им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета

Использование сельскохозяйственных угодий для производства биомассы на энергетические цели имеет неуклонную тенденцию к росту как в Республике Беларусь, так и во всем мире. Национальной программой развития местных и возобновляемых энергоисточников предусмотрено увеличение использования соломы в качестве биотоплива от 72,3 тысяч ТУТ в 2010 году до 219,5 в 2015 году.

Эффективное использование соломы на энергетические цели должно быть основано на комплексном научном обосновании, с учетом факторов воздействия на окружающую среду и экономической эффективности. Расчет себестоимости соломы производился на основе технологической карты, которая предусматривает использование рулонного пресса для заготовки соломы, погрузчика-транспортировщика рулонов, специального оборудования для складирования и внутренней транспортировки рулонов (ленточные транспортеры) и другого технологического оборудования.

Согласно расчетам, при использовании такой технологии, себестоимость получения соломы в поле и ее транспортировки на место складирования составляет 27 долларов с гектара или 9 долларов за тонну биомассы при средней для Республики Беларусь урожайности зерновых (4 тонны с гектара), влажности биомассы 14 процентов и плеча перевозки до 5 километров. Для расчета себестоимости единицы энергии, которую можно получить при использовании соломы зерновых культур в качестве биотоплива, проводились измерения удельной теплоты сгорания с использованием калориметрической бомбы. Высшая теплота сгорания соломы, установленная в наших экспериментах, варьировала от 15500 до 16500 кДж/кг биомассы в зависимости от культуры и сроков уборки.

Биомассу соломы с вышеназванными характеристиками, целесообразно использовать для непосредственного сжигания в биокотлах и получения тепловой энергии. Себестоимость единицы энергии полученной из биомассы, соломы зерновых культур с учетом удельной теплоты сгорания, составит 0,56 доллара за гДж. Из одной тонны соломы можно получить количество энергии эквивалентное 0,4 т.у.т.

Эффективность биологического этапа рекультивации выработанных торфяников на основе энергетических плантаций ивы

Родькин О.И., Шкутник О.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время торфопредприятия Беларуси разрабатывают 46 торфяных месторождений, площадь которых составляет 37,4 тыс. га, а общая площадь выработанных торфяных месторождений в стране составляет около 209,5 тыс. га. Площади, освобождающиеся после выработки торфяной залежи, характеризуются разнообразием экологических условий, низким плодородием и не имеют аналогов среди естественных земельных угодий. Эффективная рекультивация таких земель является серьезной задачей, как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Сложность выращивания сельскохозяйственных культур, на выработанных торфяниках, обусловлена разнообразием почв по степени разложения, мощности и зольности торфяного слоя в пределах небольших по площади территорий. Этот фактор приводит к различию водно-воздушного и температурного режимов почв, доступности элементов минерального питания растений и как следствие влияет на продуктивность растений. Альтернативой традиционному растениеводству может стать внедрение плантаций быстрорастущих древесных культур, долгое время занимающих определенную территорию, способных улучшать микроклимат, и неприхотливых к почвенным условиям. Биомасса, полученная с таких плантаций, может быть использована в целях возобновляемой энергетики.

В полевых условиях, эксперименты по изучению эффективности выращивания энергетических плантаций ивы проводились на выработанных торфяниках в Лидском районе Гродненской области, на участках которые отличались по степени разложения, зольности и мощности торфяного слоя. Наиболее высокая урожайность растений ивы наблюдалась на участках выработанных торфяников с хорошо разложившимся торфяным слоем. Выход древесины составил до 9,9 тонны с гектара в пересчете на год и 10 % влажность, что на 2-3 тонны ниже по сравнению с более плодородными минеральными почвами. На менее пригодных участках, с низкой степенью разложения торфяного слоя, урожайность древесины ивы не превышала 5-6 тонн с гектара.

Принципы и функции учебных заведений, обеспечивающих преемственность образовательных услуг в высшей школе в области радиационной безопасности

Ролевич И.В., Морзак Г.И., Зеленухо Е.В.
Белорусский национальный технический университет

Использование ядерных технологий требует от специалистов сложных и разносторонних знаний в различных областях фундаментальных и технических наук, юриспруденции, экономики и управления. Для того чтобы обеспечить это в современных условиях вузы должны дать студентам многопрофильное образование и обеспечить преемственность образовательных услуг в высшей школе в области радиационной безопасности для специалистов, которые будут востребованы в национальной экономике и других сферах жизни.

Предлагаемая концепция многоуровневого образования в области радиационной безопасности предусматривает, что образование должно быть непрерывным и опережающим по отношению к номенклатуре опасностей, т.к. человек сталкивается с опасностью на протяжении всей жизни, а круг опасностей в зависимости от возраста и вида деятельности постоянно расширяется и изменяется.

Основной методологической задачей высшего профессионального образования в области радиационной безопасности следует считать приобретение знаний для обеспечения коллективной безопасности при выполнении профессиональной деятельности. Главными дидактическими принципами при этом являются: проблемность, теоретическая обоснованность, установление причинно-следственных и логических связей между изучаемыми вопросами, практическая направленность обучения, ориентированная на формирование культуры профессиональной безопасности и приобретения устойчивых приоритетных ориентиров на создание комфортной для человека среды обитания.

Образовательная программа в области радиационной безопасности – совокупность документации, регламентирующей образовательный процесс, и условий, необходимых для получения в соответствии с ожидаемыми результатами основного образования или определенного вида дополнительного образования.

Важно добиться преемственности между образовательными программами и производственными методическим указаниям первого и второго уровня.

Источники, количество и качество сточных вод бетонного производства

Сидорская Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из основных экологических аспектов на заводах по производству товарных бетонов, помимо запыленности воздуха, являются загрязненные сточные воды, образующиеся после промывки бетоносмесительного, формовочного оборудования, а также средств транспортировки бетонных смесей.

В процессе производства бетонных растворов производится большое количество бетонной промывочной воды. На изготовление 1 м³ бетонного раствора расходуется 0,5–1 м³ воды. В процессе промывки заполнителей бетона вода используется из расчета 0,5–1 м³ на 1 м³ щебня или гравия и 1,25–1,5 м³ на 1 м³ песка. На промывку оборудования расходуется 0,1–0,15 м³ воды на 1 м³ произведенного бетонного раствора. Сточные воды бетонного производства содержат в основном взвешенные вещества, также в их состав могут входить растворенные твердые частицы, сульфаты и гидроксиды из цемента.

Состав сточных вод после мойки бетоносмесительного оборудования

Характеристика	Значение
Весовое содержание твердой фазы в суспензии	128±3 г/л
Солесодержание надосадочной жидкости	3,6±0,2г/л
Водородный показатель рН	12,56±0,2 ед. рН
Скорость осаждения частиц твердой фазы	0,69±0,02мм/с
Скорость образования пленки карбонатов на поверхности зеркала надосадочной жидкости	1,8-2 мг/см ³ в сутки

Сточные воды производства бетонных растворов делятся на загрязненные, образующиеся при промывке оборудования и бетонопроводов, и незагрязненные.

Загрязненные сточные воды сбрасываются неравномерно (коэффициент часовой неравномерности 1,5–3). Концентрация механических примесей (песок, цемент и др.) колеблется в пределах 3–15 г/л. В связи с большой неравномерностью сбрасываемой воды и концентрацией в ней загрязнений требуется устройство усреднителя.

Незагрязненные стоки сбрасываются равномерно и, как правило, должны направляться в систему оборотного водоснабжения. В случае возврата в производство очищенных сточных вод концентрация взвешенных веществ в них не должна превышать 50 мг/л.

**Анализ методов очистки сточных вод предприятий
по производству железобетонных изделий**

Сидорская Н.В.

Белорусский национальный технический университет

На предприятиях, связанных с бетонным производством, применяются различные методы очистки сточных вод: отстойники, встроенные в растворо-бетонные узлы, фильтрационные установки, а также рециклинговые установки.

Применение отстойников, встроенных в технологические растворо-бетонные узлы широко используется в странах СНГ на больших предприятиях по производству бетонных растворов.

В европейских странах эффективным способом очистки сточных вод бетонного производства являются компактные фильтрационные установки. В зависимости от требований производства используются фильтрационные установки с ручным обслуживанием и ручным насосом или автоматическим фильтр-прессом, со всеми необходимыми агрегатами, смонтированными на основной раме либо встроенными в контейнер;

С целью обработки промывочной воды с достаточно высокой концентрацией активного бетона может использоваться контейнерная установка, позволяющая производить автоматическую обработку и осушение бетонного шлама. Благодаря шланговому перистальтическому насосу достигается наилучший результат по обезвоживанию шлама. Осушенный бетонный шлам может вторично использоваться в приготовлении бетонных смесей.

Решением проблемы утилизации отходов и сточных вод при промывке бетоносмесителей и автобетоносмесителей в бетонной промышленности является использование систем их переработки - рециклинга. Некоторые российские предприятия уже начали переходить на современный метод утилизации отходов и сточных вод, используя собственные рециклинговые установки или пользуясь услугами специализированных рециклинговых станций, а в западных странах уже давно и с успехом используется данный метод. Рециклинговые установки предназначены для переработки/утилизации бетона, очистки от остатков бетонной смеси автобетоносмесителей и другого оборудования бетонного производства, при этом остатки бетонной смеси полностью утилизируются, и не происходит загрязнения ими окружающей среды.

Для выбора оптимального метода очистки сточных вод необходимо учитывать особенности технологического процесса и марки производимого бетона.

**Использование дискретно-интерполяционного метода
для моделирования антропогенноизмененных экосистем**

Холковский Ю. Р.¹, Кофанов А. Е.²

¹ Национальный авиационный университет, ² Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

Для выделения антропогенной составляющей биосферных процессов, как правило, используется экологический мониторинг, который представляет собой информационную систему наблюдений, оценки и прогнозирования изменений в состоянии компонентов окружающей природной среды. В условиях наступившего кризиса работа по организации экологического мониторинга, обработки его результатов и прогнозирования состояния нарушенных природных экосистем приобретает особую важность.

Учитывая, что и контроль состояния экосистемы, и прогнозирование ее изменений являются сложными многопараметрическими и стохастическими задачами, авторами предложено использовать метод дискретного геометрического моделирования для прогнозирования экологической безопасности определенной территории. А именно – предлагается использовать геометрические модели в виде дискретных численных массивов, элементами которых являются определенные компоненты экосистем.

Получить такие модели возможно на основе дискретно-интерполяционного метода моделирования многопараметрических систем и сред, который основан на использовании дискретно-интерполяционных схем с применением интерполяционных полиномов Лагранжа.

В частности, моделью системы или среды, которая задается в большинстве случаев дискретно, может быть (с математической точки зрения) некоторая гиперповерхность. Оригинальность предлагаемого подхода состоит в том, что под термином "узлы интерполяции" понимаются не точки в традиционном понимании, а более сложные математические объекты – линии, поверхности и, возможно, даже процессы или системы, которые представлены в виде некоторых функционалов как совокупности их свойств и параметров.

Схема расположения именно таких узлов интерполяции и представляет собой схему интерполяции. Оптимальность выбора интерполяционных полиномов Лагранжа объясняется необязательной равномерностью в расположении узлов интерполяции, а также возможностью представления по каждому параметру различного количества этих узлов.

**Основные направления использования отходов
литейного производства с соблюдением экологической безопасности**

Хорева С.А., Каховка С.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время литейное производство сопряжено с образованием большого количества отходов и сталкивается с проблемой их удаления. Большинство видов отходов можно рассматривать как вторичные материальные и энергетические ресурсы, для использования и переработки которых имеются соответствующие технологии, но они так же выступают как загрязнители атмосферного воздуха, водных ресурсов, почв, растительности в силу их токсичных и других опасных свойств.

Твердые отходы литейных производств, которые содержат в основном землю (песок) формовочную горелую, в значительной части относятся к числу крупнотоннажных, поэтому проблема их переработки существенно актуализируется в связи со все более ограниченными возможностями их складирования.

Решение задачи использования отходов литейного производства может рассматриваться в трех аспектах: утилизация отхода; регенерация отхода; использование отхода без дополнительной обработки.

Известны различные способы утилизации земли (песка) формовочной горелой в качестве добавок при приготовлении строительных и дорожно-строительных материалов. На основе этого отхода производства получают силикатный кирпич, строительные растворы, стеновые камни. Земля (песок) формовочная горелая является инертным отходом, что обуславливает ее использование без дополнительной обработки в условиях окружающей среды для рекультивации выработанных карьеров, подсыпки дорожных покрытий, оснований дорожных одежд, в технологических процессах полигонов ТБО для пересыпки слоев, в качестве изолирующего материала в средней и верхней части полигона.

Таким образом, анализ возможных направлений использования отходов показал наличие широкого спектра технологий по его переработке, утилизации, регенерации и последующего использования.

Комплексный подход к решению организационных, правовых и финансово-экономических проблем водопользования и охраны вод

Хорева С.А., Новицкая А.И.

Белорусский национальный технический университет

Для сокращения водопотребления и водоотведения на предприятии тяжелого машиностроения необходим комплексный подход, включающий организационные и технические рекомендации, решение которых возможно при реальных инвестициях в проблему охраны вод.

К организационным мероприятиям относятся: выделение материальных и кадровых ресурсов; проведение обучения и повышения квалификации обслуживающего персонала; разработка инструкций по технике безопасности и охране окружающей среды; проведение контроля за работой оборудования; проведение мониторинга и измерений.

К техническим мероприятиям относятся: развитие систем многократного использования воды; внедрение многоступенчатой, противоточной и струйной промывки изделий, установка ванн улавливания и ванн химического обезвреживания; сокращение выноса раствора с деталями, частичное внедрение безводных технологий; использование комбинированных методов очистки газа в аппаратах, характеризующихся высокой эффективностью улавливания и сравнительно малыми расходами воды; использование механических методов очистки литья (вибрационного и дробеструйного) вместо гидравлического, которые требуют примерно в 10 раз меньше воды, чем гидравлический; применение для очистки сточных вод от нефтепродуктов флотации с последующей фильтрацией и коагуляцией.

Для работающих в системах водоснабжения и водоотведения должен предусматриваться оптимальный микроклимат, необходимо соблюдать технику безопасности в соответствии с установленными ГОСТ, нормами и правилами.

**Комплексная экологобезопасная технология очистки почвы
от нефтепродуктов**

Хрипович А.А.¹, Сосновская Н.Е.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Институт природопользования НАН Беларуси

В зарубежной и отечественной практике имеется широкий спектр методов рекультивации нефтезагрязненных земель.

Интенсификации процесса самоочищения почвы можно добиться с помощью биотехнологических приемов, основанных на внесении микроорганизмов, потребляющих в качестве источника питания углеводороды нефти. Имобилизация на торфяных носителях микроорганизмов-деструкторов нефти, интродуцируемых в почву с целью интенсификации процесса очищения, защищает их от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. Практика использования ряда микробных препаратов для удаления нефтяных загрязнений во многих странах подтвердила перспективность применения для этих целей активных штаммов микроорганизмов-деструкторов нефти. Выбор торфа в качестве носителя для имобилизации микроорганизмов-деструкторов нефти определен не только его высокой нефтепоглощающей способностью, но и свойством сорбировать на своей поверхности клетки микроорганизмов-деструкторов, обеспечивая тем самым тесный контакт их с субстратом. Более того, торф, будучи природным органомным материалом, служит источником гумуса и элементов дополнительного питания для имобилизованных на нем микроорганизмов-деструкторов, способствуя тем самым созданию условий, необходимых для восстановления почв, нарушенных в результате загрязнения.

С целью интенсификации процессов разрушения нефти были внесены необходимые дозы комплексных минеральных удобрений и раскислителей. Во время отбора проб проводилось рыхление почвы для улучшения газообмена и условий жизнедеятельности аэробных как аборигенных, так и интродуцированных микроорганизмов-деструкторов нефти. На заключительном этапе рекультивации был проведен посев в загрязненную почву трав с разветвленной корневой системой (райграс, мятлик), способствующих ускорению разложения углеводородов нефти.

За период наблюдений степень деградации нефти при использовании композиционного торфяного материала с микроорганизмами-деструкторами нефти составила 67,6 %, что на 31,4 % выше, чем в фоновой нефтезагрязненной почве.

**Современные методы и инструменты оценки энергоэффективности
в системе экологического менеджмента**

Хрипович А.А.

Белорусский национальный технический университет

Эффективное использование энергии и устранение непосредственной связи между энергопотреблением и экономическим ростом являются важнейшими приоритетами политики в области устойчивого развития. Данные информационного обмена и другие источники показывают, что, хотя повышение энергоэффективности на уровне отдельных компонентов и применение отдельных методов способно обеспечить некоторое энергосбережение, существенное повышение энергоэффективности требует комплексной оптимизации предприятия в целом и систем, входящих в его состав.

В системе менеджмента энергоэффективности наряду с проектированием, подбором оптимальных технологий получения энергии, повышением степени интеграции процессов при обеспечении повышения квалификации и инициатив персонала кроме традиционных форм рекомендуется использовать потоковые диаграмм Сэнки. Как правило, этот вид диаграмм применяется для отображения данных о потоках вещества и энергии (но может применяться к финансовым потокам) и особенно полезен в условиях, когда нужно быстро и эффективно довести информацию до смешанной аудитории, объединяющей представителей различных специальностей.

Наряду с применением традиционных методов сравнительного анализа, различных моделей, балансов и баз данных при расчетах показателей энергоэффективности в рамках энергоаудита и энергетической диагностики используются такие методы анализ как пинч-анализ, энергетический и эксергетический анализ

Пинч-анализ – методология минимизации энергопотребления процесса посредством расчета термодинамически обоснованных объемов энергопотребления и приближения к ним с помощью оптимизации теплопередачи между процессами, методов энергоснабжения и характеристик технологических процессов.

Энергетический (энтальпийный) и эксергетический анализ представляют собой методики, основанные на определении энергии или эксергии потоков в исследуемой тепловой системе, а также построении энергетического или эксергетического баланса объектов, соединяемых этими потоками.

Организация и ведение мониторинга промвыбросов

Цуприк Л.Н

Белорусский национальный технический университет

Целью мониторинга промвыбросов является:

- контроль установленных нормативов допустимых выбросов;
- анализ достаточности разрабатываемых или выполняемых мероприятий с учетом требуемого сокращения выброса загрязняющих веществ в атмосферу.

Система контроля за соблюдением нормативов (выбор места расположения контрольных измерений, определение перечня контролируемых ингредиентов загрязняющих веществ и методов их количественного измерения) организуется на каждом предприятии одновременно с установлением этих величин территориальными органами Минприроды. Для проектируемых предприятий эти работы осуществляет организация-проектировщик.

В основу системы контроля и мониторинга установленных нормативов выбросов должен быть положен один из двух методов:

1. Контроль величин фактических выбросов загрязняющих веществ из источников и сопоставление их с установленными нормативами допустимых выбросов;

2. Контроль фактического загрязнения атмосферы выбросами данного предприятия и сопоставление его с эталонными картами загрязнения прилегающей территории.

При возможности осуществления непосредственных измерений фактических выбросов загрязняющих веществ от основных источников – предпочтение следует отдавать первому методу контроля. Метод контроля по фактическому загрязнению атмосферы может применяться лишь при неорганизованных выбросах (не имеющих системы воздухопроводов), являющихся основными для данного предприятия, или при невозможности непосредственных измерений фактических выбросов.

Все измерения по количественному определению контролируемых параметров должны осуществляться при полной технологической нагрузке источников загрязнения. Особое внимание при контроле должно уделяться определению величин выбросов доминирующих веществ из основных источников.

Основные виды мониторинга окружающей среды

Цуприк Л.Н

Белорусский национальный технический университет

В глобальной системе мониторинга под экологическим мониторингом (ЭМ) понимается мониторинг возобновляемых ресурсов биосферы, а также мониторинг состояния атмосферы, почвы, растительного покрова, водных ресурсов, биосферы.

Необходимым условием функционирования ЭМ является требование, чтобы в качестве конечного результата явилась оценка экологического равновесия и прогноз состояния экосистем.

ЭМ можно условно разделить на следующие подсистемы:

1. Биоэкологический мониторинг (М) - система наблюдений за окружающей средой и оценка ее влияния на состояние здоровья человека. Общие показатели является заболеваемость и смертность.

Первоочередной состав показателей биоэкологического (М): радионуклиды, газообразные загрязнители: оксиды и диоксиды серы, углерода и азота и др.; минеральные загрязнители: соединения ртути, свинца, мышьяка, фосфора, кадмия, фтора, нитраты, нитриты и др; органические и полимерные загрязнители: ДДТ, различные пестициды, углеводороды нефти, микробные загрязнители; физические факторы: электромагнитные и шумовые загрязнения.

2. Геосистемный (М) заключается в наблюдениях над изменениями природных экосистем. Основные показатели: биологическая продуктивность и естественная способность природной среды к самоочистке.

3. Биосферный (М) обеспечивает наблюдения, контроль и прогноз возможных изменений биосферы в глобальном масштабе, т.е. в отношении биосферы как среды обитания для всего человечества и ее изменений, вызванных деятельностью общества. Основной задачей биосферного (М) являются наблюдения за главными параметрами биосферы: характеристики солнечной активности, содержание в атмосфере озона, парниковых газов, мировой водный баланс и глобальный круговорот влаги, радиоактивность и трансграничный перенос загрязняющих веществ. В систему биосферного М входят биосферные станции-заповедники.

Основной задачей ЭМ является обнаружение в экосистемах изменений антропогенного характера на фоне естественных флуктуаций.

**Виды и источники поступления
стойких органических соединений в почву**

Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Персистентные органические вещества (Persistent Organic pollutants, POPs), стойкие органические загрязнители (СОЗ) – органические токсические загрязняющие вещества и смеси, существующие длительное время в биосфере оказывают сильное негативное воздействие на живые организмы.

Большинство СОЗ появилось в XX столетии. Их массовое производство началось с 30-х годов прошлого столетия, и с тех пор оно только возрастает. В настоящее время описано более 18 млн искусственных синтетических органических веществ. Из них от 50 – 100 тысяч реально используются на промышленных целях.

СОЗ – это многочисленные соединения, различные краски, дезинфицирующие средства, добавки в пластмассы, металлосодержащие соединения и пестициды. Около половины токсичных загрязнителей содержат хлор, придающий им дополнительную стойкость, способность к биоаккумуляции.

СОЗ способны мигрировать во всех составляющих биосферы – и в воде, и в почве, и в воздухе. Выброс в атмосферу может привести к попаданию веществ с осадками в водоемы и в почву.

Путь перемещения СОЗ в природе следующий: источник- воздушная среда – вода – почва – растения – молочный скот- молочные продукты – человек – грудное молоко кормящей матери – новорожденный ребенок, который оказывается основным потребителем супертоксиканов, поскольку на каждом этапе пищевой цепочки происходит многократное увеличение концентрации токсиканов.

Снизить риск, связанный с воздействием СОЗ на окружающую среду и человека, можно путем запрещения производства и использования опасных химикатов. Однако некоторые СОЗ продолжают играть важную роль в экономике многих стран. Поэтому до полного отказа от СОЗ необходимо найти альтернативные нетоксичные вещества.

**Мероприятие по снижению загрязнения почв
хлорорганическими соединениями**

Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет

В зависимости от применяемых процессов технологии по снижению загрязнения почвы хлорорганическими соединениями бывают: биологические, физические, химические, термические и комбинированные.

Биологические технологии основаны на метаболической активности микроорганизмов. Биоразложение завершается полной минерализацией. Преимущества данных технологий: биоразложению подвергаются очень многие органические соединения, биологические процессы применимы во всех средах, невысокая стоимость технологии.

Физические технологии – их особенности: использование физических свойств загрязнителей или загрязнённой среды; запуск физического механизма фазового переноса загрязнения. Преимущества физических технологий аналогичны с биологическими. Недостатки: часто не полностью устраняют загрязнения и остатки загрязнителя требуют дополнительной обработки.

Химические технологии. Химическая структура, а вслед за этим поведение загрязнения изменяются в химических реакциях. Характеризуются быстротой обработки, возможностью уничтожения множества загрязнителей, применимы ко всем средам.

Термические технологии имеют следующие преимущества: быстрая обработка загрязнённой почвы, применимы к органическим загрязнителям и к твердым отходам. Недостатки: эффективность зависит от загрязнителя, высокая стоимость.

Таким образом, масштабы антропогенного загрязнения окружающей среды хлорорганическими пестицидами, их миграция и замедленный метаболизм в природных объектах, биоаккумуляция обуславливают необходимость организации эколого-аналитического мониторинга этих соединений и применение мероприятий по снижению загрязнения ими почв.

Обезвреживание отходов производства фармацевтических предприятий Республики Беларусь

Яранцева Н.Д.¹, Лишай А.В.¹, Голубев В.П.²

¹Белорусский государственный медицинский университет

²Белорусский национальный технический университет

Обращение с фармацевтическими отходами производства зависит от их происхождения, агрегатного состояния, физико-химических свойств, количественного соотношения компонентов и степени опасности для здоровья человека и окружающей среды. Актуальна разработка и внедрение альтернативных технологий и методов обезвреживания фармацевтических отходов, позволяющих обеспечить экологическую безопасность, эффективность обезвреживания, а также имеющих экономические преимущества по сравнению с другими методами.

Проведенный мониторинг ситуации с отходами на фармацевтических предприятиях Республики Беларусь показал, что на УП «Минскинтеркапс» за январь-ноябрь 2015 года преобладающим видом отходов является желатин (73 тонны), используемый для изготовления мягких и твердых желатиновых капсул. Количество субстанций, полуфабрикатов и остатков фармацевтических препаратов, непригодных для использования по назначению, составляет 115 кг, отходов производства ЛС в твердых желатиновых капсулах и отходов производства ЛС в мягких желатиновых капсулах – 192 кг и 835 кг соответственно. На ОАО "БЗМП" за январь-ноябрь 2015 года пыль таблеточная составляет 42 тонны, а отходы готовых лекарственных средств (мази) – 4,8 тонн. Основная часть фармацевтических отходов СП ООО «Фармлэнд» за 2015 год приходится на отходы готовых ЛС (таблетки) – 1201 кг, ЛС и субстанции с истекшим сроком годности 610 кг и 240 кг соответственно. На фармацевтических предприятиях имеются также отходы лабораторий, представляющие собой водные смеси растворителей без галогенных органических составляющих, отходы легковоспламеняющихся жидкостей и т.п.

Обезвреживание на данных предприятиях осуществляется, путем захоронения или посредством передачи сторонним организациям, имеющим лицензии на деятельность, связанную с воздействием на окружающую среду. В большинстве случаев обезвреживание в подобных организациях производится термическим путем. Используемые в настоящее время способы обезвреживания фармацевтических отходов не лишены недостатков.

Организация упаковочного производства

**Особенности методики преподавания живописи в системе
дизайнерского образования**

Королева А.В.

Белорусский государственный технический университет

В системе подготовки дизайнеров-конструкторов при обучении дисциплинам творческого профиля учебный процесс должен быть направлен на формирование основ профессионального мышления и видения действительности, целенаправленное раскрытие принципов профессиональной творческой деятельности.

Рассматривая историю живописи, можно выделить в творчестве художников 2 главных компонента. Во-первых, живопись как часть духовной культуры. Во-вторых, можно сказать, что живопись – это ремесло, т.е. владение технологией и формальными средствами: композицией, линией, светотенью, цветом. И все, что касается второго компонента, можно формулировать в виде некоторого набора законов и правил, которым можно и следует обучать. Иоханнес Иттен, крупнейший исследователь цвета в искусстве и дизайне, исходил из того, что каждому, кто в своей профессиональной деятельности связан с цветом, нужна дисциплинирующая сила знания закономерностей его проявления.

В контексте дизайнерского образования занятия живописью имеют определенную цель: развитие пространственного мышления и чувства цвета у обучающихся, что означает способность точно воспринимать и воспроизводить цвет во всем многообразии его оттенков. Это составляет необходимую базу для освоения колористики, т.к. эта дисциплина, опираясь на достижения науки о цвете, предполагает необходимость чувствовать цвет, и наилучший путь развития этого чувства – работа красками с натуры, т.е. академическая живопись.

Изучение дисциплины включает, помимо лекционного курса, выполнение практических работ: 1) упражнений на различные виды цветовой композиции, типы колорита, ассоциации др., 2) этюды с натуры. В течение учебного процесса эти 2 вида деятельности чередуются, т.к. каждый из них обогащает и подкрепляет другой. Изучая основные положения теории цвета и колорита, мы применяем их в практике живописного изображения, развивая восприятие цвета. Затем студенты выполняют колористические задания без натуры: они создают цветовую композицию, опираясь на изученные законы, с одной стороны, и на умение «видеть цвет», с другой; на этом этапе можно учиться использовать цвет как средство организации предметной среды.

Главные способы взаимодействия цвета и формы в истории искусства и дизайна

Королева А.В.

Белорусский национальный технический университет

Изучение дисциплины «Живопись, цветоведение, колористика» студентами дизайнерских специальностей наряду с наработкой практических навыков в этой области предполагает обязательное рациональное осмысление творческого процесса. Если рассматривать два главных компонента всякого визуального искусства – цвет и форма, они всегда являются в какой-то мере антагонистами, и важно понять, как они соотносятся между собой. На протяжении истории мирового искусства мы можем выделить 4 главные способа взаимодействия цвета и формы. Первый из них – плоскостно-декоративное использование цвета. Мы можем видеть его на ранних стадиях развития искусства. Так рисуют маленькие дети, не отделяя цвет от изображения, но используя его как атрибут того или иного предмета, «называют цвет», не задумываясь о передаче объема, пространства и т.п. Чаще всего таким способом пользуются художники декоративно-прикладного искусства, просто заполняя цветом контур изображения или элементов орнамента. Второй способ присущ более поздним культурам (и детям более старшего возраста), стремящихся к иллюзорному воспроизведению реальных объектов. Он заключается в том, что градации и оттенки цвета используются как средство «лепки» формы. Причем светотеневая моделировка признается более важной и ценной, цвету же отводится второстепенная роль «украшения» живописи. Яркий пример тому – произведения и заметки об искусстве Леонардо да Винчи. И только в XIX в. цвету постепенно возвращается статус важного выразительного средства. В творчестве романтиков, затем постимпрессионистов цвет не только воспроизводит реальную окраску объектов изображения, но несет в себе выражение внутреннего мира человека, его эмоций и страстей; уже в работах Ван Гога и Гогена мы часто видим, как он доминирует над формой, упрощая ее и даже деформируя.

В XX в. цвет был полностью освобожден от подчинения изобразительной форме. В абстрактной живописи и скульптуре цвет занял ведущую позицию, он «говорит» сам по себе; форма следует за цветом. Мы видим только простые геометрические формы (супрематизм К.Малевича, неопластицизм П.Мондриана), либо цвет просто заполняет все пространство холста целиком (современный белорусский живописец Г.Иванов).

Биологическое разложение упаковки – решение и проблемы использования отходов полимеров

Кузьмич В.В., Карпунин И.И., Балабанова Т.Ф.
Белорусский национальный технический университет

Главным направлением в решении экологической проблемы свалок является развитие производства полимерных материалов с ускоренным их разложением в природных условиях. В настоящее время наметились 3 основные пути решения данной проблемы:

1.разработка и организация массового производства полностью биоразлагаемых полимерных материалов из растительного сырья (крахмала кукурузы и других растений) и нефтепродуктов;

2.модификация серийных крупнотоннажных полимеров (ПЭ), (ПП), (ПЭТ), (ПС) и др.) с помощью специальных добавок, которые позволяют создать оксибиоразлагаемые полимерные материалы, разлагающиеся в различных природных условиях в десятки раз быстрее по сравнению с естественным старением традиционных полимеров;

3.селекция специальных штаммов микроорганизмов, способных осуществлять деструкцию ПМ.

Данное направление увенчалось успехом только в отношении поливинилового спирта. Японские ученые выделили из почвы бактерии *Pseudomonas SP*, которые вырабатывают фермент, расщепляющий поливиниловый спирт. После разложения макроцепи ее фрагменты полностью усваиваются бактериями. Бактерии *Pseudomonas* добавляют к активному илу на водоочистных сооружениях для более полной очистки сточных вод. Считается, что полимерные материалы на основе растительного сырья - зерновых, древесины, крахмала, полисахаров – разлагаются на полностью безопасные компоненты: воду, диоксид углерода, биомассу, и другие естественные природные соединения, то есть обеспечивают абсолютную экологичность процессов утилизации. К тому же запасы растительного сырья могут возобновляться вечно. Однако, это слишком упрощенный взгляд на проблему, и все не так просто, как кажется на первый взгляд.

Для того чтобы идея биоразложения полимерного материала реализовалась, необходима совокупность трех основных факторов:

1.соответствующие условия окружающей среды;

2.наличие микроорганизмов, селективно действующих на полимерный материал;

3.полимерные материалы определенной химической структуры.

Обработка результатов компьютерного тестирования студентов

Немцева С.К., Степаненко А.Б.

Белорусский национальный технический университет

После разработки тестовых вопросов и заданий, комплектования тестов и первичного тестирования необходимо провести анализ результатов для определения качества тестов и уровня обучения. Для повышения качества теста следует исключить как слишком трудные, так и легкие задания. Для этого в тестологии применяют методы корреляционного, регрессионного и факторного анализа. Логит уровня знаний – мера оценки уровня знаний испытуемых и измеряемых в шкале натуральных логарифмов;

– логит уровня трудности задания – натуральный логарифм отношения доли неправильных ответов на задание теста к доле правильных ответов на это задание по множеству испытуемых.

Задание в тестовой форме нельзя называть тестовым, если оно не коррелирует с суммой баллов по всему тесту. Коррелируемость задания с критерием r_{xy} представляет собой более точную и технологичную меру дифференцирующей способности задания. Коррелируемость проверяется посредством расчета коэффициента корреляции r_{jy} , где символом r обозначается классический коэффициент корреляции Пирсона или один из его вариантов.

Для расчета r_{xy} формируется два вектор-столбца, один из которых – задание (X_j), другой – критерий (Y), между значениями этих двух векторов и устанавливается мера связи. При проверке тестовых заданий в качестве критерия, для начала, используется сумма испытуемых баллов, полученная по всем заданиям пробного варианта теста. Чем выше значения коэффициента корреляции, тем больше вероятность превращения задания в тестовой форме в тестовое задание, которое включают в тест. Средняя трудность заданий не должна отличаться от среднего уровня подготовленности, испытуемых более чем на 0,5 логита.

Если взять значение $r^2 \cdot 100\%$, то получим значение коэффициента детерминации, выраженного в удобной для интерпретации в процентной мере связи задания с суммой баллов.

Сложность в применении компьютерных технологий тестирования заключается в необходимости подбирать и составлять множество качественных заданий разных уровней сложности. Для решения этой проблемы используются статистические методы анализа качества тестов, применение которых позволяет повысить эффективность тестового контроля.

Современные направления дизайна: touch-design

Якимович Е.Б.

Белорусский национальный технический университет

Touch-design (от англ. touch – касаться, трогать) или тактильный дизайн – сравнительно новое направление в современном дизайне. Тактильный дизайн направлен на стимулирование такого чувства человека как осязание. Он формируется под влиянием двух факторов:

- учет потребностей всех групп потребителей, в том числе людей с ограниченными возможностями (слепых и слабовидящих людей);
- развитие “soft touch”–технологий, направленных на создание необычных фактур поверхностей.

Так, компания “Coca-Cola” разработала дизайн жестяных банок «Share a Coke» в Мексике с напечатанными шрифтом Брайля именами для незрячих людей. Подобный проект был осуществлен компанией и в Аргентине для поддержки команды слепых футболистов.

Шведский дизайнер Jageland Hampus реализовал проект тактильного дизайна упаковки для слабовидящих людей продуктов бренда “Alton Brown”, которые упакованы в пакеты, тубусы и баночки, способные вызвать определенные тактильные ощущения благодаря фактурному решению поверхности.

Ведутся активные поиски по разработке мобильных телефонов для незрячих людей: дизайнер Питер Лау создал проект, основная идея которого заключается в способности сенсорного экрана реагировать только на ладонь, а не на подушечки пальцев; концепция дизайнеров Youngseong Kim и Eunsol Yeom из компании “Voim” наоборот заменяет привычный дисплей большой силиконовой панелью с возможностью получения информации в виде шрифта Брайля.

Развитие тактильного дизайна в упаковке связано также с учетом психологической особенностей покупателей, так называемых “silent sales people” – людей, для которых информация, получаемая посредством осязания, имеет первостепенное значение. В тактильном дизайне большее внимание уделяется таким качествам как фактура и текстура поверхности, а цветовое решение отходит на второй план.

Для создания упаковки с высокими тактильными свойствами используются такие особенности печати как тиснение, комбинирование нескольких типов печати (офсетная и трафаретная) и нескольких видов лака для одного изделия. Кроме того, используется имитация фактуры с помощью технических особенностей создания изображения (3-D печать).

Социальные требования в промышленном дизайне

Якимович Е.Б.

Белорусский национальный технический университет

Социальные, политические и экологические проблемы, возникшие в период развития индустриального дизайна, привели дизайнеров к пересмотру своего профессионального положения в обществе. На третьем конгрессе ИКСИД в Париже в 1963 году был принят «Международный кодекс профессионального поведения дизайнера», в одном из пунктов которого была сформулирована ответственность дизайнера перед обществом в части обязанности его следовать культурным и эстетическим нормам и служить интересам общества.

Социальные требования включают соответствие проектируемого дизайнером изделия актуальным общественным потребностям, общественную необходимость производства данного изделия, спрос на него, возможность современной организации труда при производстве изделия. Таким образом, дизайнеры должны сознавать свою общественную и нравственную ответственность и предугадывать предсказуемые последствия собственной проектной деятельности в будущем развитии культуры и общества.

Новая концепция дизайна направлена на гуманизацию среды, создаваемой техникой, на проектирование, идущее от человека к технике:

- ориентация на реальный окончательный потребительский результат;
- разработка новых направлений и инициативных проектов;
- участие в государственных научно-технических, социальных и инновационных программах;
- изучение и предугадывание потребительского спроса;
- участие в организации спроса на проектируемые изделия;
- учет экологических аспектов при проектировании и производстве.

В настоящее время наибольшую актуальность приобретает дизайн, связанный с социально-значимыми аспектами жизни и экологией окружения. В 2006 году американский дизайнер Брайан Коллинз основал ежегодный форум «Дизайнизм: дизайн для социальных перемен», вдохновляющий креативных молодых людей принимать более активное участие в социальных благотворительных предприятиях. Промышленный дизайн и дизайн окружающей среды сегодня могут быть выражены только через отношения между возможностями и запросами человека и его нравственной оценкой этих запросов.

Технология получения биологически разлагающихся пленок

Карпунин И.И., Чижмаков Н.С.

Белорусский национальный технический университет

Были испытаны варианты получения полимерных пленок при температурных режимах 140 - 180°C в зонах экструдера из полиэтилена высокого давления с добавкой крахмала. В таблице 3 приведены ориентировочные режимы экструзии пленок с раздувом рукава для полиэтилена.

Ориентировочные режимы экструзии пленок с раздувом рукава для полиэтилена

Термопласт	Температура цилиндра по зонам, °С				Температура головки по зонам, °С		Давление в головке, Мпа
	1	2	3	4	1	2	
ПЭНД	125	135	135	145	140	140	10 -15
ПЭВД	140	160	175	180	180	185	13-19

Композиции состава для получения биоразлагающихся пленок состояли из:

- ПЭВД – 70, 80, 90%,
- картофельный крахмал – 20, 15, 7%
- мочевины - 5, 3, 2%,
- глицерин – 5, 2, 1%.

Внешние признаки экспериментальных образцов удовлетворительны. Полученные пленки проходят испытания на биоразлагаемость.

Технология двухэтапного получения биоразлагающихся пленок

Технология двухэтапного получения биоразлагающихся пленок предполагает создание на двух промежуточных этапах материалов для окончательной композиции. При этом материал композиций должны пройти следующие стадии:

- набухание крахмала и синтетического полимера за счет пластификатора и воды при температуре от 80 до 180°C с динамическим изменением их температур плавления и реологического поведения,
- воздействие на смесь усилий сдвига, соответствующих величинам

вязкости обоих компонентов, с тем чтобы вызвать взаимопроникновение молекул двух компонентов,

- свободное обезвреживание смеси в условиях регулируемого давления или при пониженном давлении с образованием расплава при температуре 140 -180 °С, с таким содержанием жидкости, чтобы пузырьки не образовывались при атмосферном давлении, например, на выходе экструдера,

- охлаждение конечного продукта на воздухе.

УДК 620.75

Некоторые бактерицидные упаковочные материалы

Почанин Ю.С. Кузьмич В.В., Балабанова Т.Ф., Козлов Н.Г.
Белорусский национальный технический университет

Применение материалов с антибактериальными свойствами позволит остановить рост микроорганизмов и обеспечить непрерывную антибактериальную защиту промышленным и продовольственным товарам, находящимся в упаковке. Бицидные продукты в составе упаковочных материалов предназначены разрушать, удалять или делать неэффективными такие вредные организмы как бактерии, вирусы и грибки. Эту задачу можно решить путем создания композиционных материалов, которые являются результатом объемного сочетания разнородных компонентов, один из которых образует матрицу (связующее), а другой (наполнитель) с определенными функциональными свойствами. В качестве материала матрицы и наполнителя могут выступать самые разнообразные по природе и происхождению материалы.

Наиболее дешевыми бактерицидными упаковочным материалом может служить многослойная полиэтиленовая пленка полученная методом экструзии с сорбционным материалом на основе кремнийорганического сорбента, модифицированного медью. Эта многослойная полиэтиленовая пленка используется для паллетирования грузов на поддонах. Она состоит из основного слоя и содержит в качестве основного компонента линейный полиэтилен и, по меньшей мере, одного слоя адгезивного материала, несовместимого с линейным полиэтиленом. Более дорогим бактерицидным упаковочным материалом может служить полиэтилен, в отверстия которого внедрены бактерицидные компоненты (например, наночастицы серебра или меди). Способ получения бактерицидного материала включает формирование необходимой формы из полимерной основы, формирование отверстий в полимерной основе за счет облучения высокоэнергетическими частицами, заполнения отверстий,

бактерицидными компонентами. Таким образом, бактерицидные компоненты бактерицидного материала, в котором упакованы любые продукты питания или медицинские средства, будут препятствовать процессу развития микроорганизмов и бактерий. Известна, также, бактерицидная композиция, содержащая в качестве активных компонентов йодсодержащие органические соединения, а также вспомогательные вещества, в которую входят: оксиэтиленированный жирный спирт, содержащий 8 молей оксида этилена; повторно сублимированный металлический йод; пропантриол или глицерин для устранения вяжущего действия свободного йода, который, возможно, содержится в композиции; моноглицерид полиоксиэтиленированной жирной кислоты с целью снизить величину поверхностного натяжения среды.

УДК 620.952(476)

Утилизация горючих упаковочных материалов с получением качественных энергоносителей

Шункевич В.О., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Переработка древесной биомассы открывает широкие возможности в решении проблемы энергосбережения. При условии достаточного количества земель лесоводческие энергетические хозяйства могут сыграть важную роль в снижении потребления ископаемых топлив. Целью проводимых исследований является определение наиболее перспективных способов термохимической деструкции древесной биомассы и экспериментальные исследования пиролиза их смесевых композиций с торфом. Как показал опыт развитых стран, при прямом сжигании собственно растительной необработанной биомассы возникает ряд проблем: заготовка ее носит сезонный характер, она занимает большие объемы при хранении и перевозке, теплотворная способность ее невелика, для сжигания такого топлива требуется специальное технологическое и котельное оборудование. Поэтому важно выбрать и обосновать наиболее эффективные способы конверсии биомассы в энергию. В этом отношении большой интерес представляет пиролиз. Он дает возможность получить более широкий спектр продуктов в виде, удобном для транспортировки и использования. Недостатком этого метода является наличие пирогенетической воды, однако при совмещении метода пиролиза и газификации можно повысить их эффективность. В этой связи необходимо рассмотреть существующие технологии пиролиза и получаемые продукты переработки. В настоящей работе были проведены исследования по

пиролизу в стационарных условиях смесей торфа и растительных отходов с разными соотношениями смесевых компонентов и в разных температурных интервалах (550 и 800⁰С).

В качестве растительных отходов были использованы древесные опилки разного размера и древесная щепа. В качестве образцов торфа был использован низинный торф, используемый на торфяно-брикетном заводе в Житковичах и на ТБЗ в Лиде.

Был изучен баланс выхода продуктов пиролиза, охарактеризован компонентный состав газовой фазы и коксозольного остатка, рассчитаны теплоты сгорания пиролизного газа.,.

УДК 621.798:633.5

Особенности преподавания конструктивного рисунка для дизайнеров-конструкторов

Иванова Г.Л.

Белорусский национальный технический университет

Традиционно в системе советского и постсоветского художественного и дизайнерского образования речь о конструктивном рисунке шла как об одном из аспектов академического рисунка, считавшегося основой подготовки специалистов в области прикладного искусства и дизайна. Последовательность и содержание учебных задач были универсальными, отличаясь в основном количеством учебных часов. Поэтапное образование (художественная школа, училище, вуз) и большой объём курса (8-12 часов в неделю на протяжении всего периода обучения) позволяли подготовить специалистов, свободно владеющих всеми возможностями рисунка как профессионального инструмента. Однако в последние годы ситуация существенно изменилась. Тенденция к сужению специализации и практическая ориентированность профессиональной подготовки коснулась и дизайнеров. Кроме того, базовая подготовка первокурсников и объёмы самого курса больше не позволяют решать вопросы профессионального обучения рисунку используя просто сокращённую традиционную схему.

Специфика профессии требует от дизайнеров-конструкторов умения свободно использовать рисунок как инструмент на всех этапах проектирования, следовательно, требования к пониманию конструкции и способов её передачи на плоскости не могут быть снижены. Поэтому конструкция, которая обычно только подразумевалась в натуральных студиях, становится основной, а иногда и единственным содержанием учебных заданий. Поскольку в ходе проектирования дизайнер имеет дело не с уже существующими, а только с воображаемыми объектами, в учебных

заданиях рисование с натуры частично заменяется рисованием по представлению. Для более точного анализа объёма могут использоваться прорисовки отдельных деталей с других точек зрения, схемы, сечения. На последних этапах обучения разделяется конструктивный анализ формы и тоновая моделировка поверхности. И то и другое используется в проектной графике на всех этапах работы дизайнера. Таким образом, поставив конструкцию в основу обучения (в отличие от традиционной работы с визуальными качествами проекции) можно обеспечить качественное освоение студентами наиболее важного для их профессии аспекта академического рисунка.

УДК 678-416:677.473

Использование хитозана для придания биоразлагаемых свойств полимерным плёнкам

Степаненко А.Б.¹, Немцева С.К.¹

Белорусский национальный технический университет¹

Мануленко А.Ф.², Прокопчук Н.Р.²

Белорусский государственный технологический университет²

Одним из важных качеств хитозана является его способность к биодegradации. Данное свойство необходимо использовать для получения самых различных пленок. Основная научная идея выполняемой в настоящее время научно - исследовательской работы - разработка композиций на основе ПЭВД, содержащих в составе в качестве инициаторов биодеструкции соединения химической и биологической природы (крахмал, целлюлоза, хитин, хитозан) и получение образцов полимерных плёнок в условиях воздействия высокого давления и сдвиговой деформации. По своей природе хитозан является одним из трёх наиболее часто встречающихся полисахаридов, кроме целлюлозы и крахмала.

Установлено, что помимо дegradации и удовлетворительных физико-механических свойств, модифицированные на основе хитозана пленки способны приобретать такие определённые специфические свойства как сорбционную способность, антистатичность, антимикробные свойства. Плёнки из хитозана были разработаны также для целей предотвращения отсыревания, уменьшения образования бактерий и увеличения срока годности при хранении скоропортящихся продуктов.

Важными моментами являются исследование свойств полученных плёнок и установление механизмов биодegradации с использованием метода оценки активации деструкции плёнок и снижения их

долговечности под влиянием химических и биологических инициаторов разложения. Установлено, что при недостатке хитозана существенно увеличивается срок разложения пленок, снижается их степень безвредности для организма и что все полученные на основе хитозана пленки обладают высокой проницаемостью по кислороду.

УДК 621.798:633.5

Отходы льна – ценное сырьё для производства тарной упаковки

Карпунин В.И.

Белорусский национальный технический университет

Лен-долгунец и лен масличный являются ценными техническими культурами. Практическое применение имеет почти вся их надземная часть. Расширяется интерес ко льну масличному, благодаря возможности широкого использования его в различных отраслях промышленности. Эта культура не истощает почву.

Более того, его посевы извлекают из загрязненных земель тяжелые металлы и радионуклиды, улучшают среду и создают предпосылки для производства экологически чистой продовольственной продукции. В росте урожайности за счет интенсивных факторов 25-50% приходится на долю сорта.

Актуален вопрос использования льняной костры, как основного отхода первичной переработки льна. Она составляет около 65% массы перерабатываемой тресты. В настоящее время порядка 60% ее сжигается в котельных льнозаводов. Однако значительная часть костры (около 32 тыс. тонн) скапливается на территориях предприятий и является источником пожароопасности, экологического загрязнения. Одним из направлений ее применения является производство костровых и древеснокостровых плит для производства тарной упаковки.

Применение смолы марки КФО, содержащей формальдегид в относительно больших количествах, не позволяет изготавливать такие плиты для жилых помещений без дополнительной их обработки. При этом стоимость данной смолы делает производство костровых плит нерентабельным. Необходимы новые связующие (смолы), использование которых сделало бы это производство рентабельным и значительно расширило бы область использования плит.

В этой связи научные знания о технологическом процессе прессования костровых и древеснокостровых плит, его химизме имеют важное технолого-производственное значение.

Решение этих задач дало возможность разработать технологические параметры прессования и изменять в определенных пределах прочностные показатели плит для производства упаковочной тары.

УДК 621.79

Композиционные материалы в упаковке

Пантелеенко Е.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Композиционные материалы – искусственно созданные материалы, которые состоят из двух или более компонентов, различающихся по составу и разделенных выраженной границей, и которые сочетают свойства, характерные для исходных материалов. По геометрии наполнителя (армирующего компонента) выделяют материалы с нульмерными (дисперсные частицы), одномерными (армирующие волокна) и двумерными (плоские слои) наполнителями. Два последних типа материалов наиболее часто применяются для создания упаковки. К материалам с армирующими волокнами, используемыми в упаковке, относится стеклопластик – стеклянные волокна заключены в полимерную матрицу. Из таких материалов изготавливают тару для жидкостей, косметическую упаковку. Их применение позволяет облегчить конструкцию, уменьшить материалоемкость изделия. Многослойные и комбинированные материалы являются одним из наиболее распространенных видов композиционных материалов в упаковке. Многослойные – материалы, состоящие только из слоев синтетических полимеров: целлофан-полиэтилен, полиамид-полиэтилен. В состав комбинированных входят слои материалов различного типа – бумага, картон, фольга, полимерные пленки, ткань. К таким материалам можно отнести бумагу и картон с полимерным покрытием, материалы на основе алюминиевой фольги (буфлен: бумага-фольга-ПЭ; лафолен: лавсан-фольга-полиолефины; цефлен: целлофан-ПЭ-фольга-ПЭ; ламистер: лак-фольга-ПЭ), из которых изготавливают различные виды эластичной упаковки. Отдельным видом считаются металлизированные полимерные пленки: на поверхность пленок в вакууме наносят тончайший слой металла, что снижает газопроницаемость, придает непрозрачность, такие материалы более прочные по сравнению с фольгой.

Рассмотренные многослойные и комбинированные материалы широко используют для упаковки, в том числе вакуумной, пищевых продуктов за счет сочетания барьерных и прочностных свойств, а также широких возможностей декорирования.

Результаты рентгеноструктурного анализа костроплит

Карпунин В.И.

Белорусский национальный технический университет

Главным компонентом костроплит является костра, которая состоит в основном из целлюлозы (42-43%) и пентозанов (23-26%). Известно, что целлюлоза отличается хорошо развитой надмолекулярной структурой с более или менее плотными участками в виде пучков макромолекул, фибрилл, микрофибрилл и других надмолекулярных образований.

Для целлюлозы, как и для других полимеров кристаллического строения, характерна структурная неоднородность – наличие областей с высокоупорядоченным кристаллическим расположением макромолекулярных цепей и областей с рыхлым, неупорядоченным аморфным расположением. Основой создания теории кристаллического строения целлюлозы послужили преимущественно данные рентгенографических исследований. Анализ рентгенограмм показал, что у различных природных целлюлоз (хлопок, рами, конопля, лен, древесная целлюлоза) рефлексы на них располагаются одинаково. Следовательно, эти целлюлозы имеют одинаковую кристаллическую структуру, названную структурой природной целлюлозы, или целлюлозы I. Соответствующую ей типичную рентгенограмму называют рентгенограммой волокна.

В процессе изготовления костроплит, целлюлоза, входящая в состав льнокостры, подвергается воздействию температуры 175-190°C и давления 2,5-3,0 МПа. При этом возникал вопрос, влияют ли параметры получения костроплит, а также введение в их композицию гидролизного лигнина, на изменение кристаллического состояния целлюлозы.

На основе представленных рентгенограмм установлено, что технологические параметры получения костроплит не оказывают существенного влияния на изменение надмолекулярной структуры целлюлозы в костре. Отмечено только незначительное перераспределение в содержании кристаллических и аморфных участков. Связано это вероятно, с тем, что введение в композицию костроплиты гидролизного лигнина, имеющего низкие значения рН, вызывает в условиях горячего прессования незначительную гидролитическую деструкцию макромолекул с последующим их упорядочиванием.

Естественные и точные науки

Математика и приложения

Гахович А.С.

Белорусский национальный технический университет

В предыдущей работе отмечалась специфика приложений классического интегрального преобразования Меллина, полученного из общей схемы автора построения интегральных преобразований:

$$F(S) = \int_0^{+\infty} f(t)t^{S-1} dt \equiv M[f(t)]$$

В настоящей работе коснемся наиболее естественных приложений указанных преобразований на конкретном примере.

Поскольку классическое преобразование Меллина имеет простую связь с Гамма-функцией, а именно

$$\Gamma(S) = \int_0^{\infty} e^{-t}t^{S-1} dt \equiv M[e^{-t}]$$

то с его помощью можно получить многие результаты, связанные со специальными функциями.

Докажем, например, основное свойства Гамма-функции:

$$\Gamma(S+1) = S\Gamma(S). \quad (1)$$

Поскольку

$$te^{-t} = -t \frac{d}{dt} e^{-t}, \quad (2)$$

то опираясь на простейшие операционные правила для рассматриваемого преобразования:

$$tf(t) \div F(S+1); \quad t \frac{d}{dt} f(t) \div -SF(S),$$

имеем

$$e^{-t} \div \Gamma(S), \quad te^{-t} \div \Gamma(S+1), \quad -t \frac{d}{dt} e^{-t} \div S\Gamma(S).$$

Переходя в равенстве (2) к соответствующим изображениям, получаем требуемое равенство (1), из которого следует явное выражение для $n!$: $n! = \Gamma(n+1)$.

Принцип разделимости процесса управления для специальной гибридной системы

Габасова О.Р.

Белорусский национальный технический университет

Классическая теория оптимального управления была построена сначала для детерминированных задач. После создания основ теории оптимального управления стали разрабатываться проблемы, нацеленные на получение гарантированного результата в задачах с неопределенностью, описываемой множествами значений недетерминированных элементов без введения на них вероятностной меры.

В работе рассматривается задача оптимального управления для одного типа гибридных систем с постоянно действующими возмущениями:

$$\begin{aligned} c'_x x(t^*) + c'_y y(t^*) &\rightarrow \max, \\ \dot{x}(t) &= A_x(t)x + A_{xy}(t)y + B_x(t)u + M(t)w(t), t \in T, x(t_*) = x_0, \\ y(t + h_v) &= A_y(t)y(t) + h_v B_y(t)v(t), t \in T_v, y(t_*) = y_0; \\ U &= \left\{ u \in R^{r_u} : u_* \leq u \leq u^* \right\}, V = \left\{ v \in R^{r_v} : v_* \leq v \leq v^* \right\}, \\ X(t^*) &\in X^* = \left\{ x \in R^{n_x} : g_{i^*} \leq Hx \leq g_i^* \right\}, (h'_i/h) = 1 \end{aligned}$$

Рассмотрены оптимальные текущие: гарантирующая программа, распределения возмущений и состояний. Введены понятия сопровождающих процесс задач оптимального наблюдения, определены оценки неопределенности, которые можно использовать при построении оптимальных программных управляющих воздействий и реализаций.

Получен принцип разделимости процесса управления гибридной системой с множественной неопределенностью на оптимальные наблюдение и управление детерминированной системой: построение оптимальной текущей программы сводится к последовательному решению сначала сопровождающих задач оптимального наблюдения, а затем сопровождающей задачи оптимального управления, для которой вычисляется оптимальная программа.

Теорема. Для построения оптимальной программы в заданной позиции достаточно сначала решить $2m$ независимых сопровождающих задач оптимального наблюдения, а затем по полученным оценкам решить одну сопровождающую задачу оптимального управления.

Введение недетерминированной модели гибридной системы позволяет оценить качество процесса управления относительно возмущений. Сопровождающие задачи решаются двойственным методом линейного программирования.

Оптимизация воздействия электрического поля на динамику КС с ЭРС в режиме слежения

Воронович Г.К., Мартыненко И.М., Коробко Е.В.

Белорусский национальный технический университет, ИТМО НАН Беларуси

Исследовано влияние реологического и теплового факторов на течение электрореологической жидкости (ЭРС) в узком зазоре колебательной смесимы (КС). Такая жидкость изменяет свои теплофизические и реологические свойства под действием внешних приложенных полей и имеет широкую область применения: неизотермические виброзащитные и электроакустические системы, гидравлические демпферы, устройства робототехники. Жидкость приводится в движение под действием гармонического возбуждения верхней границы, тогда как нижняя ограничивающая плоскость неподвижна. Жидкость разогревается. Температура стенок постоянная, но разная по величине. Большая вязкость жидкости и малая кривизна зазора позволяют описать течение жидкости в квазистационарном приближении.

При задании реологического уравнения состояния жидкости учитываются парциальные значения вязкости и релаксационный спектр, его крутизна. Зависимость времени релаксации и релаксационного модуля от скорости сдвига задается по модели Макдональда-Бирда-Карро. Термочувствительность жидкости учитывается с помощью принципа температурно-временной суперпозиции. Вводится аналитическая зависимость вязкостных и релаксационных свойств жидкости от подаваемого в режиме слежения напряжения электрического поля с целью оптимизации динамических характеристик системы.

Результаты расчетов показывают, что при гармоническом возбуждении внешней поверхности в установившемся течении наследственной или вязкой среды для скорости сдвига возникают дополнительные гармоники только в дорезонансной области возмущения. Характер течения ЭРС определяется соотношением механического и гидромеханического сопротивлений колебательной системы и тепловым режимом. При превалировании последней установившееся течение определяется соотношением неньютоновской и ньютоновской составляющих вязкости.

Расчеты течения ЭРС показали целесообразность ее применения в качестве демпфирующей жидкости в диапазоне напряжений, где максимально проявляются ее вязкие свойства, что достигается изменением подаваемого напряжения внешнего поля в режиме отслеживания динамических характеристик КС.

Определение режимных параметров виброзащиты адаптивной подвески транспортного средства с учетом изменения физиологического фактора оператора

Коробко Е.В., Воронович Г.К., Мартыненко И.М.
Белорусский национальный технический университет
Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси

Возникающие при работе транспортного средства полигармонические вибрационные силы, представленные рядом Фурье, вызывают колебания, неблагоприятно действующие на систему «оператор–сиденье» в диапазоне частот 25–100 Гц. Разработана методика исследования алгоритмического обеспечения адаптивной виброзащиты системы «оператор-сиденье», что подразумевает наличие математической модели системы, используемой для синтеза законов управления и выбора алгоритмов формирования сигналов физиологического состояния оператора.

В качестве математической модели возмущений внешней среды приняты гармонические синусоидальные возмущения и полигармонические со стороны внешних факторов (дороги, двигателя и т. д.)

$$m\ddot{X} + s\tau(\dot{\gamma}, E) + \chi X + u = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t), \quad \dot{\gamma} = \frac{\dot{X} - A(t)}{h},$$

Решая нелинейное дифференциальное уравнения второго порядка, используя пакет Mathematica, получаем

$$X[t] \rightarrow \frac{(10 + 23E)sA[t]\eta_0 \left(1 + \frac{\left(1 - \frac{6E}{7}\right)^2 A[t]^2 \lambda_0^2}{h^2} \right)^{-p}}{10h\chi}$$

Таким образом, зная закон внешнего возмущения $A(t)$ (например, гармоническое или ступенчатое) можно подобрать упругодемпфирующую характеристику $F_c(X, \dot{X})$ и оптимизировать перемещение поддресоренных масс. Предложена система поддержки принятия решений, с учетом управляющей системы, рекомендованы диапазоны рациональных значений параметров системы.

Задача на пересечении двух матроидов и метод её решения

Исаченко А.Н., Ревякин А.М.

Белорусский государственный университет

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Предположим, что M_1, M_2 – матроиды, заданные на одном и том же множестве элементов. Считаем, что для каждого элемента известен его неотрицательный вес. Задача на пересечении двух матроидов состоит в поиске максимального по включению подмножества независимого как в M_1 , так и в M_2 , и имеющего минимальный (максимальный) вес.

Рассмотрим некоторую матрицу A . Множество элементов матрицы назовём независимым по строкам (по столбцам), если все элементы этого множества принадлежат различным строкам (столбцам) A . Множество элементов матрицы назовём независимым, если оно независимо по строкам и столбцам одновременно. Семейство всех независимых по строкам (по столбцам) элементов матрицы образует матроид M_1 (M_2). Семейство всех независимых множеств элементов матрицы A является пересечением M_1 и M_2 . Если весом элемента матрицы считать его значение, то получим задачу поиска максимального по включению независимого множества элементов матрицы с минимальной (максимальной) суммой в виде задачи на пересечение двух матроидов M_1, M_2 . Например, задача о назначениях вписывается в данную схему и является задачей на пересечение двух матроидов. Задача о минимальном (максимальном) ориентированном дереве формулируется как задача на пересечение двух матроидов. Задан ориентированный граф с положительными весами дуг. Определим первый матроид на множестве дуг, включая в семейство независимых множеств те подмножества, которые не содержат пары дуг, входящих в одну вершину. Соответственно, второй матроид определим также на множестве дуг исходного графа, включая в независимые те подмножества дуг, которые не содержат циклов. Задача поиска максимального паросочетания двудольного графа определяется пересечением двух матроидов, построенных на множестве ребер графа с включением в независимое семейство первого – всех рёбер, не инцидентных по вершинам левой доли, второго – по вершинам правой доли графа.

Если математическая модель допускает представление в виде задачи на пересечение двух матроидов, то точное решение можно получить алгоритмом, основанным на построении специального графа с рассмотрением в нём так называемых увеличивающих путей.

Математическая модель оптимального преобразования тепловых сетей

Корзников А.Д., Шкляр И.В.

Белорусский национальный технический университет

Известна актуальность задачи модернизации систем централизованного теплоснабжения. В [1] предложен алгоритм решения такой задачи при условии, что мощностей теплоисточников и тепловых подстанций распределения достаточно для покрытия возросшей потребности в тепловой энергии. В предлагаемой модели также ограничения отсутствуют.

Математическая модель такой задачи представлена графом, множество вершин V которого состоит из следующих подмножеств. Каждому теплоисточнику и потребителю поставлены в соответствие вершины (подмножества S и T соответственно), каждой тепловой подстанции распределения поставлена в соответствие пара вершин $i \in P'$, $j \in P''$ (подмножества P' , P'') и две вершины: s – искусственный источник, t – искусственный сток. Таким образом $V = S \cup T \cup P' \cup P'' \cup \{s\} \cup \{t\}$. Для каждой дуги соответствующей тепломагистрали задана ее пропускная способность, пропускная способность дуг (s, i) , $i \in S$ равна мощности q_i источника $i \in S$, дуг (j, t) , $j \in T$ – мощности b_j , j -го потребителя, а дуг (i_k, j_k) , $i_k \in P'$, $j_k \in P''$ – мощности k -го тепловой подстанции распределения. Известны удельные затраты c_{ij} увеличения пропускной способности каждой дуги (i, j) . Задача состоит в увеличении пропускных способностей дуг, позволяющей увеличить поток из фиктивного источника s в фиктивный сток t на величину δ (возросшая потребность в тепловой энергии) с наименьшими затратами.

В оптимальном преобразовании структуры системы централизованного теплоснабжения увеличение пропускных способностей дуг (s, i) , $i \in S$, на величину Δ_i означает необходимость увеличения мощности i -го теплоисточника на эту же величину, а увеличение пропускных способностей дуг (i_k, j_k) , $i_k \in P'$, $j_k \in P''$, увеличение мощностей (пропускных способностей) соответствующих тепловых подстанций распределения.

Литература:

1. Седнин В.А., Корзников А.Д. и др. Алгоритм решения задачи оптимизации структуры и состава системы централизованного теплоснабжения// Наука и техника. – 2013. - № 6. – С. 64-67.

Устойчивость неявной разностной схемы для нелинейного уравнения переноса

Королёва О.М.

Белорусский национальный технический университет

При исследовании устойчивости неявных разностных схем возникает необходимость получения априорных оценок не только для разностного решения задачи, но и для всех производных, входящих в нелинейную часть разностных уравнений. В данной работе исследована устойчивость по начальным данным неявной разностной схемы, аппроксимирующей нелинейное уравнение переноса. В прямоугольнике $(x, t) \in \bar{Q}_T$, $\bar{Q}_T = \bar{\Omega} \times [0, T]$, $\bar{\Omega} = \{x : 0 \leq x \leq l\}$ рассмотрим следующую начально-краевую задачу для уравнения переноса:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad (x, t) \in Q_T, \quad (1)$$

$$v(x, 0) = v_0(x) \geq 0, \quad 0 \leq x \leq l, \quad v(0, t) = \mu \geq 0, \quad 0 < t \leq T.$$

Если $v_0(x)$ – монотонно возрастающая функция

$$0 \leq v_0'(x) \leq c_0, \quad (2)$$

то решением начально-краевой задачи (1) является гладкая функция. Нарушение же условия (2) приводит к образованию ударных волн.

На равномерной разностной сетке $\bar{\omega}_{h\tau}$ с шагами h, τ по пространственной и временной переменной аппроксимируем дифференциальную задачу (1) неявной разностной схемой

$$y_i + \hat{y} \hat{y}_{\bar{x}} = 0, \quad (3)$$

$$y(x, 0) = v_0(x), \quad x \in \bar{\omega}_h, \quad \hat{y}_0 = \mu.$$

Для реализации разностной схемы (3) используем итерационный процесс

$$y_{i,i}^{m+1} + y_i^m y_{\bar{x},i}^{m+1} = 0, \quad y_i^0 = y_i^n, \quad i = \overline{1, N}, \quad y_0^{m+1} = \mu, \quad m = 0, 1, \dots \quad (4)$$

Доказана сходимость итерационного процесса к решению разностной задачи. Оценки разностного решения и его производных использовались для доказательства устойчивости разностной схемы (3) по начальным данным в равномерной метрике. В случае нарушения условия (2) при исследовании итерационного процесса (4) получены условия на величину временного шага гарантирующие ограниченность производных решения на каждой итерации.

Микулик Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Общеизвестно, что наука математика является теоретической основой всех технических наук или, по образному выражению, «математика – мать всех наук». Поэтому качество подготовки инженеров во многом зависит от качества математической подготовки. Отсюда вытекают важные требования (принципы), которые должны выполняться при изучении курса математики в техническом университете: при обучении математике как в школе, так и в университете, нужно помнить, что основной целью является научить обучаемых «учиться» и творчески думать, логически мыслить и рассуждать, прививать навыки самостоятельно решать вопросы и задачи;

- привитие общей математической культуры;
- последовательность изложения разделов математики;
- четкость в изложении материала;
- доказательность математических утверждений;
- наглядность в изображении фигур;
- связь с другими науками;
- прикладная направленность;
- мотивация;
- использование блочного метода;
- использование компьютеров;
- создание проблемных ситуаций и разрешение их;
- привитие исследовательских навыков;
- применение информационных технологий;
- не увлекаться «модными» методами;
- воспитание познавательности;
- использование исторических ресурсов;
- прививать любовь к труду и науке математики, подчеркивая универсальный язык общения во всех сферах деятельности человека.

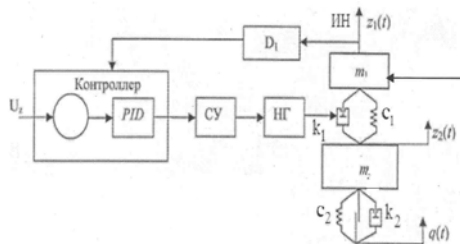
Математическое образование является частью общечеловеческой культуры. Любому человеку необходима культура мышления (стройность, точность, последовательность, логичность, доказательность, обоснованность). Математика является мощным средством развития культуры мышления, а отсутствие ее у пользователей программных (компьютерных) продуктов, применяющих их в неподходящих ситуациях, можно объяснить их слабыми знаниями математики.

Управление виброзащитной системой «оператор-сиденье»

Микулик Н.А., Микулик Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время значительно увеличилось число транспортных средств (ТС), находящихся в эксплуатации, в связи с чем увеличилось число дорожных происшествий и аварий. Исследование причин этих факторов показало, что больше половины, т. е. 57% аварий происходит вследствие человеческого фактора – ошибки оператора, 2,4% – из-за технической неисправности, 4,7% – неблагоприятной окружающей среды, а 35,9% – в силу сложного сочетания названных факторов. Следовательно, важное место в обеспечении безопасности при движении ТС занимает человек-оператор, подвергающийся влиянию вибронегруженности системы «оператор-машина» и окружающей среды. Эффективность использования ТС в значительной степени зависит от условий работы оператора (водителя), которые, в свою очередь, определяются вибронегруженностью кабины и сиденья оператора. В связи с изложенным, возникает необходимость управления подвеской сиденья оператора (водителя). В качестве примера управления системой «оператор-сиденье» рассмотрим двухмассовую колебательную систему (рис. 1), где ИН – индекс напряжения оператора; СУ – система управления; НГ – направляющий гидрораспределитель; PID – контроллер; D_1 – датчик; U_z – управляющий параметр.



$q(t)$ – возмущения дороги;
 c_1, c_2 – жесткость упругих элементов;
 k_1, k_2 – коэффициенты демпфирования амортизатора; $z_1(t)$ – перемещения m_1 ;
 $z_2(t)$ – перемещения m_2 ;
 m_1, m_2 – массы сиденья и кабины

Рис. 1 Принципиальная схема управляемой колебательной системы

Система дифференциальных уравнений, описывающая колебания масс m_1 и m_2 с учетом упругодемпфирующей характеристики шины, имеет вид

$$\begin{cases} m_1 \ddot{z}_1 + c_1(z_2 - z_1) + k_1(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) = u(t)A; \\ m_1 \ddot{z}_1 + m_2 \ddot{z}_2 + c_2(q - z_2) + k_2(\dot{q} - \dot{z}_2) = 0, \end{cases}$$

и может быть решена при заданных параметрах с помощью пакета MATLAB, позволяет с помощью сигналов управления определить и снизить ускорения сиденья оператора за счет управляемой колебательной системы.

Метельский А.В., Чепелев Н.И., Чепелева Т.И., Федосик Е.А.
Белорусский национальный технический университет

Построение адекватных математических моделей, как в глобальных, так и в локальных масштабах, зачастую невозможно без учёта случайных факторов. Поэтому теория вероятностей и математическая статистика (ТВ и МС) образуют один из важнейших разделов математики в учебных программах современных высших технических учебных заведений.

Компьютерная математика сделала статистические методы анализа данных доступными для неосведомленного пользователя. Однако незнание сути статистических методов зачастую приводит к принятию «обоснованных», но ложных выводов. Поэтому при изучении ТВ и МС важно не столько развитие необходимых практических навыков, сколько обучение корректному применению вероятностно-статистического анализа будущими инженерами. Эти факторы усвоения раздела ТВ и МС учтены в методическом пособии «Математика. Практикум в 4 частях. Ч. 4», подготовленном авторами доклада для студентов инженерно-технических специальностей. Пособие включает темы 12 практических занятий по ТВ и 6 практических заданий по МС, два типовых расчета, состоящих из комплексных заданий по ТВ и МС, справочные вероятностные таблицы и перечень рекомендуемых учебно-методических пособий. По каждой теме практических занятий приведены задания, как для аудиторной, так и для самостоятельной работы. Все задания снабжены ответами, что существенно для самоконтроля усвоения учебного материала студентами. Перечисленные особенности делают пособие автономным в аудиторной и самостоятельной работе. Тематически практикум соответствует разделу ТВ и МС рабочей программы по математике для студентов инженерно-технических специальностей. Акцент в пособии сделан не на то, чтобы «набить руку» в использовании вероятностно-статистических процедур, а на понимание и усвоение их аналитической сути. Это достигается, в первую очередь, изложением существенных теоретических сведений, раскрывающих содержательную сторону использования методов статистического анализа, подбором примеров решения типовых задач и соответствующими комментариями. В практическое пособие наряду с заданиями традиционного содержания включены в большом количестве задания технического и финансово-экономического содержания. Такая компоновка заданий, думается, расширит кругозор студентов по прикладной направленности раздела ТВ и МС и курса математики в целом.

Метельский А.В., Карпук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим линейную автономную систему нейтрального типа

$$\dot{x}(t) = \sum_{j=0}^m A_j x(t-jh) + \sum_{j=1}^m B_j \dot{x}(t-jh) + bu(t), t > 0, x(t) = \eta(t), t \in [-mh, 0]. \quad (1)$$

Здесь $x = [x_1, \dots, x_n]'$ – n -вектор-столбец решения системы (1) ($n \geq 2$); $0 < h$ – постоянное запаздывание; A_0, A_j, B_j – постоянные $n \times n$ -матрицы, последние (n -е) строки которых считаем нулевыми ($j = \overline{1, m}$); $b = e_n = [0, \dots, 0, 1]'$ – постоянный n -вектор-столбец. Векторные величины полагаем записанными в столбец, штрих обозначает операцию транспонирования. Пусть $W(p, e^{-ph}) = pE - A(p, e^{-ph})$ – характеристическая матрица ($p \in \mathbf{C}$, \mathbf{C} – множество комплексных чисел; E – единичная матрица n -го порядка), $w(p, e^{-ph}) = |W(p, e^{-ph})|$ – характеристический квазиполином системы (1). Здесь $|W|$ – определитель матрицы W . Множество корней $\sigma = \{p \in \mathbf{C} \mid w(p, e^{-ph}) = 0\}$ характеристического уравнения называют спектром системы (1). Поскольку коэффициенты квазиполинома $w(p, e^{-ph})$ действительны, то σ – самосопряженный спектр. Закроем систему (1) динамическим регулятором ($\lambda^k x(t) = x(t - kh)$)

$$u(t) = g'(\lambda)x(t) + v'(\lambda)\dot{x}(t-h) + \sum_{k=1}^L \sum_{i=0}^{L_1} \int_0^h q_{ki}(\lambda)x(t-s)e^{Pks} \frac{s^i}{i!} ds, t > 0, \quad (2)$$

где $g'(\lambda) = [g_1(\lambda), \dots, g_n(\lambda)]$, $v'(\lambda) = [v_1(\lambda), \dots, v_n(\lambda)]$ – полиномы с действительными коэффициентами; $q'_{ki}(\lambda) = [q_{ki1}(\lambda), \dots, q_{kin}(\lambda)]$ – полиномы, возможно, с комплексными коэффициентами; $P^* = \{p_k \in \mathbf{C}, k = \overline{1, L}\}$ – набор действительных и комплексно сопряженных чисел. Задача назначения конечного спектра (Finite Spectrum Assignment): подобрать множество P^* и полиномы $g'(\lambda), v'(\lambda), q'_{ki}(\lambda)$ так, чтобы система (1), (2) имела действительные коэффициенты и заданный характеристический полином $d(p)$. Такой регулятор назовем FSA-регулятором.

Теорема. FSA-регулятор вида (2) существует, если и только если:
 $\text{rank}[pE - A_0 - \sum_{j=1}^m (A_j + pB_j)e^{-pjh}, b] = n, \text{rank}[E - \sum_{j=1}^m B_j\lambda^j, b] = n \forall p, \lambda \in \mathbf{C}.$

УДК 519.2(075.8)

О методических пособиях «Математика. Практикум» Части 2–3

Лебедева Г.И.

Белорусский национальный технический университет

Математика является одной из важнейших дисциплин при подготовке будущих инженеров. При её изучении является актуальным учебно-методическое обеспечение учебного процесса. К сожалению, в настоящее время отсутствует достаточное обеспечение студентов учебной литературой. Ввиду всех вышеперечисленных факторов издание новых учебно-методических пособий является своевременным и востребованным.

Коллективом кафедры “Высшая математика №1” в 2014-15 учебном году были разработаны сборники задач по математике “Математика. Практикум” Части 2 – 3. В разработке части 2 принимали участие Бричкова Е.А., Воронович Г.К., Катковская И.Н., Лебедева Г.И., Мартыненко И.М., Федосик Е.А., Чепелев Н.И., Чепелева Т.И. В разработке части 3 принимали участие Габасова О.Р., Грекова А.В., Зубко О.Л., Мартыненко И.М., Микулик Н.А., Лебедева Г.И., Романюк Г.А. и Федосик Е.А.

Практикумы составлены в соответствии с программой дисциплины “Математика” для студентов инженерно-технических специальностей. Сборники разделены по занятиям. Каждое занятие содержит задания для аудиторной и самостоятельной работы студентов. По всем заданиям приведены ответы, что позволяет студентам проконтролировать правильность решения. Издание также содержит типовые расчёты, которые могут быть использованы как для индивидуальной работы студентов, так и для текущего контроля их знаний.

Практикум. Часть 2 предназначен для второго семестра обучения. В него включены такие разделы, как “Неопределенный интеграл”, “Определенный интеграл”, “Интеграл по фигуре”, “Теория поля” и “Дифференциальные уравнения”.

Практикум. Часть 3 предназначен для третьего семестра. Он включает “Ряды”, “Функция комплексной переменной” и “Операционный исчисления”.

Указанные сборники включают полный набор заданий на рассматриваемые темы. Как показала практика изданные сборники пользуются спросом у студентов. Перевод изданий в электронный вид также создал дополнительное удобство в их использовании.

Расчет эффективности процесса производства

Чепелева Т. И.

Белорусский национальный технический университет

Проведен расчет эффективности процесса производства транспортных машин. Себестоимость продукции находится в тесной взаимосвязи с такими показателями промышленного производства, как прибыль, рентабельность и цена продукции. Как следствие, снижение себестоимости влечет за собой увеличение объема и нормы прибыли предприятия, а также позволяет расширить воспроизводство и обуславливает дальнейшее развитие хозяйствующего субъекта. Из этого следует, что для повышения эффективности производства и продаж продукции на предприятии необходимо снижать себестоимость продукции. Поэтому основополагающим фактором, влияющим на изменение рентабельности и прибыльности предприятия, являются именно уровень и динамика себестоимости. Если предприятие за счет более низкой себестоимости имеет значительную прибыль при продаже продукции, то оно более прочно в этом плане, имеет значительные резервы повышения конкурентоспособности, роста объема продаж и доли рынка; оно превосходит конкурентов и имеет устойчивую позицию. Следовательно, показатель себестоимости продукции предприятия является наиважнейшим фактором в формировании других экономических показателей эффективности производства.

Также в качестве показателей эффективности деятельности предприятия можно взять рост прибыли или коэффициент прибыльности. Однако, в настоящее время, основным показателем эффективности использования ресурсов предприятия и финансового управления является рентабельность активов. Экономическая рентабельность определяется отношением величины прибыли до налогообложения к среднегодовой стоимости активов. Эффективность производства находит конкретное количественное выражение во взаимосвязанной системе показателей, характеризующих эффективность использования основных элементов производственного процесса. Система показателей экономической эффективности производства должна соответствовать определенным принципам. Проведен расчет обобщающих показателей, показателей эффективности использования труда, финансовых средств, а также показателя эффективности продаж машин.

Показано, что процесс расширенного воспроизводства в течение достаточно длительного срока характеризуется не только соотношением показателей эффективности, но и соответствием долговременных пропорций между накоплением и потреблением.

Оптимизация конструктивных параметров автомобильных редукторов

Марцинкевич В. С.

Белорусский национальный технический университет

Задача определения оптимальных параметров проектируемого механизма является многокритериальной. Предположим, что этот механизм характеризуется варьируемыми параметрами x_1, \dots, x_r , которые будем считать координатами точки $A(x_1, \dots, x_r)$ в r -мерном пространстве. Пусть заданы ограничения двух видов: параметрические $a_i \leq x_i \leq b_i$ ($i = \overline{1, r}$) и функциональные $c_j \leq f_j(A) \leq d_j$ ($j = \overline{1, s}$). Границы устанавливаются, исходя из технических особенностей проектируемого механизма. Кроме ограничений вводятся локальные критерии $W_1(A), \dots, W_k(A)$. Оптимизационная задача формулируется следующим образом: найти точку A' , для которой $W_k(A') = \min_{A \in C} W_k(A)$ при критериальных ограничениях $W_l(A) \leq W_l^*$ ($l = \overline{1, k}$).

Здесь W_l^* – худшее значение критерия $W_l(A)$, удовлетворяющее проектировщика, $C = P \cap G \cap \Omega$, где

$$P = \{A_i \mid 0 \leq a_i \leq x_i \leq b_i, i = \overline{1, r}\}, G = \{A_j \mid c_j \leq f_j(A) \leq d_j \leq b_i, j = \overline{1, s}\},$$

$\Omega = \{A_l \mid W_l(A) \leq W_l^*, l = \overline{1, k}\}$. Пробные точки A_i – это точки, равномерно расположенные в C . Их координаты определяются по формулам

$$x_i = a_i + q_i(b_i - a_i), i = \overline{1, r}, \text{ где } q_i \text{ – точки } \wedge \Pi_\tau \text{-последовательности. Со-}$$

ставляется решающий критерий в форме $W = \sum_{i=1}^k \lambda_i W_i(A)$, где все $\lambda_i > 0$ и

$\sum_{i=1}^k \lambda_i = 1$. Решающий критерий необходим потому, что оптимальные значения рассматриваемых параметров, как правило, для различных критериев не совпадают.

Оптимальным принимается такое решение, которое при одних и тех же материалах и технологических условиях обеспечивает наименьшую материалоемкость и заданную долговечность. Критериями оптимальности будут: минимальный объем зубчатых колес, максимальный нормальный модуль зубчатой передачи, максимальный угол зацепления, минимальный объем корпуса редуктора.

Оптимальное управление многомерной нестационарной динамической системы по нетерминальному критерию качества

Матвеева Л.Д.

Белорусский национальный технический университет

Пусть поведение линейной нестационарной системы с многомерным управлением на отрезке $T = [t_0, t_*]$ можно описать линейным дифференциальным уравнением

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad (1)$$

где $x = x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$ – n -вектор состояния системы; $u = u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t))$ – r -вектор управляющих воздействий; $A(t), B(t), t \in T$ – кусочно-непрерывные $n \times n, n \times r$ – матричные функции.

Известны начальное состояние системы $x(t_0) = x_0$ и краевые условия $Hx(t_*) = g$, где H – постоянная $m \times n$ – матрица, g – постоянный m -вектор.

Предположим, что $|u_i(t)| \leq 1, i \in I = \{1, 2, \dots, r\}, t \in T$. Качество допустимого управления оценки функционалом

$$I(u) = c'x(t^*), t^* \in]t_0, t_*[. \quad (2)$$

Отличие данной задачи от классической состоит в том, что оптимизация линейной формы происходит не в конечной, а в промежуточный момент времени t^* . На базе разработанных ранее методов решения задач оптимизации динамических систем управления по нетерминальному критерию качества и динамической системы с многомерным управлением построен адаптивный метод решения поставленной задачи. По описанной схеме строится оптимальное и субоптимальное управления. Для улучшения допустимого управления по критерию качества формулируется вспомогательная задача, которая сводится к конечномерной задаче линейного программирования с помощью сужения класса управляющих воздействий.

Для решения полученной задачи используются эффективные методы линейного программирования [1].

Литература:

1. Габасов Р., Кириллова Ф.М., Тятюшкин А.И. Конструктивные методы оптимизации. Ч.1. Линейные задачи. – Минск: Университетское, 1984. – 214 с.

**О математическом исследовании и решении краевых задач
стационарной теплопроводности методами теории аналитических
функций**

Мелешко И.Н., Нифонтова Д.А., Сорокин В.В.
Белорусский национальный технический университет

Различают установившиеся (стационарные) и неуставившиеся температурные процессы. Как известно, температура в плоском стационарном тепловом поле без источников удовлетворяет дифференциальному уравнению Лапласа

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$$

В пространстве плоскому тепловому полю соответствует плоскопараллельное поле, в котором в каждой плоскости xy , распределение температур одинаково.

Граничные условия в задачах стационарной теплопроводности обычно задают тремя способами. В результате возникают три основные краевые задачи: 1) задача Дирихле; 2) задача Неймана; 3) третья основная краевая задача.

Действительная и мнимая части аналитической в некоторой области функции являются гармоническими функциями в этой области, т.е. удовлетворяют уравнению Лапласа. На этом основан один из самых мощных методов решения задач, связанных с уравнением Лапласа (метод конформных отображений), позволяющий решать ряд важных проблем в теории теплопроводности, теории упругости, в гидродинамике и в других задачах механики и математической физики.

В основе этого метода лежит отображение заданной сложной области с помощью некоторой преобразующей функции на простейшую область (например, круг, полуплоскость), для которой решение задачи значительно упрощается. При этом уравнение Лапласа и граничные условия сохраняют свой вид. Поэтому, если для круга или полуплоскости мы найдем аналитическую функцию, удовлетворяющую заданным граничным условиям, то задача считается решенной.

Таким образом, с помощью методов теории аналитических функций можно получать различные представления комплексных тепловых потенциалов, позволяющих определять все основные элементы теплового потока.

**Компьютерная реализация алгоритма вычисления сигнатур
неприводимых представлений простых вещественных алгебр Ли**

Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим неприводимые представления $\varphi: G \rightarrow sl(V)$ простой алгебры Ли G . Если G_σ – её вещественная форма внутреннего типа, то $\varphi(G_\sigma) \subset su(p, q)$, где $p + q = \dim V$.

Пусть $\delta = p - q$. Зная веса представления φ , значение δ можно получить по формуле:

$$|\delta| = \left| \sum_{\lambda_j} \dim V^{\lambda_j} \cdot \exp\left(\pi\sqrt{-1}(\lambda_j - \lambda, H_{G_\sigma})\right) \right|, \quad (1)$$

где λ – старший вес представления и суммирование ведется по всем весам λ_j представления φ . Если G – классическая алгебра Ли, то δ можно найти используя формулы, полученные Ф.И. Карпелевичем [1], либо результаты автора [2]. Для особых алгебр Ли можно использовать формулы из [3]. При написании программы на компьютере использовались все перечисленные выше подходы. При этом для формулы (1) необходимо было получить все веса для представления φ и их кратности. Полученные в программе веса можно записать на диск и использовать для других вопросов в теории представлений. В программе использовались также результаты из [4], где приведены достаточные условия равенства 0 значения δ для случая $G = sl(V + 1, C)$. Программа работает в среде Windows.

Литература:

1. Карпелевич, Ф.И. Простые подалгебры вещественных алгебр Ли. //Тр. Моск. мат. об-ва. – 1955. – Т.4. – 3-112 с.
2. Rudy, A.N. The Hurwitz determinants and the signatures of irreducible representations of simple real Lie algebras.// Central European J. of Math., 3(4). – 2005. – 606-613.
3. Rudy, A.N. Signatures of finite exceptional Lie algebra representations. //J. Phys. A: Math. Gen. 27(1994), 6403-6419.
4. Рудый, А.Н. Определители Гурвица и подалгебры алгебр $su(p, q)$. / 7-я международная НТК БНТУ. – Минск. – 2009. – Т. 2. – 316 с.

Равномерная финальная ограниченность по части координат решений уравнений с запаздыванием

Шавель Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений с запаздыванием

$$\dot{x}(t) = f(t, x_t, y_t), \quad \dot{y}(t) = g(t, x_t, y_t), \quad (1)$$

где $t \in R_+$, $x_t(\theta) = x(t + \theta)$, $y_t(\theta) = y(t + \theta)$, $\theta \in [-r(t); 0]$, $r: R_+ \rightarrow R_+$ и будем считать, что $r(t) \leq r_0$ для любых $t \in R_+$ и некоторого $r_0 > 0$. Решения системы (1) называются равномерно финально ограниченными по x , если существует постоянная $\alpha > 0$, такая, что для любого $\beta > 0$ найдется $T(\beta) > 0$, при котором

$$|x(t_0, \varphi, \psi)| \leq \alpha, \quad \forall t \geq t_0 + T(\beta),$$

для всех $t_0 \in R_+$, $(\varphi, \psi) \in C([-r(t), 0], R^{n+m})$, если $\|\varphi\| = \max_{-r(t) \leq \theta \leq 0} |\varphi(\theta)| < \beta$.

Приведем условие равномерной финальной ограниченности решений по части переменных, предполагающее использование функционалов Ляпунова, подчиненных условиям типа Разумихина. Предположим, что задан непрерывный функционал $V: R_+ \times C([-r(t); 0], R^{n+m}) \rightarrow R$. Непрерывные строго возрастающие функции $\omega: R_+ \rightarrow R_+$, $\omega(0) = 0$, будем называть функциями класса Хана и обозначать $\omega \in K$.

Теорема. Пусть заданы функции $a, b, \omega \in K$, непрерывная неубывающая функция $\rho: R_+ \rightarrow R_+$, $\rho(s) > s$ для $s > 0$ и постоянная $H > 0$. Тогда, если для любого решения $(x(t), y(t))$ системы (1) выполнены условия

- 1) $V(t, x_t, y_t) \geq a(\|x(t)\|)$;
- 2) $\dot{V}(t, x_t, y_t) \leq -\omega(\|x_t\|)$, если $t > t_0 + r_0$,
 $\|x_t\| > H$, $\rho(V(t, x_t, y_t)) \geq V(t + \theta, x_{t+\theta}, y_{t+\theta})$ для $\theta \in [-r(t), 0]$;
- 3) $V(t, x_t, y_t) \leq b(\|x_t\|)$;
- 4) $\dot{V}(t, x_t, y_t) \leq M$, $M > 0$,

то решения системы (1) равномерно финально ограничены по x .

**Геодезические линии в римановом пространстве,
порожденной двойной звездой**

А.П. Рябушко*, О.Л.Зубко*, В.И. Юринок*, Т.А. Жур

*Белорусский национальный технический университет

Белорусский государственный аграрный технический университет

Согласно общей теории относительности (ОТО), две звезды, обращаясь около своего центра масс, искривляют евклидово пространство, в котором они движутся, превращая его в риманово пространство, метрика которого определяется тензором энергии-импульса этих звезд с помощью полевых уравнений Эйнштейна [1], [2].

Известно также, что геодезические линии риманова пространства определяют траектории движения пробных тел (тел «малой» массы), а кривизна риманова пространства определяет фотогравитационное поле.

В наших исследованиях в рамках ОТО решались следующие задачи: 1) сконструировать тензор энергии-импульса в случае двух звезд; 2) решая в постньютоновском приближении (ПНП) ОТО уравнения Эйнштейна, найти метрику риманова пространства; 3) найдя ее, вывести уравнения движения (уравнения геодезических линий) пробных тел; 4) проинтегрировать эти уравнения.

Задачи 1) – 3) решены, но сопутствующие эти решениям вычисления весьма громоздки. Поэтому мы их здесь не приводим. В задаче 4) проинтегрированы уравнения в случае ограниченной круговой задачи трех тел в ПНП ОТО.

В частности, подробно исследованы движения так называемых *квази-коллинеарных и квази-треугольных точек фотолибрации*. Показано, что благодаря разной парусности пробных тел они могут заполнять некоторые линии и области, описывающие круговые, эллиптические траектории около центра масс звезд [3]. Рассмотрены также некоторые другие случаи движения пробных тел в фотогравитационном поле звезд [4].

Литература

[1] Рябушко, А.П. Движение тел в общей теории относительности / А.П. Рябушко – Минск: Вышэйшая школа, 1979. – 236 с.

[2] Ландау Л.Д. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц – М.: Наука, 1988. – 512 с.

[3] Рябушко, А.П. Точки фотолибрации в небесной механике / А.П. Рябушко, Т.А. Жур, О.Л., И.П. Боярина, В.И. Юринок // Весці НАН Беларусі. Серыя Фіз.-мат. навук. – 2014. – № 3. – С.60-66.

[4] Рябушко, А.П. Движение тел в фотогравитационном поле при учете специальной и общей теории относительности / А.П. Рябушко, Зубко О.Л. и др. // Доклады НАН Республики Казахстан. –2015. – №1. – С.5-14.

Федосик Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Теория и практика вычислительных методов занимает важное место в научных знаниях. Математические модели процессов и явлений в настоящее время изучаются не только в естествознании, но даже и в областях весьма далеких от них – общественных, гуманитарных. Всюду, где рассматриваются процессы, подчиняющиеся количественным законам, применяется теория методов вычислений. Происходит интенсивное теоретическое осмысление старых методов. В классической науке рассматривались только очень простые модели явлений, так как решения приходилось находить вручную. С увеличением мощности компьютеров и развития численных методов стало возможным работать с более сложными моделями. Многие классические алгоритмы, позволяющие использовать минимальное число арифметических операций можно успешно заменить более простыми с точки зрения логических операций, так как быстродействие современных компьютеров позволяет получить решение за приемлемое время. Разработчики пакетов (например, Mathcad) не сообщают о том, какие именно методы используются, кроме того, что они «самые лучшие». Пакеты прикладных программ позволяют избавиться от рутинных операций, экономить время при решении многих, однако, не слишком сложных задач. Ряд разделов математики непосредственно обязан развитию вычислительной техники – вычислительная математика очень часто позволяет получить решение там, где другие методы оказываются бессильными. Многие задачи математической физики (весьма важные с практической точки зрения) – нелинейные, моделируются при помощи наиболее универсального и эффективного метода – метода конечных разностей. При этом задачи нередко оказываются «некорректно поставленными» – не доказано существование и единственность решения. Огромная размерность систем, многие миллионы арифметических операций требуют специальных, зачастую очень сложных, исследований устойчивости и сходимости разностных схем. Здесь остается актуальным вопрос экономичности алгоритмов, требующих минимального числа арифметических операций. Одним из таких методов, требующих $O(N)$ арифметических операций для решения дискретной задачи с N неизвестными, является многосеточный метод. Необходимость построения и исследования вычислительных алгоритмов многосеточного метода имеет большое практическое значение, например, при моделировании процессов разработки нефтяных месторождений, при моделировании задач, связанных с охраной окружающей среды.

Использование обобщенного корневого годографа при синтезе систем с неопределенностью

Несенчук А.А.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Опишем динамическую систему характеристическим полиномом

$$p(s) = s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n, \quad (1)$$

где $a_j \in \{\underline{a}_j, \bar{a}_j\}$ – вещественные коэффициенты, $j = 1, \dots, n$, $s = \sigma + i\omega$.

Требуется решить задачу синтеза интервального полинома (1) четвертого порядка, семейство корней которого располагается в заданной в плоскости собственных частот s области качества Q , ограниченной линиями равной степени устойчивости, β_1 и β_2 , исходя из того, что номинальные значения и границы изменения коэффициентов a_j не известны.

Используем расширение E_n [1] полинома (1) следующего вида:

$$E_n = \{p_k(s) = s^k + a_1 s^{k-1} + \dots + a_{k-1} s + a_k\}, \quad (2)$$

где $k = \overline{1, n}$, $p_k(s) = p(s)$; $p_{k-1}(s) = (p_k(s) - a_k)/s$, и строим годографы (2) (рис. 1).

Вычисление интервалов a_j (1) основано на следующем утверждении [1].

Утверждение. Корневой годограф порождающего полинома $p_{k-1}(s)$ относительно любого из его коэффициентов a_j представляет собой тракторию начальных точек свободного годографа $p_k(s)$.

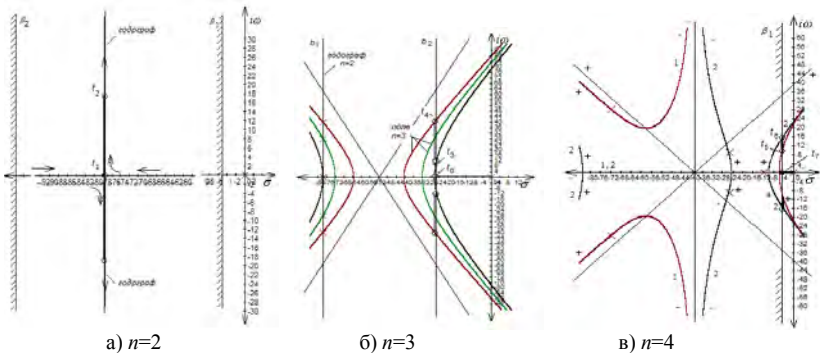


Рис. 1 – Поля корневых траекторий при $n=2$, $n=3$ и $n=4$

Границы интервалов a_j определяем в соответствии с границами β_1 и β_2 . Тогда, согласно конфигурации полей и рис. 1а: $\underline{a}_2 = a_2(t_1)$, $\bar{a}_2 = a_2(t_2)$; согласно рис. 1б: $\bar{a}_3 = \min(a_3 \min(t_4), a_3 \min(t_\sigma))$, $\underline{a}_3 = 0$; согласно рис. 1в: $\bar{a}_4 = \min(a_4 \min(t_6), a_4 \min(t_7))$, $\underline{a}_4 = 0$, где $a_{j \min}$ – минимальное значение a_j .

**Об активизации познавательной деятельности студентов
при изучении курса математики**

Яцкевич Т.С., Раевская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных задач отечественной системы высшего образования является интеграция ее в мировое образовательное пространство. Это требует, прежде всего, повышения качества общего и профессионального образования, выхода высшей школы на международный уровень, повышения конкурентоспособности высшего профессионального образования на мировом рынке труда. Только высокий образовательный уровень, профессиональная компетентность, эрудированность, готовность к исследовательской работе, способность к самообразованию и саморазвитию являются гарантией конкурентоспособности специалиста в современных условиях быстрого развития технологий производства.

Необходимость фундаментальности в образовании современного инженера неоспорима, но для успешной практической деятельности он должен быть готов к постоянному самообразованию.

Курс высшей математики – один из важнейших в процессе вовлечения студентов в активную познавательную деятельность. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов – это, прежде всего, огромная работа преподавателя, направленная на усиление мотивации деятельности студентов в приобретении знаний, формировании умений и навыков, их познавательной активности и самостоятельности, как первоочередных качеств, необходимых будущему специалисту.

К сожалению, наблюдающаяся в последние годы тенденция с одной стороны по сокращению учебных часов курса математики, отказа от расчетно-графических работ, консультаций, самостоятельной контролируемой работы студентов под руководством преподавателя, а с другой стороны увеличения учебной нагрузки преподавателя не помогает процессу вовлечения студентов в активную познавательную деятельность и, следовательно, не может способствовать достижению главной цели системы высшего образования. В связи с этим возникает необходимость в новых формах и способах вовлечения студентов в активную исследовательскую и познавательную деятельность.

В докладе авторы делятся опытом организации самостоятельной и активизации учебно-познавательной деятельности студентов на лекционных, практических занятиях, в научно-исследовательской работе студентов.

**О некоторых проблемах обучения математике в техническом вузе
и путях их решения**

Яцкевич Т.С., Раевская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Проблеме несоответствия уровня школьных знаний студентов 1-го курса требованиям высшего образования по таким дисциплинам, как математика и физика, уже не первый год. Ее приходится решать каждому преподавателю доступными ему средствами и методами. Проведение дополнительных занятий, консультаций, коллоквиумов, издание специальной методической литературы, ориентированной на конкретную студенческую аудиторию – вот неполный перечень того, что используют преподаватели для более качественного усвоения студентами читаемого курса. Все это делается, как правило, за счет личного времени преподавателя.

Конечно, предпринимаются какие-то шаги для решения этой проблемы и деканатами. Так, на машиностроительном факультете были организованы дополнительные занятия по математике за курс средней школы. Часы, отведенные на чтение этого курса, были отданы не на кафедру высшей математики № 1, а на кафедру, которая работает со школьниками вообще. Эти занятия проводились преподавателями, которые не работают и никогда не работали со студентами-первокурсниками этих специальностей; которые не знают их общего уровня знаний по математике, не знают, какие именно темы нужно изучать, в какие временные рамки, в каком именно объеме, в каком порядке. В результате студенты, которые встретили эти занятия с энтузиазмом, перестали их посещать, т.к. не получили ожидаемого результата.

Авторы считают предложенные в таком виде мероприятия неэффективной, нерациональной тратой учебного времени. По мнению авторов, такой выравнивающий курс должны вести преподаватели кафедры высшей математики, которые непосредственно работают со студентами-первокурсниками и знают эту проблему изнутри, могут использовать разноуровневый подход к учащимся. Авторы предлагают свою программу чтения курса по элементарной математике с учетом высказанных замечаний. Эти занятия могут быть включены в сетку основного расписания, что только повысит их значимость и отдачу. Хорошо было бы предусмотреть и определенные формы отчетности по данному курсу. Часы, отведенные на эти занятия, должны учитываться в основной нагрузке преподавателей.

О демонстрации учебных фильмов по математике студентам технических специальностей

Щукин М.В.

Белорусский национальный технический университет

Современные компьютерные технологии позволяют разнообразить учебный процесс. В целях повышения зрелищности лекций по математике можно демонстрировать учебные фильмы, мультимедиа презентации. В частности, можно использовать советские учебные фильмы по математике, механике, физике. Например, при обсуждении на лекции по аналитической геометрии поверхностей второго порядка уместен фильм «Образование поверхностей перемещением кривых». Автор сценария этого фильма: А. Розенталь. Научный консультант: доктор физико-математических наук М.А. Акивис. Фильм снят в 1973 году по заказу центральной кинолаборатории «Вузфильм» министерства высшего и среднего специального образования СССР. В фильме показано образование таких поверхностей, как кувшин, с помощью вращения куска глины. Деталь вытачивается на станке – это также пример образования поверхности вращения. При вращении эллипса получается эллипсоид. Планета Земля имеет приблизительно такую же форму. Морская галька, обкатанная прибором, похожа на эллипсоид. В фильме показано, что капля воды принимает форму шара. Понятие тора демонстрируется на примере автомобильной камеры. Наглядно демонстрируется свойство параболоида вращения: фокусировать параллельный пучок лучей в одной точке. Вращением гиперболы можно получить однополостный или двухполостный гиперболоид. В фильме показано, как с помощью вращения прямой линии можно получить однополостный гиперболоид или гиперболический параболоид. Показаны примеры использования линейчатых поверхностей в конструкциях. С помощью движения прямой линии по направляющей можно получить цилиндры второго порядка. Кривые второго порядка можно получить с помощью сечения конуса плоскостями. В целом, демонстрация данного фильма позволит улучшить восприятие учебного материала студентами. При прохождении темы «Поверхностные интегралы» уместно демонстрировать фильм «Односторонние и двусторонние поверхности». Автор сценария этого фильма А. Розенталь. В данном фильме показан процесс построения ориентированных и неориентированных поверхностей из линий. Например, сфера может быть составлена из окружностей. Показано отличие реальных поверхностей от их математических моделей. Демонстрация этого фильма призвана помочь студентам понять строение поверхностей.

Параллельный алгоритм нахождения множества Парето для случая большой размерности критериального пространства

Чебаков С.В., Серебряная Л.В.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Многокритериальная задача нахождения множества Парето, на конечном множестве начальных данных N относится к классическим комбинаторным оптимизационным задачам и формулируется следующим образом. Пусть между любой парой элементов множества N задано отношение предпочтения в заданном n -мерном критериальном пространстве. Элемент множества N является недоминируемым, если на этом множестве не существует элемента, который доминирует его по всем критериям пространства предпочтений. Все недоминируемые элементы на множестве начальных данных N и представляют собой требуемое множество Парето T . Методы решения этой комбинаторной задачи, представлены, например, в [1], и основаны на тех или иных способах перебора между элементами множества N . В данной работе предлагается алгоритм нахождения множества Парето, основанный на разбиении пространства предпочтений на двухкритериальные подпространства, построении на них в режиме параллельных вычислений паретовских слоев. Упорядоченность элементов множества Парето в двухкритериальных подпространствах [2] позволяет в значительной мере исключить при его формировании алгоритмы перебора элементов начального множества N . В работе показано, что все элементы отдельных паретовских множеств P_i , полученных на каждом из двухкритериальных подпространств входят в требуемое множество T . Сформулированы условия, при выполнении которых объединение всех элементов множеств P_i будет представлять собой множество T . Предложен итерационный алгоритм для его построения. Показано, что при выполнении определенных условий происходит сокращение числа критериев заданного n -мерного критериального пространства по которым требуется проводить сравнения между элементами из множества N . Следовательно, предложенный алгоритм может существенно сократить объем требуемых операций для решения рассматриваемой оптимизационной задачи.

Литература

1. Дубов Ю.А. Травкин С.И. Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. 296 с.// М. Наука. 1986.
2. Kung H.F., Preparata F. P. On Finding the Maxima of a set of Vectors // Journal of the Association for Computing Machinery. – 1975. – Vol. 22. – P. 469-476.

Естественно-научные дисциплины

Организационное обучение в рамках построения системы управления знаниями

Воронова Н.П.¹, Макарова А.Н.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный экономический университет

Особое место в теории организационного развития занимает концепция организационного обучения. Организационное обучение - приспособление той или иной организации к изменяющимся условиям и проблемным ситуациям окружающей среды посредством получения и переработки информации, необходимой для выработки и принятия оптимальных решений. Организационное обучение вносит вклад в развитие возможностей фирмы на основе ее ресурсов.

Организационное обучение – это важнейший элемент процесса внедрения управления знаниями (таблица 1).

Таблица 1 - Процессы управления знаниями.

	Сторона спроса управления знаниями	Сторона предложения управления знаниями
Социальные параметры (люди и процессы)	<ul style="list-style-type: none"> - Индивидуальное обучение; - Групповое обучение; - Инновации и управление коммуникациями; - Обучающие сообщества; - Обмен идеями в онлайн; - Управление планированием. 	<ul style="list-style-type: none"> - Учебные программы; - Сообщества практиков ; - Мероприятия по культуре управления знаниями; - Управление операциями.
Технологические параметры	<ul style="list-style-type: none"> - Порталы знаний; - Инструменты для управления инновациями; - ПО для групповой работы: 1) приложения для совместной работы; 2) инструменты для виртуальных учебных групп 3) электронная почта-mail - списки рассылок и дискуссии. 	<ul style="list-style-type: none"> - Информационные порталы ; - Интранет; - Управление информацией; - Управление производством продукта; - Управление контентом; - Визуализация.

Теории обучения и управления знаниями дополняют друг друга, позволяя людям стать более гибкими и более адаптированными к изменениям в окружающей среде, позволяя им получить богатый и значимый опыт, совместно с другими экспертами обеспечивать передачу скрытого знания.

Консервант зеленых кормов на основе продуктов переработки торфа

Наумова Г.В., Козинец А.И.*, Макарова Н.Л., Жмакова Н.А.,
Овчинникова Т.Ф.

Институт природопользования НАН Беларуси

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»

Ежегодно в Республике Беларусь заготавливается на силос с использованием консервантов около 20 млн. т зеленых кормов. В нашей стране практически отсутствует производство консервантов зеленых кормов, а производимые микробиологические препараты неустойчивы при хранении и их применение связано со значительными потерями питательных веществ в силосуемой массе. Химические консерванты дорогостоящи и являются предметом импорта.

В Институте природопользования разработана технология получения консерванта-обогапителя зеленых кормов «Консил+» на основе продуктов окисления торфа. Установлены дозы введения в его состав минеральных добавок, которые не только обогащают силос макро- и микроэлементами, необходимыми животным, но одновременно усиливают консервирующие свойства препарата. Исследование химического состава консерванта показало, что его основным биологически активным компонентом являются гуминовые вещества, содержание которых составляет порядка 50 % от органической массы. Выявлено также наличие других биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными и антисептическими свойствам – низкомолекулярных карбоновых и фенолкарбоновых кислот.

Разработана нормативно-техническая документация для производства консерванта, выпущены его крупные опытные партии.

РУП НПЦ НАН Беларуси по животноводству проведены научно-хозяйственный и производственный опыты по хранению зеленых кормов в с новым консервантом «Консил+» в ОАО «Александрия-Агро» Каменецкого района Брестской области. Установлено, что его использование позволяет повысить сохранность питательных веществ в готовом корме: сырого протеина – на 5,7 %, сырого жира – на 0,2 %, сахара – на 1,4 %, крахмала – на 0,8 %. Скармливание силоса, содержащего биологически активные соединения торфа и минеральные добавки, молодняку крупного рогатого скота позволяет повысить переваримость сухого и органического веществ на 1,7 и 1,5 п.п., протеина, жира, клетчатки соответственно на 1,7, 2,7, 0,9 п.п. и БЭВ - на 1,2 п.п. и обеспечивает повышение среднесуточных приростов живой массы животных на 3,9–5,8 %, а также снижение затрат кормов на 3,2 % по сравнению с контрольными животными.

Сравнительная оценка угара металла при одно- и двухступенчатом режимах работы печи

Воронова Н.П., Грибкова С.М.

Белорусский национальный технический университет

Осуществить двухступенчатый режим нагрева с целью получения минимального окалинообразования при той же производительности печи позволяет автоматическое регулирование работы печи.

Используя значения суммарного коэффициента теплоотдачи в зависимости от температуры для печи РКП при нагреве образцов из стали марки 20, можно предложить применение двухступенчатого режима нагрева. Время нагрева при этом режиме рассматривалось для системы АГП, которыми оборудованы печи РКП, как сумма времени протекания I этапа (безокислительный нагрев с коэффициентом, учитывающим наличие окалинообразование $\beta=1$) и II этапа ($\beta=0,83$).

Для сравнительной оценки угара металла рассматривался одноступенчатый режим при температуре печи 1250°C с коэффициентом расхода воздуха $n=1,05$ и двухступенчатый, когда в начальной стадии температуры печи составляла 1300°C , а во второй – снижалась до 1225°C с коэффициентами расхода воздуха соответственно $n_1=1$ и $n_2=0,6$.

Результаты опытов приведены в таблице 1. Оценка угара металла

Номер образца	Вес до нагрева	Вес после нагрева	Процент угара	Поверхностный угар ($\text{г}/\text{см}^2$)
Режим 1				
1	73,33	71,3	2,78	0,009
2	73,85	71,5	3,17	0,078
3	76,68	73,9	3,63	0,012
Средний угар 3,19				
Режим 2				
1	75,56	73,9	2,21	0,074
2	76,47	74,3	2,09	0,053
3	76,61	74,8	2,38	0,079
Средний угар 2,22				

При сохранении продолжительности нагрева угар образцов во втором режиме уменьшился на 0,97, следовательно, предложенный двухступенчатый режим предпочтительней, так как при сохранении производительности печи угар уменьшается на 1%, соответственно сокращается расход топлива в связи с сокращением потерь с уходящими газами в окружающую среду.

**Аспекты позиционирования образовательных услуг в сфере
довузовской подготовки**

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

Целью довузовской подготовки является формирование у обучаемых профессиональных интересов, обеспечение притока в вуз целеустремленных (мотивированных) абитуриентов, оказания дополнительных образовательных услуг по подготовке заказчика (слушателя) к поступлению в высшие учебные заведения.

Очевидно, что позиционирование образовательных услуг на рынке отличается от других спецификой характерной для сферы образования в целом. В современных условиях без учета особенностей данных услуг и активного использования современных маркетинговых инструментов учреждению образования практически невозможно победить в конкурентной борьбе и занять свою нишу на рынке. Поэтому необходимо правильно спланировать целостную систему в виде комбинации интегрированных маркетинговых технологий продвижения: реклама, связи с общественностью (установление контакта с потенциальным потребителем, формирование благоприятного общественного мнения, привлечения и удерживания внимания), совершенствование имиджа предоставляемых услуг, специальные события, выставочная деятельность, электронные корпоративные коммуникации, прямой маркетинг (например, директ-мейл), брендинг, неформальные коммуникации и др. Немаловажным аспектом является также выработка стратегии ценообразования с учетом уникальности вида услуг, спроса на данную услугу и имеющую место конкуренцию в данной сфере.

По мнению автора, для повышения эффективности довузовской подготовки имеет смысл организовать специальную структуру (маркетинговую подсистему), функциями которой будут изучение образовательных и профессиональных потребностей потенциальных обучаемых, проведение исследований по проблемам профориентационной политики вуза с использованием элементов комплексного маркетинга, что будет способствовать успешному позиционированию вуза в целом и расширению спектра образовательных услуг. Таким образом, процесс позиционирования образовательных услуг довузовской подготовки должен опираться на инновационные технологии, в основе которых лежат инструменты маркетинга, что будет способствовать решению ряда существующих проблем и в достаточной степени удовлетворит потребителя.

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

Для Республики Беларуси обеспечение энергетической безопасности рассматривается как фактор устойчивого развития. В этой связи перед отраслями экономики поставлена задача снижения энергоемкости внутреннего валового продукта (ВВП) до 60% к 2020г. относительно уровня 2005г.

Известно, что развитие технологий рециклинга отходов способствует снижению энергоемкости выпускаемой продукции. Для развитых стран реальные резервы в этой области составляют 30 %, из них вклад процессов переработки отходов в ВВП - примерно 5-8%.

Отходы образуются в процессе добычи, переработки и материально-энергетического использования природных ресурсов, на стадии производства и использования конечной продукции. При этом часть продуктов, попадает в категорию отходов уже после разового применения (например, луженая консервная, алюминиевая, стеклянная тара, полимерная упаковка и т.п.). В частности, рециклинг полимерных отходов (материалов) относят к передовым технологиям, они включают пиролиз, гликолиз, гидролиз, метанолиз и др. Накопленный опыт показывает, что внедрение технологий рециклинга позволяет решить проблему рационального использования первичных сырьевых ресурсов, снижения энергоемкости ВВП, а также экологизации производств.

Исследования специалистов свидетельствуют о том, что за счет рационального обращения с отходами можно обеспечить прирост внутреннего валового дохода примерно на 15% и в тоже время повысить энергетическую и экологическую безопасность страны.

Исходя из международного опыта, для производства продукции из полимерных материалов при совместном использовании первичного и вторичного сырья следует применять особые технологии: соэкструзия, экструзия и литье под давлением вспененных полимерных материалов, экструзия и литье под давлением «смешанных» пластмасс, многокомпонентное литье под давлением.

Очевидно, что развитие технологий переработки и направлений использования вторичных материальных ресурсов требует действия соответствующих нормативных актов, например, об обязательном содержании вторичного продукта или закупок изделий из восстановленных материалов.

Оптимизационные задачи на централизованном тестировании

Ревтович В.Н., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

В курсе школьной математики задачам на экстремум уделяется недостаточное внимание и, встречаясь на экзамене с оптимизационной задачей, абитуриенты не знают, как к ней подступиться. Однако для решения экстремальных задач в элементарной математике имеется целый набор приемов решения. Например, метод перебора при заданных ограничениях, применение теорем о средних, нахождение множества значений функции и другие.

Задача. Железная дорога за простой вагонов под разгрузкой в первый день берет 300 у.е., а в каждый последующий день на 200 у.е. больше, чем в предыдущий. Бригада грузчиков должна разгрузить вагоны за 10 дней. Если она разгрузит вагоны раньше срока, то получит премию 1600 у.е. за каждый сэкономленный день.

Указать срок разгрузки, при котором будут минимальны затраты предприятия по оплате простоя вагонов и выплате премии.

Решение. Решим задачу методом нахождения множества значений функции. Пусть n - количество дней разгрузки. Тогда затраты на простой вагонов есть сумма n членов арифметической прогрессии, у которой $a_1 = 400$, $d = 300$, то есть $S_n = \frac{2 \cdot 400 + 300(n-1)}{2} \cdot n$, а затраты на премию грузчикам составят $2350(10-n)$.

Составим функцию затрат предприятия

$$f(n) = S_n + 2350(10-n) = 150n^2 - 2100n + 23500.$$

Наименьшее значение квадратичная функция примет в точке

$$n_0 = \frac{2100}{2 \cdot 150} = 7.$$

Ответ: 7 дней.

Рассмотренный пример является лишь небольшой частью огромного класса задач на оптимизацию, где демонстрируется взаимодействие методов элементарной математики.

Особенности в постановке и решении функциональных уравнений

Чернявская С.В., Ревтович В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Функциональное уравнение - это уравнение, выражающее связь между значением функции в одной точке с ее значениями в других точках. *Решить функциональное уравнение* - значит найти неизвестную функцию (или функции), тождественно удовлетворяющих исходному уравнению или доказать, что таких функций не существует. При постановке задачи необходимо оговаривать, на каком множестве задается функциональное уравнение и в каком классе функций ищется решение, поскольку количество и поведение решений зависят от этих двух условий.

Часто решение основано на придании переменной конкретного значения и получении на основе этого нового, более простого равенства.

Пример.

Найти все функции $f(x)$, определенные на множестве действительных чисел и принимающие действительные значения, для которых выполнено соотношение $f(x + f(xy)) = xf(1 + f(y))$ для всех $x, y \in \mathbf{R}$.

Решение.

Обозначим через b значение функции в точке ноль, $b = f(0)$.

Положим $y = 0$ в исходном уравнении, получим $f(x + b) = xf(1 + b)$ для любого $x \in \mathbf{R}$. Теперь заменим в этом равенстве x на $x - b$, получим $f(x) = (x - b)f(1 + b)$. Обозначим $f(1 + b) = a$, тогда последнее равенство примет вид $f(x) = a(x - b)$. Подставив это выражение в исходное уравнение, получим $a(x + a(xy - b) - b) = xa(1 + a(y - b) - b)$. Учитывая, что данное равенство выполняется при любых значениях переменных, в том числе и при $x = 0$, получим $a^2b + ab = 0$. Отсюда следует, что $b = 0$, или $a = 0$, или $a + 1 = 0$. Поэтому будем иметь соответственно следующие функциональные выражения: $f(x) = ax$, или $f(x) = 0$, или $f(x) = b - x$.

Вообще, для функциональных уравнений существует очень мало общих методов решений, что объясняется большим разнообразием и трудностями, возникающими в процессе решения таких уравнений.

Не ставя перед собой цели описать максимально большое количество различных типов и методов решений таких уравнений, мы рассмотрели только те из них, которые достаточно легко могут быть освоены учащимися, поэтому данный материал будет полезен на факультативных занятиях по подготовке школьников к олимпиадам и экзаменам.

УДК 51 (07.07)

Частные случаи при решении отдельных видов дробно-рациональных уравнений

Кленовская И.С., Коваленок Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Дробно рациональное уравнение можно представить в виде $\frac{P(x)}{Q(x)} = 0$,

где $P(x)$ и $Q(x)$ - многочлены.

Уравнению $\frac{P(x)}{Q(x)} = 0$ удовлетворяют те и только те значения x , при

которых $P(x) = 0$ и $Q(x) \neq 0$.

При решении некоторых уравнений для упрощения решения удобно использовать метод выделения целой части.

Пример.

Решить уравнение: $\frac{x^2 + 2x + 2}{x + 1} + \frac{x^2 + 8x + 20}{x + 4} = \frac{x^2 + 4x + 6}{x + 2} + \frac{x^2 + 6x + 12}{x + 3}$.

Выделим в числителе каждой дроби полный квадрат двучлена

$$\frac{(x+1)^2 + 1}{x+1} + \frac{(x+4)^2 + 4}{x+4} = \frac{(x+2)^2 + 2}{x+2} + \frac{(x+3)^2 + 3}{x+3}$$

Разделим и получим $x + 1 + \frac{1}{x+1} + x + 4 + \frac{4}{x+4} = x + 2 + \frac{2}{x+2} + x + 3 + \frac{3}{x+3}$

Упростим $\frac{1}{x+1} + \frac{4}{x+4} = \frac{2}{x+2} + \frac{3}{x+3}$, $\frac{1}{x+1} - \frac{2}{x+2} = \frac{3}{x+3} - \frac{4}{x+4}$,

$$\frac{x+1-2x-2}{(x+1)(x+2)} = \frac{3x+12-4x-12}{(x+3)(x+4)}, \text{ имеем } \frac{x}{x^2+3x+2} = \frac{x}{x^2+7x+12}.$$

Отсюда следует $\begin{cases} x(x^2 + 7x + 12) = x(x^2 + 3x + 2) \\ x \neq -1, x \neq -2, x \neq -3, x \neq -4. \end{cases}$

Получим $x(4x + 10) = 0$.

Следовательно, $x = 0$, $x = 2,5$.

Ответ: $x = 0$, $x = 2,5$.

Критерий разрешимости циркулем и линейкой конструктивных задач

Ковалёнок Н.В., Пинчукова С.П.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что всякий отрезок может быть построен циркулем и линейкой, если он выражается положительной функцией от длин данных отрезков через конечное число основных операций (сложение, вычитание, умножение, деление и извлечение квадратичного корня). Т.е., конструктивная задача решается циркулем и линейкой, если длина некоторого искомого отрезка выражается только рациональными операциями и операцией извлечения квадратного корня, иными словами, если число, выражающее длину этого отрезка, является корнем некоторого многочлена с рациональными коэффициентами.

Основой для исследования некоторых классических конструктивных задач служит следующая теорема: если какой-либо корень приведенного кубического уравнения с рациональными коэффициентами может быть построен посредством циркуля и линейки, то он рационален.

Задача №1. Зная ребро данного куба, построить ребро такого куба, объем которого был бы в пять раз больше объема данного куба.

Решение. Пусть ребро искомого куба x . Получим уравнение $x^3 = 5a^3$. Принимая длину ребра данного куба за единицу, получим $x^3 - 5 = 0$ (*)

Если это уравнение имеет рациональные корни, то они являются делителями свободного члена. Делителями числа 5 служат числа 1, -1, 5 и -5. Но ни одно из них не удовлетворяет данному уравнению. Значит, уравнение (*) рациональных корней не имеет, и, следовательно, на основании сформулированной выше теоремы, задача (1) не может быть решена циркулем и линейкой.

Задача №2. Построить квадрат, равновеликий данному кругу.

Решение. Пусть x – сторона искомого квадрата, а R – радиус данного круга. Значит, $x^2 = \pi R^2$, или $x = R\sqrt{\pi}$.

Отрезок x построить циркулем и линейкой нельзя согласно критерию построения отрезка с помощью циркуля и линейки, так как число π (отсюда и $\sqrt{\pi}$) не является рациональными.

Значит, задача(2) неразрешима с помощью циркуля и линейки.

Применение элементов исследования при решении нестандартных тригонометрических уравнений

Кленовская И.С., Юрковец Л.В
Белорусский национальный технический университет

Очень часто при решении некоторых видов тригонометрических уравнений мы приходим к решению системы или совокупности систем, содержащих как уравнения, так и неравенства.

Говорят, что уравнение равносильно системе, если множество всех решений уравнения совпадает с множеством всех решений системы.

Пример. Решить уравнение: $\sin^2 2x + \sin^2 4x + \sin^2 6x = 0$.

Решение данного уравнения равносильно системе

$$\begin{cases} \sin 2x = 0, \\ \sin 4x = 0, \\ \sin 6x = 0. \end{cases} \text{ Следовательно, } \begin{cases} x = \frac{\pi}{2}n, n \in Z, \\ x = \frac{\pi}{4}k, k \in Z, \\ x = \frac{\pi}{6}l, l \in Z. \end{cases} \quad (1)$$

Если все решения данной системы отметить на единичной окружности, то можно заметить, что совпадение наступает в точках $0; \frac{\pi}{2}; \pi; \frac{3\pi}{2}$.

Ответ: $x = \frac{\pi}{2}n, n \in Z$

Уравнение равносильно совокупности нескольких систем, если любое решение уравнения является решением хотя бы одной из этих систем, а любое решение каждой из систем является решением уравнения.

Пример. Решить уравнение: $(\sin x - 1)(\operatorname{tg} x - 1) = 0$

Решение. Данное уравнение равносильно совокупности систем

$$\begin{cases} \sin x - 1 = 0, \\ x \neq \frac{\pi}{2} + \pi k, k \in Z \end{cases} \quad (1) \quad \text{и} \quad \begin{cases} \operatorname{tg} x - 1 = 0, \\ x \in R. \end{cases} \quad (2)$$

Уравнение системы (1) имеет решения $x_n = \frac{\pi}{2} + 2\pi n, n \in Z$, но ни одно из полученных x_n не удовлетворяет второму условию этой системы.

Уравнение системы (2) имеет серию решений $x_k = \frac{\pi}{4} + \pi k, k \in Z$, каждое из которых удовлетворяет второму условию системы. Следовательно, только числа x_k являются решениями совокупности систем (1) и (2), а значит, и равносильного ей уравнения.

Ответ: $\frac{\pi}{4} + \pi k, k \in Z$.

Малашонок В.А., Горбачевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

Законы сохранения - фундаментальные физические законы, согласно которым при определенных условиях некоторые физические величины не изменяются с течением времени. Общность и универсальность законов сохранения определяют их большое научное, методологическое и философское значение. Они являются основой важнейших расчетов физике и ее технических приложениях, позволяют в ряде случаев предсказывать эффекты и явления при исследовании разнообразных физико-химических систем и процессов.

При подготовке абитуриентов к испытаниям по централизованному тестированию (ЦТ) необходимо владение знаниями и навыками, выходящими иногда за рамки базовой школьной программы по физике.

Такая ситуация возникает при решении задач из различных разделов физики, содержание которых, на первый взгляд, не связано с механическими законами сохранения импульса и энергии. Особенно это становится актуальным, когда задача является составной, то есть представляет из себя совокупность более простых задач, относящихся к различным разделам.

Пример. При распаде нейтральной движущейся частицы образовались два фотона, которые двигаются под углами $\alpha_1=30^\circ$ и $\alpha_2=60^\circ$ к первоначальному направлению движения частицы. Определите скорость движения частицы в единицах c (c – скорость света в вакууме).

Решение. Записываем закон сохранения импульса в проекциях на оси x и y и закон сохранения энергии с учетом того, что частица является релятивистской

$$\begin{aligned} \text{ЗСИ. } \quad \text{оx: } \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} &= \frac{h\nu_1}{c} \cos \alpha_1 + \frac{h\nu_2}{c} \cos \alpha_2, \\ \text{оy: } 0 &= \frac{h\nu_1}{c} \sin \alpha_1 - \frac{h\nu_2}{c} \sin \alpha_2, \\ \text{ЗСЭ. } \quad \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} &= h\nu_1 + h\nu_2. \end{aligned}$$

Из второго уравнения следует соотношение частот фотонов

$$\nu_1 = \sqrt{3}\nu_2.$$

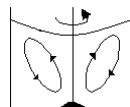
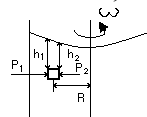
Решая систему уравнений, получаем $v = \frac{2}{\sqrt{3+1}}c$.

Наблюдение физических явлений и формирование мировоззрения учащихся

Горбачевич С.А., Малашенок В.А.

Белорусский национальный технический университет

Я.А. Коменский в «Великой дидактике» писал: «Чем более знание опирается на ощущение, тем оно достовернее. Поэтому, если мы желаем учащимся привить истинное и прочное знание вещей, вообще нужно обучать всему через личное наблюдение и чувственное доказательство». Этот факт доказан деятельностью педагогов в различные исторические эпохи и является актуальным и в современных условиях. Многие природные явления можно смоделировать, что позволит более тонко понять суть происходящего. В качестве примера рассмотрим вопрос, связанный с меандрами рек. Изгибы русла реки, океанского течения, ручья называют меандрами. Подобные явления пронаблюдаем, используя стакан с чаем. Мысленно выделим в воде, вращающийся с угловой скоростью ω , малый объем массой m на расстоянии R от оси вращения. Центробежное ускорение $\omega^2 R$ рассматриваемого объема создается силой $(P_1 - P_2)S$, где S – площадь грани кубика, P_1 и P_2 – давления на противоположные боковые грани. Величина давления $P_1 - P_2$ определяется разностью глубины h_1 и h_2 от центра грани кубика до поверхности воды. С другой стороны $P_1 - P_2 = \rho g(h_1 - h_2)$, где ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения. Учитывая, что $m\omega^2 R = (P_1 - P_2)S$, получим $m\omega^2 R = \rho g S(h_1 - h_2)$. Из этого уравнения видно, что при $h_1 = h_2$ угловая скорость равна нулю (m и R постоянные величины). Следовательно, движение выделенного объема в стакане было бы невозможным без искривления поверхности воды. Одновременно с движением вокруг оси вращения чаинки перемещаются в вертикальной плоскости. Это движение связано с трением воды о стенки и дно стакана. Причем, чем ближе к дну, тем трение сильнее тормозит движение чаинок, тем меньше их скорость. Однако разность сил бокового давления одна и та же и она не может обеспечить одинаковое центробежное ускорение по всей глубине. Средняя чаинка будет двигаться по окружности, верхняя – будет отбрасываться от оси вращения, а нижняя – будет устремляться к оси вращения. В результате возникает циркуляция воды в вертикальной плоскости, которая и приводит к тому, что чаинки собираются в центре дна. Подобная картина наблюдается и при движении воды в реке (ручье) на поворотах.



Анализ различных методов расчета цепей постоянного тока

Золотарева Л.Е., Жарихина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Законы Кирхгофа по расчету цепей постоянного тока в средней школе изучаются на факультативах. Сущность метода состоит в составлении системы уравнений цепи по первому и второму законам Кирхгофа и решении системы относительно неизвестных токов ветвей. При изучении этих законов школьники знакомятся с первым и вторым законами Кирхгофа.

Для первого закона Кирхгофа их внимание заостряется на таких понятиях как узел, входящие и исходящие из узла токи. Для второго закона Кирхгофа школьники учатся определять количество независимых контуров, правила обхода и знаков ЭДС, включенных в контур. Для нахождения всех токов решают полученную алгебраическую систему уравнений методом подстановки или методом сложения. В высшей школе для решения полученной системы уравнений используются другие методы. Самым простым является метод Гаусса, который можно считать для простых цепей аналогом метода сложения. Более сложные электрические цепи рассчитываются по правилам Крамера, когда для i -той искомой величины тока следует составить два определителя: определитель, полученный из определителя системы заменой i -го столбца столбцом из свободных членов, и определитель самой системы уравнений. Частное от деления этих определителей позволит найти величину искомого тока. Достоинство методов расчета цепей постоянного тока по правилам Кирхгофа: сразу рассчитываются физически существующие токи ветвей. Недостаток: громоздкость вычислений при большом числе уравнений..

Сложные электрические цепи постоянного тока в своем большинстве рассчитываются методом контурных токов, предложенным Максвеллом. Сущность метода заключается в определении токов в ветвях посредством предварительного определения контурных токов электрической цепи из системы уравнений для контурных токов. Система уравнений для расчета контурных токов является следствием уравнений Кирхгофа. Однако количество уравнений в этом методе значительно меньше. С учетом введенных понятий ее составление и решение гораздо проще и практически не допускает ошибок при вычислениях.

Таким образом, каждый из приведенных методов расчета цепей постоянного тока обладает достоинствами и недостатками, что позволяет учащимся выбирать метод расчета исходя из поставленной задачи.

**Анализ использования графика линейной зависимости
при решении физических задач**

Золотарева Л.Е., Жарихина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Использование графика линейной зависимости физической величины от времени, в первую очередь, ассоциируется у учащихся с разделом "Кинематика". Так для равномерного прямолинейного движения график зависимости координаты движущегося тела от времени позволяет найти скорость движения тела как тангенс угла наклона прямой. При равноускоренном движении аналогично находится ускорение из графика зависимости скорости от времени. По такой же аналогии определяется мгновенная скорость (скорость в данный момент времени в данной точке траектории) при равноускоренном движении из графика зависимости координаты от времени. Кроме того, из графика зависимости скорости от времени легко найти путь, пройденный телом за заданный промежуток времени, и перемещение (либо проекцию перемещения) как площадь фигур, ограниченных графиком и осью времени.

При переходе к изучению других разделов физики ученикам бывает сложно использовать эти навыки при работе с другими физическими величинами. Хотя в динамике работа переменной силы (упругая сила в законе Гука) может быть легко определена по графику зависимости силы от деформации по аналогии с нахождением пути и перемещения в механике, а коэффициент жесткости пружины может быть определен через тангенс угла наклона прямой. В разделе «Постоянный ток» аналогичным образом может быть обработана связь силы тока с зарядом, прошедшим через поперечное сечение проводника за заданный промежуток времени. По графику зависимости величины заряда от времени его прохождения по тангенсу угла наклона прямой определяется величина силы тока, соответствующая данному заряду. А по графику зависимости силы тока от времени его прохождения можно определить переносимый заряд (нахождение пути и перемещения при равноускоренном движении). Можно упомянуть и вольт-амперную характеристику проводника, которая позволяет найти величину, обратную сопротивлению по тангенсу угла наклона. Линейная зависимость от времени для любой физической величины позволяет легко найти скорость ее изменения через тангенс угла наклона, чем пользуются при нахождении электродвижущей силы индукции и самоиндукции в разделе «Магнетизм». Понимание общих закономерностей значительно облегчает решение многих физических задач.

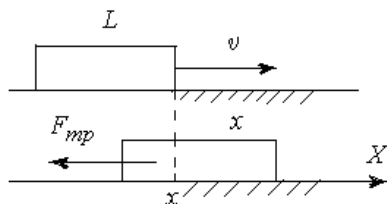
Научный подход к выбору методов решения задач в свете универсальности законов гармонических колебаний

Драпезо Л.И., Погудо Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Согласно законам гармонических колебаний вторая производная функции прямо пропорциональна самой функции, т.е. если $y = f(x)$, то $y'' \sim af(x)$, a – коэффициент пропорциональности. Из курса физики известно, что ускорение является второй производной координаты по времени $a = x''(t)$. Следовательно, если в процессе решения задачи получилось, что ускорение прямо пропорционально координате x , то данное движение является гармоническим колебанием. В качестве примера покажем решение одной из задач.

Задача. Стержень длиной $L = 5$ см, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, наезжает на шероховатый участок и останавливается, захватив на него часть своей длины. Какое время t (в мс) длилось торможение, если коэффициент трения между стержнем и поверхностью $\mu = 0,5$? $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\pi = 3,14$.



Решение. Как только стержень начнет двигаться по шероховатой поверхности, на него будет действовать сила трения.

Уравнение динамики: $ma = -F_{тр}$. $F_{тр} = \mu \Delta m g$, где $\Delta m = \frac{m}{L}x$ – масса

стержня, наехавшего на шероховатую поверхность. Тогда $ma = -\mu \frac{mg}{L}x$.

Т.к. $a \sim x \Rightarrow$ движение стержня по поверхности осуществлялось по гармоническому закону.

$\mu \frac{g}{L} = \omega^2$ – постоянная величина для данной системы.

$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{L}}$ – циклическая частота. Период колебания такой системы равен

$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{\mu g}}$. Тогда искомое время $t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{\mu g}} = 0,157 \text{ с} = 157 \text{ мс}$. Этот

метод является самым оптимальным при решении подобного типа задач.

**О предпосылках модернизации системы высшего
технического образования**

Канашевич Т.Н., Шумская М.О.

Белорусский национальный технический университет

Социально-экономическое развитие современной Беларуси определило новые требования к подготовке специалистов различного профиля, что ориентирует систему профессионального образования на оптимизацию соответствующих процессов и их адекватность мировым стандартам в области качества.

В условиях стремительного развития и модернизации производственной сферы и пакета используемых в ней технологий владение определённым набором профессиональных знаний, умений и навыков не является достаточным условием востребованности и конкурентоспособности выпускника учреждения высшего образования в ближайшей и дальней перспективе. Поэтому возрастает необходимость в подготовке специалистов технического профиля, способных самостоятельно оценивать быстро изменяющиеся внешние условия и оперативно принимать ответственные профессиональные решения.

В создавшихся условиях необходима переориентация оценки образовательного результата в системе высшего образования с категорий «знания–умения–навыки» на «компетенции–компетентность», что, в свою очередь, повышает значимость компетентностного подхода.

Однако, существует ряд проблем, требующих решения:

- несоответствие результатов подготовки выпускников учреждений высшего образования современным требованиям, предъявляемым рынком труда, работодателями и профессиональными сообществами;
- недостаточная способность традиционно-ориентированной системы профессионального образования к подготовке конкурентоспособных специалистов для производства и научной сферы в условиях интенсивного информационного и научно-технического прогресса;
- неразработанность методологической и методической базы системы высшего технического образования к оцениванию компетентностно-ориентированных результатов образовательной деятельности.

Решение выявленных проблем будет способствовать модернизации системы высшего технического образования Республики Беларусь с учетом современных и перспективных требований производства, направлений и темпов его развития.

О преемственности в развитии проектно-исследовательских компетенций обучающихся по архитектурному профилю

Канашевич Т.Н., Синькевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Практическая реализация идеи развития как центрального компонента творчества в педагогическом процессе требует решения проблемы преемственности ступеней общего среднего и профессионального образования. Применительно к системе развивающего образования условия такой преемственности не могут быть созданы в узких рамках тех или иных мероприятий таких как организация дополнительных занятий по профильным предметам в старших классах. Преемственность также не может задаваться как формальная связь на основе сетевой организации образовательных учреждений, в которых осуществляется обучение по архитектурному профилю. Преемственность в гармоническом развитии личности обучающихся при переходе от общего среднего к профессиональному образованию обеспечивается в процессе формирования специальных компетенций, создающих предпосылки для дальнейшего развития учебно-профессиональной проектной деятельности. Практическая реализация такой преемственности предполагает проведение качественного анализа условий формирования исследовательских компетенций на основе проектных. К этим условиям относятся: проявление надситуативной активности; наличие познавательных мотивов, системы необходимых условий ориентировочной деятельности; развертывание процессов творческого мышления; построение многомерного образа мира; включенность в другие виды деятельности, направленные на расширенное воспроизводство ее ориентировочно-смысловой основы и развитие целостной проектно-исследовательской деятельности; взаимное проникновение складывающихся отношений к миру предметов и к миру людей. Такие условия могут быть созданы только на основе комплексного научно-методического обеспечения целостного педагогического процесса.

Для обеспечения преемственности в развитии проектно-исследовательских компетенций обучающихся по архитектурному профилю целесообразно применять программно-методический комплекс, включающий нормативные документы, планы занятий, методические рекомендации, электронные презентации, словарь терминов, справочный материал, динамические модели выполнения заданий, видеуроки, циклы упражнения, диагностические материалы, сравнительный анализ с определением динамики и уровня развития компетенций обучающихся.

**Актуальность создания и использования электронных ресурсов
в профориентационной работе с абитуриентами**

Чадович Е.Л., Леонтьева Т.Г.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня простое информирование абитуриента средствами Интернета о наличии и возможности учебных заведений является недостаточно эффективным из-за обилия таких ресурсов, их однообразия и сходства предложений.

Внедрение информационных технологий в систему профориентации является одним из самых перспективных способов решения возложенных на нее задач, который обеспечивает обоснованный профессиональный выбор. Переход к компьютеризации управления процессами профессиональной ориентации является сравнительно недорогим, экономичным и перспективным способом.

Изучение современного состояния профессионального консультирования молодежи подтверждает актуальность создания электронных продуктов для профориентационной работы, т.к. процесс профессионального консультирования предполагает планомерную и кропотливую работу по выбору будущей профессии.

Сегодня наблюдается некоторое несоответствие между потребностями пользователей рынка профессий и образовательных услуг и предложениями известных систем поиска профессий.

С одной стороны, пользователи требуют более точных и конкретных сведений относительно выбора профессии и места обучения, учитывающих не только возможности учебного заведения, но и субъективные факторы соискателя-мотивацию, склонность к определенному виду деятельности, уровень подготовки и тому подобное. С другой – большинство информационных интернет-ресурсов позволяют только получать сведения о предложениях учебных заведений, без учета обратной связи с тем, кто выбирает профессию.

Задача создания и внедрения методов и средств профессиональной ориентации на основе современных интеллектуальных информационных технологий является актуальным направлением работы.

Тесты, созданные средствами компьютерных программ, отличаются простотой и доступностью интерфейса программ позволяют приступить к тестированию учащихся, практически не знакомых с использованием компьютеров.

Профориентационная работа с абитуриентами – основа формирования будущей профессиональной реализации

Лыкова И.А., Бутрим А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Профессиональная ориентация является приоритетным направлением в формировании активной политики в сфере трудоустройства, целью которого является достижение продуктивной занятости населения.

Система помощи абитуриенту в выборе профессии, получении специальности и трудоустройстве позволяет наиболее полно согласовать интересы и возможности человека с потребностями общества.

В современном мире самых разнообразных профессий, когда требования к работникам быстро изменяются и многим из них много раз приходится решать проблему расширения и повышения своей профессиональной компетенции или перехода к новой сферы деятельности, профориентация является необходимым связующим звеном между человеком, системой профессиональной подготовки и работодателем. Поэтому проблема выбора профессии является одной из важнейших задач молодого человека, в частности выпускника учебного заведения.

Каждый выпускник сталкивается с проблемой выбора профессии и именно здесь необходимо очень внимательно отнестись к ее решению, важно не ошибиться и выбрать ту профессию, которая соответствовала как общественным, так и личным интересам, потребностям и возможностям самого старшеклассника.

Профориентационная помощь должна предусматривает достижения такого уровня развития личности старшеклассника, при котором становится возможным самостоятельный и осознанный выбор своего дальнейшего жизненного пути. В этих условиях возрастают требования к качеству профориентационной работы.

Необходимо раскрыть перед подростком весь спектр его стремлений и помочь ему соотнести свои желания со своими возможностями, организовать продуманное профориентационное психолого-педагогическое сопровождение, задача не из легких и решить ее без использования современных информационных технологий сложно.

Технологические параметры сырья, применяемого в изготовлении пористых строительных материалов

Лесун Б. В.

Белорусский национальный технический университет

Горно-химическая отрасль при комплексном использовании минеральных ресурсов обеспечит максимальное извлечение полезных компонентов, содержащихся в горно-химических рудах, утилизацию вмещающих пород и отходов производства для удовлетворения потребностей других отраслей народного хозяйства, а также пополнит минерально-сырьевую базу отрасли за счет попутного извлечения других полезных компонентов, улучшит свои технико-экономические показатели. В настоящее время интерес наблюдается к собственным природным ресурсам, где значительное место отводится торфяному фонду. Новые задачи требуют для своего решения системных обращений к торфяному фонду.

Торфяная отрасль ориентирована на развитие новых инновационных производств по «альтернативным направлениям использования торфа и продукции на его основе».

Эффективным вариантом использования торфа следует считать такой, который обеспечивает максимальную экономическую выгоду от использования потенциальной ценности полезного ископаемого при ограничении негативного воздействия на составляющие окружающей среды при этом использовании. Особую группу нетрадиционных видов минерального сырья составляют отходы, образующиеся при добыче и переработке полезных ископаемых. Их использование позволило бы одновременно решать сырьевую и экологическую задачи.

Аглопоритовый щебень, песок, керамические блоки, кирпичи относятся к искусственным пористым материалам, получаемыми в результате термической обработки шихт из алюмосиликатных материалов природного происхождения и отходов промышленности. Применяют их в качестве заполнителей при изготовлении теплоизоляционных и конструктивных строительных материалов, и бетонов, а также в качестве утепляющих засыпок.

Природные глинистые породы применяют в производстве аглопорита, хотя с экономической точки зрения для этой цели целесообразны отходы промышленности. Добавки выбирают с учётом наличия местных сырьевых ресурсов и характеристик основных компонентов шихты.

**Задача оптимизации экологических характеристик объекта
в многокритериальной постановке**

Лесун Б.В., Пацей Н.Е.

Белорусский национальный технический университет

Задача создания объектов с заданными или не худшими экологическими характеристиками является оптимизационной в случае рассмотрения нескольких его экологических характеристик, так как они могут конкурировать с другими характеристиками объекта, может существовать несколько вариантов создания объекта при котором его экологические характеристики будут удовлетворительными. Также важным является время, в течение которого были найдены варианты, и алгоритм выбора наиболее приемлемого - оптимального.

Авторами ставится задача поиска оптимального варианта создания объекта, при котором учитываются стоимости обслуживания объекта на различных жизненных циклах, влияние объекта на естественный фон окружающей среды, а также исследовать и учесть взаимодействие вновь создаваемого объекта на существующие объекты народного хозяйства. Задача сформулирована следующим образом. Найти такой набор расположений объектов в пределах множества мест, при котором сила воздействия на экологическую безопасность этих мест, а также экономические затраты на обеспечение всего фактического жизненного цикла этих объектов будут минимальными или не больше заданных значений. Пространство параметров представляется множества мест, в которых могут быть расположены объекты, а также множества проектов, по которым они могут быть реализованы.

Система критериальных ограничений может быть представлена в виде двух наборов ограничений:

- по каждому объекту в целом и для каждого этапа жизненного цикла, что позволит провести анализ по рассматриваемому объекту.

- для региона в целом (например, в отношении критериев воздействия на экологическую безопасность), что позволит оценивать влияние объекта на экологическую безопасность, а также учитывать взаимодействие объектов между собой.

Проанализировав поставленную задачу можно заключить что, эта задача оптимизационная, так как выбранные критерии являются конкурирующими и поиск решения сводится к задаче выбора оптимального варианта, также задача является многопараметрической, т.е. несколько параметров объекта влияют на окончательное решение.

Управление размерностью прикладных задачи при многокритериальной постановке

Пацей Н.Е.

Белорусский национальный технический университет

При построении математических моделей реальных объектов и систем вполне понятно стремление исследователя повысить адекватность модели, что в свою очередь может привести к увеличению размерности задачи, увеличению числа анализируемых параметров, усложнению связей между ними. Кроме того, при решении прикладных задач, как правило, оцениваются не один, а несколько критериев, которые в свою очередь могут быть конкурирующими, и становится очевидной необходимость многокритериальной постановки и дальнейшей оптимизации.

Однако в ряде задач целесообразным является не только анализ некоторого числа параметров, но и их влияние на оцениваемые критерии на различных этапах проектирования и жизненного цикла объекта. Такой подход был применен при проектировании сетей передачи данных, используемых, например, при создании автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии и других ресурсов. Для этого объекта процесс проектирования был разделен на этапы, и в пределах каждого осуществлялся поиск оптимального решения. При этом решение предыдущего этапа выступает в роли исходных данных для следующего этапа, таким образом была сохранена связь параметров объектов и их влияние на конечный результат. В результате стало возможным уменьшение размерности задачи на каждом этапе проектирования, а также возможность использования разных методов поиска оптимального решения для каждого этапа.

Такой же подход применим и для решения некоторых экологических задач, например задачи исследование воздействия антропогенных факторов на экологическую безопасность региона или задачи исследования влияния создаваемых объектов на экологическую безопасность региона. Целесообразность многокритериального подхода к моделированию с определением различных жизненных циклов объекта можно показать на примере критерия экологического влияния объекта на естественных фон окружающей среды: рассмотрение этого критерия для этапа проектирования, строительства, эксплуатации и утилизации поможет определить угрозу для естественного фона окружающей среды на отдельном этапе, при том что суммарное влияние при рассмотрении всего жизненного цикла может быть сглажено другими этапами.

**Методы математического
моделирования
в научных и прикладных
исследованиях**

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

В качестве основного объекта рассматривается операторное уравнение

$$Az = u,$$

где A – линейный оператор, действующий из гильбертова пространства Z в гильбертово пространство U . Требуется найти решение операторного уравнения z , соответствующее правой части уравнения u .

Такое уравнение является типичной математической моделью для многих физических, так называемых обратных задач, если предполагать, что искомые физические характеристики z не могут быть непосредственно измерены, а в результате эксперимента могут быть получены только данные u , связанные с z посредством оператора A .

Французским математиком Ж. Адамаром были сформулированы условия корректности постановки задач, где говорится, что существует обратный оператор A^{-1} , область значений которого совпадает с U . Причем оператор A^{-1} должен быть непрерывным, т.е. «малым» изменениям правой части u соответствуют «малые» изменения решения z . Более того Ж. Адамар считал, что только корректные задачи должны рассматриваться при решении практических задач.

Однако хорошо известны примеры некорректно поставленных по Ж.Адамару задач, к изучению и решению которых приходится прибегать при рассмотрении многочисленных прикладных задач. Нужно отметить, что устойчивость и неустойчивость решения связаны с тем, как определяется пространство решений Z . Выбор пространства решений и нормы в нем обычно определяется требованиями прикладной задачи. Задачи могут быть некорректно поставленными при одном выборе нормы и корректно поставленными при другом. Хорошо известным примером некорректно поставленной задачи является интегральное уравнение Фредгольма 1-го рода. Даже при очень малых ошибках в задании его правой части решение может либо отсутствовать, либо как угодно сильно отличаться от искомого точного решения.

Разрабатываемые автором операторные методы решения задач математической физики и теории упругости также привели как к корректным, так и некорректным задачам. Особенно остро данная проблема дает себя знать при разложении функций в неортогональные ряды новым операторным методом.

Новое решение бигармонического уравнения

Акимов В.А

Белорусский национальный технический университет

Бигармоническая функция играет большую роль в теории упругости. Так, например, при решении плоской задачи теории упругости по известной бигармонической функции можно по формулам Эри сразу получить напряженное состояние. Основа предлагаемого нового подхода базируется на построениях разрабатываемого автором теории операторов бесконечно высокого порядка. В частности, в последних работах был рассмотрен новый класс гиперβολо-тригонометрических функций. В результате бигармоническая функция приобрела следующий вид:

$$\begin{aligned} \varphi(x, y) = & \sum_{n=1}^{\infty} C_{1n} (\operatorname{sh} \lambda_{1n} x \sin \lambda_{1n} y \operatorname{sh} \lambda_{1n} x \sin \lambda_{1n} y + \operatorname{ch} \lambda_{1n} x \cos \lambda_{1n} y \operatorname{ch} \lambda_{1n} y \cos \lambda_{1n} y) + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} C_{2n} (\operatorname{sh} \lambda_{2n} x \cos \lambda_{2n} y \operatorname{sh} \lambda_{2n} x \cos \lambda_{2n} y + \operatorname{ch} \lambda_{2n} x \sin \lambda_{2n} y \operatorname{ch} \lambda_{2n} y \sin \lambda_{2n} y) + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} C_{3n} (\operatorname{sh} \lambda_{3n} x \sin \lambda_{3n} y \operatorname{ch} \lambda_{3n} x \sin \lambda_{3n} y + \operatorname{ch} \lambda_{3n} x \cos \lambda_{3n} y \operatorname{sh} \lambda_{3n} x \cos \lambda_{3n} y) + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} C_{4n} (\operatorname{sh} \lambda_{4n} x \cos \lambda_{4n} y \operatorname{ch} \lambda_{4n} x \cos \lambda_{4n} y + \operatorname{ch} \lambda_{4n} x \sin \lambda_{4n} y \operatorname{sh} \lambda_{4n} x \sin \lambda_{4n} y). \end{aligned}$$

Приведенная бигармоническая функция тождественно удовлетворяет бигармоническому уравнению

$$\frac{\partial^4 \varphi(x, y)}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi(x, y)}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi(x, y)}{\partial y^4} = 0.$$

Входящие сюда параметры $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ и постоянные C_1, C_2, C_3, C_4 задаются или находятся в соответствии с граничными условиями. Так как эта функция построена впервые, то в дальнейшем предполагается с ее помощью решить некоторые плоские задачи теории упругости, и сравнить новые решения с известными.

Андрушкевич И.Е., Вакульчик А.А.
Витебский государственный университет
Полоцкий государственный университет

Гиперкомплексные числа размерности 64, допускающие представление в виде матриц размерности 8×8 , удовлетворяющих алгебре Клиффорда, нашли свое применение в теории электромагнетизма. На языке гиперкомплексных чисел уравнения Максвелла приобретают компактный вид. Полученные нами результаты ([1]–[4]) позволяют строить точные решения ряда прикладных задач электродинамики как в пространственно-временно пространственно-частотном, так и в представлении электромагнитного поля. При этом, в виду малой известности указанных чисел возникает необходимость их глубокого исследования. С этой целью нами разработан комплекс программ, позволяющий автоматизировать процесс получения перечня и явного вида матриц размерности 8×8 , удовлетворяющих необходимым коммутационным и антикоммутационным соотношениям. Для гиперкомплексных чисел размерности 64 (допускающих представление в виде матриц Максвелла размерности 8×8) установлено: 64 элемента из них образуют 885 коммутирующих и 885 антикоммутирующих пар; каждый элемент принадлежит 32 «септадам», 4000 «пентад» и имеет 32 антикоммутирующих с ним элементов, получен полный перечень всех «септад» и «пентад». В результате проведенных исследований обнаружена принципиальная возможность существования солитонных решений системы уравнений Максвелла.

Литература

1. Андрушкевич, И.Е. Методы разделения переменных в волновых уравнениях / И.Е. Андрушкевич. – Новополоцк: ПГУ, 2010. – 240 с.
2. И.Е. Андрушкевич, А.А. Вакульчик. Метод разделения переменных для для системы уравнений Максвелла. I // Вестник Гродненского государственного университета. Серия №2. Вып.2 , 2014– С.49-57.
3. И.Е. Андрушкевич, А.А. Вакульчик. Метод разделения переменных для для системы уравнений Максвелла. I // Вестник Гродненского государственного университета. Серия №2. Вып.3(180), 2014 – С.59-69.
4. И.Е. Андрушкевич, А.А. Вакульчик, Е.С. Боровкова. Метод разделения переменных для системы уравнений Максвелла. III // Вестник Гродненского государственного университета. Т.6, №1, Серия №2. 2016 – С.23-30.

**Приемы систематизации знаний при подготовке к экзаменам
по высшей математике**

Бачило Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

Как никогда сегодня необходима такая организация обучения, которая способствовала бы развитию творческой активности студентов, формированию у них умений самостоятельно применять и приобретать знания и была бы направлена не только на усвоение знаний, но и на способы этого усвоения, на образцы и способы мышления и деятельности, на развитие познавательных сил и творческого потенциала студентов.

Одним из способов достижения обозначенных выше целей является систематизация знаний учащихся. Особенно актуальным это становится, когда необходимо выучить большой объем информации за короткий период времени. Например, при подготовке к зачетам и экзаменам.

Приёмы систематизации, способствующие формированию умений устанавливать связи и отношения между понятиями, представлять информацию в наглядной форме:

1. Различные виды конспектирования изучаемого материала.

Приём позволяет развить умение логически правильно выражать основные положения изучаемого материала. Можно в конспектах материал максимально сокращать, часть его зашифровывать путём использования знаков, символов и схем.

2. Работа со справочником.

Учащиеся составляют свой справочник. Обычно он располагается в конце тетради. В него учащиеся заносят материал, который часто используется на занятиях. Регулярная работа со справочником помогает быстро ориентироваться в материале.

3. Составление плана изучаемого материала.

Данный приём служит опорой для лучшего запоминания изучаемого материала. В геометрии этот приём часто используют при проведении доказательств теорем. План помогает более детально и последовательно разобраться в информации, увидеть главное.

4. Составление классификационных схем.

Схемы позволяют экономно и наглядно показывать общее для понятий, их взаимосвязь, последовательность формирования.

5. Составление таблиц.

Основные требования к таблицам: лаконичность и наглядность.

6. Составление логической цепочки суждений.

Методические приемы формирования профессиональных компетенций у студентов технических специальностей в процессе обучения математике

Вакульчик В.С., Жак В.А., Завистовская Т.И.
Полоцкий государственный университет

Выполнение требований стандарта по овладению соответствующими декларируемыми компетенциями не представляется возможным без формирования инженерного мышления, позволяющего составлять и решать математические модели практических ситуаций. Формирование навыков и умений математического моделирования зависит от методической грамотности и эрудиции педагога, а также от специально подобранной системы задач. Например, в процессе изучения темы «Поверхности второго порядка» у студентов специальности «Архитектура» следует обратить внимание обучающихся на возможность составления поверхности однополостного гиперболоида из прямых линий, что широко используется в строительной технике. В частности, по конструкции, предложенной инженером Шуховым В.Г. (1853-1939), в Москве была сооружена радиомачта с помощью балок, расположенных по прямолинейным образующим однополостного гиперболоида. В процессе изучения темы «Производная и ее приложения» может быть мотивационно и практически полезной задача: «Под сквер решили отгородить участок прямоугольной формы длиной 144 м и шириной 24 м, а затем разделить его пополам, перпендикулярно длине. Но с целью экономии средств на постройку забора, решили найти наиболее выгодный размер участка. Найти новую длину и ширину нового участка такой же площади и экономии средств, если один погонный метр забора стоит две денежные единицы».

Приоритетную роль в формировании выделенных важных компетенций, по нашему мнению, играют методы эвристического обучения и, в частности, проблемные лекции. Это обусловлено тем, что на проблемной лекции познающая личность вовлекается в особую, создаваемую преподавателем, эмоционально и креативно окрашенную учебную атмосферу. При этом процесс познания студентов приближается к поисковой, исследовательской деятельности по решению специально представленных учебных проблем. Многолетний опыт обучения математике подтверждает высказывание, в этой связи, А.А. Вербицкого: «С помощью проблемных лекций обеспечивается 1) усвоение теоретических знаний, 2) развитие теоретического мышления, 3) формирование познавательного интереса к содержанию учебного предмета и профессиональной мотивации».

Использование задач прикладного характера при проведении практических занятий по математике

Глушанкова Л.Я., Голубева И.А., Мороз О.А.
Белорусский национальный технический университет

Для успешного освоения студентами изучаемого материала при проведении практических занятий не достаточно рассмотрения только формальных задач в рамках курса математики. Чтобы добиться четкого понимания студентами рассматриваемых абстрактных понятий и методов, а также осмысленного и долговременного запоминания ими полученных знаний, просто необходимо наполнение процесса обучения примерами, иллюстрирующими использование изучаемого материала при решении прикладных задач, связанных с их будущей специальностью.

Пример. (Использование предельных теорем в схеме Бернулли). Рассматривается бизнес-план страховой компании, которая занимается автострахованием. Известно, что компания имеет 10000 клиентов, каждый из которых делает ежегодный страховой взнос, равный K у.е., причем в случае аварии клиент получает страховку, равную 3000 у.е. Если известно, что вероятность попасть в аварию для клиента равна 0,005, то какой минимальный взнос K следует установить, чтобы с вероятностью не меньше 0,99 компания получила за год прибыль не меньше 250000 у.е.?

Прежде всего, преподавателю на практическом занятии надо обратить внимание студентов на то, что вероятность 0,005 берется из статистических данных (например, в ГАИ), а поставленная задача относится к задачам, связанным с так называемой «схемой Бернулли», т.е. n независимых испытаний с вероятностью «успеха» p . Далее, опять же, всю работу должны выполнить сами студенты.

В заключение преподаватель обязан подчеркнуть, что вероятность 0,99 не означает, что мы получим именно такую прибыль (можем и разориться), т.е. еще раз обсудить, как следует относиться к выводам, сделанным на основании теории вероятностей. Но при расчете бизнес-плана это есть точное обоснование наиболее возможных вариантов развития событий.

Необходимость включения таких задач в практические занятия по математике на инженерно-строительных специальностях является непременным условием реализации концепции профессиональной направленности преподавания математики. Эти задачи важны для студентов данных специальностей тем, что и постановка задач, и их решение способствуют развитию у студентов навыков математического анализа ситуации и математического моделирования.

Кривые и поверхности 2-го порядка в архитектуре

Глушанкова Л.Я., Голубева И.А., Мороз О.А.
Белорусский национальный технический университет

Основой всех разнообразных и удивительных сооружений являются кривые и поверхности 2-го порядка. История архитектуры богата разными стилями и формами.

Форму гиперболоида вращения впервые использовал русский инженер В.Г. Шухов; гиперболический параболоид – гипар – в своих конструкциях применил мексиканский архитектор Феликс Кандела; у известного испанского архитектора Антонио Гауди часто встречаются конструкции с параболическими арками; при строительстве церквей и крепостей нередко основная форма сводов состояла из нескольких перекрещивающихся цилиндрических поверхностей.

При изучении свойств как конических сечений, так и других линий нами используется аналитический метод исследования. Основная идея метода в том, что изучается не сам материальный объект, а его соответствующая математическая модель – уравнение, связывающее координаты точек линии с некоторым общим свойством.

При изложении материала о кривых 2-го порядка для студентов архитектурного факультета мы исходим из нескольких позиций:

1. Используя некоторое общее свойство для всех точек линии, найти ее уравнение в декартовой системе координат.
2. Если задано уравнение линии, нужно определить ее свойства и форму.
3. Разобрать задачи прикладного характера (например, задача о Колизее, представляющем собой гигантский эллипс или задачи на проектирование параболических форм).
4. Изучить оптические свойства кривых.

Как показывает практика, наиболее красивы классические формы, имеющие классические поверхности, которые известны как поверхности 2-го порядка. Современная архитектура использует поверхности, имитирующие естественные природные формы. При этом ставится задача натягивания оболочки на плоский или пространственный контур, образованный, в частности, сегментами конических сечений. В этом случае поверхность оболочки может быть построена с помощью кривых 2-го порядка и линейчатых направляющих поверхностей. Поскольку архитектор имеет дело с пространственными формами, ограниченными различными поверхностями и является творцом этих форм, то ему важны и интересны методы изучения этих поверхностей.

Организация внеаудиторной самостоятельной работы по математике студентов экономических специальностей

Гурина Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

Математика является необходимой и значимой составляющей профессиональной подготовки будущего инженера-экономиста. Это обусловлено высокой эффективностью решения экономико-управленческих задач с использованием математических методов и моделей. Математизация позволяет находить оптимальные решения и способствует более рациональной организации производственной деятельности.

В настоящее время происходит изменение организации образовательного процесса: сокращение аудиторной нагрузки, замена пассивного слушания лекций возрастанием доли самостоятельной работы студентов (СРС). Содержание СРС должно быть ориентировано на овладение устойчивыми знаниями и умениями применять их в новой ситуации. При проектировании СРС особого внимания требуют вопросы ее мотивационного и технологического обеспечения, которые учитывают индивидуальные интересы, способности и склонности студентов. Технологический процесс организации самостоятельной работы состоит из следующих этапов: преподаватель определяет содержательный компонент СРС, форму работы; определяет систему мотивации студентов; обеспечивает их учебно-методическими материалами; организует консультации; устанавливает сроки промежуточных отчетов: оценивает результаты их работы (индивидуальные или групповые). СРС ориентирована на повышение математической компетентности студентов, овладение методами решения математических задач, применение математических методов к решению профессиональных задач, развитие деятельности по математическому моделированию.

При изучении раздела математического программирования существует большой круг задач, которые не входят в учебную программу, однако часто встречаются на практике и представляют интерес. Это задачи дробно-линейного программирования; параметрического программирования; транспортные задачи с различными ограничениями; задачи определения оптимального маршрута, задачи оптимального управления поставками сырья, решаемые методами динамического программирования, задачи оптимизации сетевых графиков комплекса работ. Эти вопросы предлагается изучить студентам самостоятельно, выступить с докладами на практических занятиях, на студенческой конференции.

**Организация самостоятельной работы студентов
при изучении курса математики**

Дичковский Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Подготовка студентов к очередным лекционным, практическим и лабораторным занятиям занимает наибольшее место в самостоятельной работе обучающихся. При изучении курса математики самостоятельная работа студентов должна представлять единство трёх взаимосвязанных форм:

1) внеаудиторная самостоятельная работа; 2) аудиторная самостоятельная работа; 3) творческая, исследовательская работа. Внеаудиторная самостоятельная работа включает в себя подготовку рефератов, докладов, сообщений и других видов работ по заданной теме. Задание может выдаваться как индивидуально, так и на небольшую группу студентов. Чтобы развить положительное отношение к внеаудиторной самостоятельной работе, следует на каждом этапе разъяснять студентам цель работы, формируя у них умение самостоятельной постановки задачи и выбора методов её решения. Аудиторная самостоятельная работа может осуществляться при проведении практических, лабораторных занятий и во время чтения лекций. При чтении лекционного курса необходимо контролировать в аудитории усвоение материала путем проведения экспресс-опросов. На практических занятиях нужно не менее одного часа отводить на самостоятельное решение задач, после краткого опроса теоретического материала и решения типовых задач на доске. В конце занятия целесообразно провести разбор типовых ошибок допущенных студентами и дать оценку проделанной ими работы.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов её контроля, среди которых различают следующие виды: 1) входной контроль знаний, 2) текущий контроль, 3) промежуточный контроль, по окончании раздела курса, 4) итоговый контроль в виде экзамена или зачета. Наряду с традиционными методами контроля в последние годы применяются новые технологии контроля знаний. К ним относятся рейтинговая система контроля, тестовый контроль и обучающе-контролирующие системы, позволяющие преподавателю и студенту контролировать уровень усвоения материала.

Конкретные пути и формы организации самостоятельной работы студентов, с учётом уровня их подготовки, определяются в процессе творческой деятельности преподавателя и нацелены на развитие устойчивых знаний и умению решать конкретно поставленные задачи.

**Формирование творческих навыков при обучении
высшей математике**

Душеина Л.В., Подкопаев П.А., Подкопаева Н.А.
Военная академия Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет

Курс высшей математики читается, как правило, на младших курсах и является одним из самых трудных для усвоения студентами потому, что в это время происходит их психологическая адаптация к новым незнакомым условиям и формирование предметно-коммуникативных знаний, творческих умений, то есть закладывается фундамент для получения качественного образования.

Формирование творческих умений осуществляется на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Применяемая при этом методика обучения базируется на таких важных принципах, как принцип наглядности, наведения, активности, надлежащей мотивации, последовательности.

Принцип наглядности предполагает широкое использование для иллюстрации изучаемого материала его геометрической интерпретации, графиков, схем, таблиц, описание вычислительных алгоритмов, презентацию.

Суть принципа наведения заключается в системе подсказок, методических указаний, рекомендаций. Он является непременным атрибутом при достижении основной образовательной цели – развития творческих начал обучающихся, т.е. должен всячески способствовать преодолению трудностей и достижению успеха при освоении учебного материала. Этот принцип обычно реализуется в учебно-методических пособиях и практикумах по решению задач в разделе «Указания», что бывает полезным при самостоятельной работе студентов с книгой.

На практических и лабораторных занятиях работа осуществляется коллективными усилиями всей группы при участии преподавателя на основе принципа активности, когда студент сам «открывает» большую часть материала, предназначенную для усвоения.

Принцип надлежащей мотивации предполагает, что студент постоянно проявляет интерес к материалу и получает удовольствие от своей работы.

Принцип последовательности осуществляется, когда процесс усвоения нового материала протекает в определенной последовательности: действие, приобретение определенных знаний, переход к новым понятиям, закрепление их в сознании обучающихся.

Творческие умения способствуют осуществлению нестандартных действий, приводящих к достижению целей оптимальным образом.

**Признаки отбора содержания задач по математике
для студентов специальности «Автомобильные дороги»**

Забавская А.В.

Белорусский национальный технический университет

На пути к переходу и развитию экономики знаний, перспективными направлениями развития Республики Беларусь является «Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015-2019 год», включающая создание системы управления безопасностью дорожного движения для сети республиканских автомобильных дорог. Инновационные пути развития отрасли должны быть в центре внимания высшей школы, которая готовит будущих профессионалов автодорожного строительства.

Сегодня инженер-строитель автомобильных дорог широко использует знания по математике в различных видах деятельности: проектировании, построении, эксплуатации дорожных конструкций и сооружений. Для формирования названных умений, обучение студентов в вузе должно иметь профессиональный характер, а математическая подготовка (носить) – профессиональную направленность обучения.

Повышению качества математической подготовки студентов транспортных направлений способствует комплекс профессионально направленных математических задач, которые целесообразно использовать на лекциях, практических занятиях и в период самостоятельной работы студентов.

При подборе содержания задач по математике, учитывая необходимость реализации их предметно-информационной обогащенности, остановимся на следующих трех признаках:

- типовые, состоящие из основных типов задач курса математики для специальности «Автомобильные дороги»;
- профессионально направленные, составленные на основе использования математики в изучении специальных дисциплин;
- познавательно-исследовательские, развивающие познавательный интерес и исследовательские умения студентов.

Погружение студентов с первых курсов в среду своей профессиональной деятельности, в том числе с использованием информационных технологий, будет способствовать развитию интереса к предмету математика, являться рычагом в профессиональном становлении будущего специалиста и, как следствие, становлению профессиональных качеств инженера-строителя.

Роль внеаудиторных заданий по математике в развитии у студентов интереса к учебно-познавательной деятельности

Ерошевская Е.Л., Минченкова Л.П.

Белорусский национальный технический университет

При проведении практических занятий по математике предлагаем студентам задания на два уровня сложности. 60% студентов группы стремятся выполнить задачи первого уровня, а после этого переходят к заданиям второго уровня (и таких студентов 35%), а остальные 40% решают задачи второго уровня. В конце занятия выдаем задания для внеаудиторной работы.

Решение заданий способствует изменению эмоционального поведения студентов, улучшает их настроение, обеспечивая продолжительность и устойчивость эмоционального настроя на учебную работу.

Преподаватель, выдавая внеаудиторные задания по математике предоставляет возможность изменить продолжительность самостоятельной работы обучаемым, а также проявлять активность и инициативу, постепенно развивая у студентов волевые качества.

Углубление содержания материала учебных заданий по математике во внеаудиторной работе стимулирует творческую активность и интерес к учебно-познавательной деятельности будущего инженера.

Под руководством преподавателя и самостоятельно студенты осваивают способы учебно-познавательной деятельности, развивая устойчивый интерес к познанию и учению.

Только организация систематической познавательной деятельности студентов обеспечивает развитие у них интереса к учению.

Для оперативного управления учебно-познавательной деятельностью студентов требуется эффективная система контроля и учета их текущей успеваемости. Одной из таких форм является тематический контроль и учет знаний текущей успеваемости студентов.

Индивидуальная деятельность студента постепенно становится объектом самооценки, а это в свою очередь стимулирует у студентов интерес к учебно-познавательной деятельности и саморазвитию. У студента развивается устойчивый интерес к учению посредством появляющегося интереса к самообразованию.

Если студент научен на первых курсах систематически работать, то в дальнейшем эффективнее развивается у студента навыки рациональной организации учебного труда, остается только правильно направлять и развивать его интерес к специальным знаниям.

Ерошевская Е.Л., Минченкова Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Регрессионная модель, отражая основные свойства изучаемого экономического явления или объекта, не в состоянии полностью воспроизвести его поведение, самым большим препятствием к применению регрессии является ограниченность исходной информации, при этом наряду с затрудняющими обстоятельствами (мультиколлинеарность, зависимость остатков, небольшой объем выборки и т.п.) ценность информации может снижаться за счет ее «засоренности», т.е. проявления новых обстоятельств, которые ранее не были учтены.

Резко отклоняющиеся наблюдения могут быть результатом действия большого числа сравнительно малых случайных факторов. При наличии не менее трех аномальных отклонений на несколько десятков наблюдений мы склонны приписать это наличию одного или нескольких неучтенных факторов, которые проявляются только для аномальных наблюдений.

В таком случае приходят к следующей теоретико-вероятностной схеме:

$$Y_i = \bar{y}_j + \xi_j + \varepsilon_j, \quad j = 1, \dots, n,$$

где ξ_j – случайная составляющая, отражающая влияние неучтенных факторов, которые проявляются только для аномальных отклонений; $M\xi_j = 0$, $D\xi_j = \sigma_0^2$; ε_j – обычная случайная составляющая; $M\varepsilon_j = 0$, $D\varepsilon_j = \sigma^2$.

Таким образом, согласно схеме, имеет место система неравноточных наблюдений, при использовании которой каждое наблюдение должно входить в расчет обратно пропорционально своей дисперсии, т.е. аномальные отклонения войдут с меньшим весом, обычные – существенно большим.

Например, согласно этому правилу, два сильно отклоняющихся аномальных наблюдения с приблизительно равными значениями независимых переменных следует заменить одним наблюдением с теми же значениями зависимой переменной, равной полусумме соответствующих значений объединяемых наблюдений.

Подобную же процедуру реализует робастное оценивание, при котором наблюдения с меньшими отклонениями берутся с большим весом, с большими отклонениями – с меньшим.

Оценка экономической эффективности инвестиций при создании n-канальных СМО

Капусто А.В., Костюкова С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Полоцкий государственный университет

Оценка экономической эффективности инвестиций (проекта) является одним из наиболее важных этапов предшествующих реализации проекта. Она осуществляется на основе системы показателей, рассчитываемых как с учетом дисконтирования – процедуры приведения разновременных платежей к базовому моменту времени, так и без него. Одним из наиболее информативных показателей для предварительной оценки вложения инвестиций выступает дисконтированный срок окупаемости.

Спецификой оценки экономической эффективности проекта, предполагающего создание некоторого предприятия сферы обслуживания, по сути – системы массового обслуживания (СМО), является вероятностный характер функционирования системы. А именно, все рассматриваемые потоки событий (входящий поток, поток обслуживания и выходящий поток заявок, поток отказов) а также время обслуживания, ожидания, нахождения заявки в системе носят вероятностный характер. В этой связи, экономическая эффективность вложения средств в создание и функционирование СМО будет зависеть от ряда параметров характеризующих систему.

Для n-канальной СМО с различными дисциплинами обслуживания при известных параметрах функционирования (интенсивности потока заявок и потока обслуживаний, предполагаемых среднем доходе, средних издержках создания и затратах на эксплуатацию одного канала в единицу времени) были рассмотрены базовые модели и установлен срок окупаемости в зависимости от выбора источника финансирования (собственные или заемные средства). Для различных значений числа каналов СМО и ограничения на длину очереди численное решение по определению показателей эффективности функционирования и окупаемости вложения инвестиций выполнено в среде Ms Excel. Кроме того, в случае привлечения заемных средств был использован такой показатель как процентная ставка по кредиту, а также выполнены расчеты доходности от их размещения на банковский депозит для разного количества временных периодов.

Таким образом, представленные модели оценки экономической эффективности инвестиций при создании n-канальных СМО позволяют оценить целесообразность вложения средств, являются инструментами принятия эффективных решений менеджерами предприятий сферы обслуживания.

**Реализация компетентного подхода в обучении математике
студентов строительных специальностей**

Капусто А.В., Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Компетентный подход в обучении студентов требует определенных изменений в преподавании математики, связанных с ориентацией материала на профиль будущей деятельности обучаемого. При сохранении основы общей теории изучаемых разделов математики (необходимого и обязательного объема основного понятийного аппарата и четкой отработке навыков решения базовых примеров) новым направлением преподавания становится смещение акцента обучения на задачи, направленные на понимание смысла рассматриваемых математических объектов, имеющие прикладные аспекты.

Наряду с использованием классических методических приемов при решении математических задач прикладного содержания (разбиения решения задачи на этапы, определения неизвестных величин и обсуждения путей их поиска на каждом этапе, проведения аналогий, анализа поведения решения при изменении значений параметров задачи, исследования предельных случаев, формулировки общей задачи) появляется необходимость в постановке и обучении решению задач исследовательского характера.

Реализация компетентного подхода в организации математического образования студента как будущего инженера требует: формирования и развития навыков математической формализации и постановки задачи по реальной практической ситуации; умения определить необходимую базу исходных данных, позволяющих получить как грамотную постановку проблемы, так и обеспечить возможность ее решения; ориентации в материале различных разделов курса математики и умения выбора необходимого математического аппарата для решения поставленной задачи и получения результата в практической приемлемой форме (точечная или интервальная оценка требуемой величины, график, однозначный качественный вывод); навыков привлечения программного обеспечения не только для проведения простейших расчетов, но и для применения численных методов решения задач, выполнения поиска решения оптимизационных задач, или статистической обработки и анализа данных; выработки навыков оценки адекватности полученного результата исходным данным; умения построения обобщенной модели ситуации и проведения анализа ее поведения в зависимости от изменения параметров, способности к самообучению и получению недостающей научной информации для решения задачи.

**Дифференциальные модели в курсе высшей математики
для студентов-биологов**

Кепчик Н.В.

Белорусский государственный университет

Из года в год от студентов первого курса биологического факультета мы слышим один и тот же вопрос: «Зачем биологам математика?» Большинство студентов говорит о том, что они пришли учиться на биологический факультет потому, что были уверены в том, что математики не будет. И если такие темы как матрицы и определители, системы линейных уравнений и геометрия на плоскости воспринимаются учащимися хорошо, то производные, интегралы и дифференциальные уравнения вызывают определенные трудности. Думаю, что эти трудности во многом связаны с непониманием роли и места математических методов в современной биологии.

Конечно, на первом курсе сложно объяснить, где и как применяется математический аппарат в биологии, и в первую очередь это связано с тем, что у первокурсников еще недостаточно знаний по самой биологии. Но азы дифференциального моделирования позволяют нам показать студентам область применения и возможности математики в современной биологии. И, как результат, дают возможность студентам более глубоко изучить курсы физической химии, биофизики, биохимии, микробиологии, генетики и других биологических наук. И надеемся, что использование математических методов, изученных на занятиях по высшей математике, поднимет уровень курсовых и дипломных работ студентов-биологов, а в последующем пригодится им и при работе по специальности после окончания университета.

Чтобы заинтересовать учащихся, мы начинаем изучение дифференциального моделирования с рассмотрения базовой модели, описывающей ограниченный рост (модель Ферхюльста), которая представляет собой дифференциальное уравнение первого порядка. Особое внимание уделяем модели взаимодействия и отбора на основе конкурентных отношений, которая представляется в виде системы двух линейных дифференциальных уравнений. Также интерес у студентов вызывают теория эпидемий, фармакинетическая модель, резистивная модель и другие, которые также представляются в виде уравнений и систем дифференциальных уравнений. Примечательно то, что вышеназванные модели доступны студентам, так как уравнения и системы, используемые в данных задачах, входят в программу курса высшей математики.

Применение чисел Софи Жермен в криптографии

Королева М.Н., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

Военная академия Республики Беларусь

В теории чисел, простое число p является *простым числом Софи Жермен*, если $2p+1$ также является простым. Числа $2p+1$, объединённые простотой Софи Жермен, называются *безопасными простыми*. Например, 29 – простое число Софи Жермен и $2 \cdot 29 + 1 = 59$ – связанное с ним безопасное простое число. Таким образом, поиск безопасных простых чисел и чисел Софи Жермен – задача, имеющая одинаковую вычислительную сложность. Название «безопасное» происходит из опыта эксплуатации криптографической системы Эль Гамала [1]. Призрачные надежды её составителей на то, что хакеры будут решать используемую в ней задачу дискретного логарифма методом «baby-step» практически сразу же провалились под натиском методов «baby-step giant-step» и НСПХ [2]. Понятие безопасной простоты может быть усилено до *сильной простоты*, для которой оба $p-1$ и $p+1$ имеют большие простые множители. Если для Z/pZ каноническое разложение числа $p-1=2q$ (т.к. p – простое, то $p-1$ четное), где q – безопасное или сильное простое число, взлом криптосистемы Эль Гамала перечисленными методами становится весьма затруднительным, практически невозможным.

Аналогичный подход применим и для обмена ключами в системах Диффи Хелмана и аналогичных системах, которые зависят от безопасности задачи дискретного логарифма, а не от целочисленной факторизации [3]. По этой причине, протоколы генерации ключей для этих криптосистем часто полагаются на эффективные алгоритмы генерации сильных и безопасных простых чисел [4].

Литература

1. Конопелько В.К., Липницкий В.А. и др. Прикладная теория кодирования. Т.1-2. – Мн.: БГУИР, 2004.-688с.
2. Венбо Мао Современная криптография – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.-768с.
3. Cheon, Jung Hee(2000)“Security analysis of the strong Diffie-Helman problem”, 24-th Annal International Conference of the Theory and Applications of Cryptographic Techniques (EUROCRYPT’06), St.Petersburg, Russia, May28-June1, 2006, Proceedings, Lecture Notes in Computer Science 4004, Springer-Verlag, pp. 1-11, doi:10.1007/11761679_1.

**Программные аспекты нахождения примитивных полиномов
больших степеней**

Королева М.Н., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

Военная академия Республики Беларусь

Конечные поля играют важнейшую роль в помехоустойчивом кодировании [1]. В теории конечных полей многочлены, а особенно неприводимые многочлены играют важнейшую роль. Всякое поле содержит минимальное подполе и является его расширением – векторным пространством. Фактор-кольца по максимальным идеалам являются источником полей, в том числе конечных полей. Всякое конечное (конечномерное, как векторное пространство) сепарабельное [2] расширение конкретной степени n изоморфно фактор-кольцу $(Z/pZ)[x]/\langle q(x) \rangle$ кольца полиномов $Z/pZ[x]$ с коэффициентами из минимального подполя Z/pZ по его главному максимальному идеалу, порожденному неприводимым многочленом степени n [3]. Всякое поле Галуа состоит из p^n элементов $n \geq 1$, p – характеристика поля, Z/pZ минимальное подполе. Мультипликативная группа конечного поля – циклическая. Вычисления в полях Галуа $F(p^n)$ проводятся идеально при фиксации в них примитивных элементов – корней неприводимых примитивных полиномов. Ведь если α – примитивный элемент поля $F(p^n)$, то все элементы этого поля исчерпываются множеством $\{0, \alpha, \alpha^2, \dots, \alpha^{p^n-1}=1\}$ и перемножать степени элементов значительно удобнее [4].

Таким образом, для работы в поле Галуа необходимо в первую очередь зафиксировать неприводимый примитивный полином с требуемыми параметрами.

К сожалению, данная проблема имеет релевантный характер, не имеет четких очертаний, и каждый раз требует серьезных интеллектуальных и вычислительных усилий, с применением компьютерных технологий [5].

Литература

1. Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж.А. Теория кодов, исправляющих ошибки. – М.: Связь, 1979. – 744 с.
2. Ленг С. Алгебра – М., Мир, 1968.-572с.
3. Лидл Р., Нидеррайтер Г. Конечные поля: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 413 с.
4. Липницкий В.А. Современная прикладная алгебра. Математические основы защиты информации от помех и несанкционированного доступа. – Мн.: БГУИР, 2005. – 88 с.; 2-е издание: Мн.: БГУИР, 2006. – 88 с.

**Проблема обращения Якоби и ее действительный
аналог для римановой поверхности с краем для полупериодов**

Крушевский Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрена т.н. «неклассическая» проблема обращения Якоби для полупериодов $\sum_{v=1}^h \zeta(q_v) \equiv q_\mu - k_\mu \pmod{\frac{1}{2} \text{ периодов}}$, где все обозначений была взята из [1], [2] для римановой поверхности рода $h \geq 1$ с краем.

Решение классической проблемы обращения Якоби для римановой поверхности с краем, реализация которой представлена как пространственная много-связная область с h «дырками», дается тэта-функцией Римана $\theta(\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}) = \sum_{\mathbf{n} \in \mathbb{Z}^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t \mathbf{n} \mathbf{B} \mathbf{n} + 2\pi i \cdot {}^t \mathbf{n} (\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e})\}$, которая возникает при подстановке векторного аргумента $\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}$ в качестве аргумента в классическую тэта-функцию. При этом обозначено \mathbf{B} – матрица B -периодов, а верхний индекс t обозначает операцию транспонирования матрицы, записанной после него. Нули такой специально построенной тэта-функции Римана собственно и дают решение проблемы обращения Якоби. Для нахождения этих нулей после применения теоремы о логарифмическом вычете возникает СЛАНУ.

Аналогичные выражения для тэта-функции Римана с полуцелыми характеристиками, решающей проблему обращения Якоби для полупериодов, получены в [2] путем изменения ее аргумента с учетом свойств квазипериодичности тэта-функции $\theta(z) = \sum_{\mathbf{n} \in \mathbb{Z}^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t (\mathbf{n} + \frac{1}{2} \mathbf{E}_v) \mathbf{B} (\mathbf{n} + \frac{1}{2} \mathbf{E}_v) + 2\pi i \cdot {}^t (\mathbf{n} + \frac{1}{2} \mathbf{E}_v) (\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e})\}$,

где \mathbf{E}_v - v -й столбец единичной матрицы порядка h .

Литература

1. Чеботарев Н.Г., Теория алгебраических функций, М. Гостехиздат, 1948, 400 с.
2. Зверович Э.И., Проблема обращения Якоби, ее аналоги и обобщения – В сб. Актуальные проблемы современного анализа, Гродно, 2009, с. 69-83.
3. Зверович Э.И., Долгополова О.Б., Крушевский Е.А. Вещественный аналог проблемы обращения Якоби на римановой поверхности с краем, его обобщения и приложения – Сиб. Мат. Ж., Том 57, № 2 (336), Новосибирск, Изд-во Института Математики, 2016, с. 312-331.

**Некоторые краевые задачи проводимости волокнистых материалов
с невидимыми идеальными наполнителями и включениями**

Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Задача о проводимости волокнистых материалов с невидимыми наполнителями и включениями в статье [2] сведена к задаче R-линейного сопряжения для некоторой специальной многосвязной области

$$\begin{aligned}\varphi(t) &= a_k(t)\varphi_k(t) + b_k(t)\overline{\varphi_k(t)}, |t - a_k| = r_k, k = 1, \dots, n, \\ \varphi(t) &= \bar{\lambda} a_0(t)\varphi_0(t) + b_0(t)\overline{\varphi_0(t)}, |t| = 1,\end{aligned}$$

которая решается путем сведения к линейному функциональному уравнению с инверсиями относительно окружностей

$$\begin{aligned}\varphi_k(z) &= - \sum_{m \neq k} \rho_m \left(\overline{\varphi_m(z_m^*)} - \overline{\varphi_m(a_m)} \right) + \rho_k \varphi_k(a_k) + \\ &+ \frac{1}{\lambda} \sum_{m=1}^n \rho_m \left(\varphi_m \left(a_m + \frac{r_m^2 z}{1 - a_m z} \right) - \varphi_m(a_m) \right), |z - a_k| \leq r_k, k = 1, 2, \dots, n.\end{aligned}$$

решение которого получено в [2] путём интегрирования соответствующего решения продифференцированного функционального уравнения.

Изучен вопрос о собственных числах полученного дифференциального оператора. В частности, доказано, что они стремятся к нулю. Приведена формула для вычисления максимального по абсолютной величине собственного числа при достаточно малых радиусах, что характерно для физического смысла задачи. Рассмотрен пример для $n = 2$.

Литература

1. Mityushev, V., Pesetskaya, E., Rogosin, S.: Analytical Methods for Heat Conduction, in Composites and Porous Media in Cellular and Porous Materials Ochsner A., Murch G, de Lemos M. (eds.) Wiley-VCH, Weinheim (2008)
2. Mityushev V.: Composites with invisible inclusions: eigenvalues of R-linear problem, Jnl of Applied Mathematics, 2016 (in print).

**Об устойчивости решений некоторых дискретных систем
в банаховом пространстве**

Кулага В.М., Яско Ф.Ф.
Полоцкий государственный университет

Изучена устойчивость ограниченных решений дискретных систем в банаховом пространстве с помощью «усеченных» систем. Доказаны теоремы об экспоненциальной устойчивости и неустойчивости относительно части переменных.

Пусть банахово пространство E разлагается в прямую сумму двух подпространств E_1 и E_2 . Всякое прямое разложение порождает пару взаимно дополнительных проекционных операторов P_1 и P_2 , причем $E_1 = P_1 E$, $E_2 = P_2 E$, $P_1 + P_2 = I$, $P_1 P_2 = \theta$, и P_1, P_2 – линейные и непрерывные.

Рассмотрим дискретную систему

$$x(n+1) = F(n, x(n)), \quad n \geq 0. \quad (1)$$

Определение. Решение $x(n) = \theta$ системы (1) называется экспоненциально устойчивым в малом относительно $P_1 x(n)$, если можно указать такое $\varepsilon > 0$, что при $\|P_1 x(n_0)\| < \varepsilon$, $n > n_0$ будет выполняться

$$\|P_1 x(n)\| \leq B q^{n-n_0} \|P_1 x(n_0)\|,$$

где $q < 1$, $B \geq 1$ не зависят от n_0 .

Рассмотрим далее «усеченную» систему, соответствующую (1)

$$P_1 x(n+1) = P_1 F(n, P_1 x(n)) \quad (2)$$

Теорема. Если нулевое решение системы (2) экспоненциально устойчиво и величина $\sup_{n \geq 0} \varphi(x)$ достаточно мала, то нулевое решение системы

(1) экспоненциально устойчиво в малом относительно $P_1 x(n)$.

Аналогичная теорема имеет место и для экспоненциальной неустойчивости в малом относительно $P_1 x(n)$.

Подобные задачи рассматривались для дифференциальных уравнений в работах А.С. Озиранера, С.С. Белявского, В.В. Румянцева, А.А. Ющенко и для систем разностных уравнений – в работах В.П. Силакова и Г.С. Юдаева, но только для конечных или счетных систем.

**Методические направления реализации межпредметных связей
в процессе обучения математике на технологических специальностях**

Мателенок А.П.

Полоцкий государственный университет

Целью представленного исследования является изучение возможности реализации межпредметных связей математики и информатики с целью оптимизации учебной деятельности студентов инженерно-технологических специальностей.

Математический анализ технических задач, как правило, включает перевод условий задачи на язык математики, решения системы уравнений и анализа результатов. Первая часть работы заключается, чаще всего, в составлении дифференциальных уравнений, практическая ценность которых обусловлена тем, что пользуясь ими, можно установить связь между основными физическими и химическими законами и группой переменных, имеющих большое значение при исследовании технических вопросов. Знание эффективных способов, применяемых для решения системы линейных дифференциальных уравнений, принципиально важно для инженера и исследователя. Одним из таких способов является использование метода определителей и матриц, относящегося к элементам линейной алгебры. Широкое применение в технических расчетах находят ряды, в виде которых зачастую выражаются результаты анализа многих процессов. Поэтому на занятиях по высшей математике студентам необходимо научиться составлять математические модели реальных задач, а рутинные вычисления можно выполнить в математических компьютерных пакетах. Исходя из выше сказанного, выделим одно из условий успешного овладения предметом обучаемыми: хорошее владение системами компьютерной алгебры. Эти умения студенты получают на занятиях информатики, поэтому целесообразно включить в лабораторные работы дисциплины изучение Maple, Mathcad. Выполнение лабораторных работ с заданиями по высшей математике будет способствовать закреплению и углублению достигнутых результатов не только при обучении математике и информатике, но и формированию культуры труда и профессиональных компетенций.

Таким образом, комплексное использование возможностей межпредметных связей математики и информатики с целью повышения качества математической подготовки и культуры труда студентов технических специальностей позволяет не только получить экономию времени на лекционных и практических занятиях, но и расширить круг решаемых задач.

Роль композиционной равносоставимости в эволюционном саморазвитии математики

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Под эволюцией математики будем понимать появление в ней новых объектов обработки и операций обработки. Эволюция завершается при невозможности появления новообразований. Саморазвитие происходит согласно принципам аксиоматически приписанных собственно самому эволюционирующему объекту, а не как следствие внешнего вмешательства (например – прагматика естественных наук). Для динамической модели математики, базовыми положениям являются:

1. Неограниченная совокупность уникальных собственных имен $\{a_i\}$ (натуральных чисел), которые имеют символьные изображения. Пращуры будущих объектов обработки математики. Аналог: слова – существительные.

2. Рекурсивная (унарная) операция получения очередного натурального имени из предыдущего $S(a_i) \rightarrow a_{i+1}$. Пращур будущих операций математики. Аналог: слова – глаголы.

3. Принцип обратимости (П.О.): всякая операция системы – обратима.

4. Принцип равносоставимости (П.Р.) по операции порождения (обобщение принципа Архимеда): всякий объект обработки или операция обработки композиционно составляема из одинаковых объектов обработки или операции обработки.

П.О. примененный к унарной операции $S(a_i) \rightarrow a_{i+1}$ порождает новую операцию $S^{-1}(a_{i+1}) \rightarrow a_i$ и пополняет совокупность объектов обработки абстрактными отрицательными числами (без нуля...). Кратная композиция $S(S(...S(a_i))) \rightarrow a_{i+n}$ (П.Р.) создает первую бинарную операцию - сложения $a+b \rightarrow c$. Применительно к ней П.Р. и П.О. $a+a \rightarrow c$ или $a+a+a \rightarrow c$ требуют выполнения $c \rightarrow a+a$ или $c \rightarrow a+a+a$, т.е. приводят к появлению не только абстрактного числа – нуля, но и рациональных чисел. На базе бинарной операции сложения, по тем же принципам, вводится операция умножения и далее даже операция третьего порядка. Построение же операции четвертого порядка оказывается невозможным. После появления в системе двух бинарных операций появляется возможность обобщить понятие вычислительное действие функциями нескольких переменных. Для порождения новых объектов обработки – функции возможна: как бинарная операция композиции, так и принципиально новая бинарная операция дифференцирования, которая также завершающая в эволюции системы.

**Детерминистическая природа базового положения
теории вероятностей**

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Каждый естественный предмет или процесс (объект изучения – О.И.), будучи частью материального мира, воспринимается нашим сознанием как совокупность присущих ему признаков-характеристик (П.Х.). Однотипные признаки, являясь абстрактным продуктом интегрального обобщения нашего разума, объединяются в множества: конечные или бесконечные: первые допускают вербальное описание, вторые – только количественное (правильнее числовое). В результате воздействия, на О.И. других (внешних или внутренних) объектов отдельные признаки изучаемого могут изменяться, но сам О.И. продолжает восприниматься нами как – все тоже единое целое. Разумеется, объекты воздействия, на наш изучаемый, также обладают совокупностью П.Х., причем зачастую мы обладаем возможностью задавать конкретные значения этим характеристикам. Таким образом: и О.И. и объекты воздействия описываются однотипным «статическим» набором П.Х., а собственно само взаимодействие объектов, приводящее к изменению значений их характеристик, обладает принципиально иной – «динамической» природой. *Аналогия*: слова – существительные и слова – глаголы в естественном языке.

Детерминистическое описание собственно самих естественных взаимодействий (*специфических глаголов*) подменяется установлением связей именно характеристик взаимодействующих объектов. Такие связи всегда реализуемы, т.к. сами П.Х., являясь абстрактными продуктами, обязательно наделяются, еще на этапе своего создания, абстрактными операциями порождения (из подобного создается подобное): для числовых характеристик есть вычислительные действия – арифметика, для булевых характеристик – Булева алгебра и т.п.

Теория вероятностей предлагает количественное описание случайных воздействий (*глаголов*) на О.И. в условиях «полного и принципиального» отсутствия самих объектов воздействия: нет причин, но есть только следствия. В основу теории вероятности заложены: принципы «частотной устойчивости» вероятностных мер, аддитивной и мультипликативной составимости сложных случайных воздействий из нескольких «независимых» случайных воздействий. А собственно сама теория обеспечивает детерминистическое описание только вероятностных мер одних П.Х.(событий) через задаваемые меры других событий присущих изучаемому объекту.

О роли консультаций в учебном процессе

Подкопаев П.А, Подкопаева Н.А.

Военная академия Республики Беларусь

Белорусский национальный технический университет

Современные методы обучения условно разделяют на три группы: пассивный метод, активный метод и интерактивный метод. Пассивный метод – это форма взаимодействия, в которой преподаватель является основным действующим лицом. Как показали исследования, проведенные Национальным тренинговым центром США пассивный метод имеет наименьший процент усвоения, интерактивное обучение позволяет резко увеличить процент усвоения материала. Консультация не предполагает монолог, здесь предполагается форма диалога: вопрос – ответ. Задача преподавателя – перевести эту форму общения со студентами из активной в интерактивную для достижения наилучших результатов в понимании и усвоении обсуждаемых вопросов. В учебном процессе вуза предусмотрены групповые и индивидуальные консультации. Цели и задачи, которые ставятся при проведении консультаций различных типов различны, отличаются и методы достижения поставленных задач.

Как правило, обучение математике построено по четкому алгоритму – от простого к сложному. При этом преподаватель должен дать определенный объем знаний в условиях жесткого учебного плана и ограниченного времени. Индивидуальные особенности усвоения материала каждым отдельным студентом остаются неучтенными. В решении этой проблемы могут помочь индивидуальные консультации. Групповая консультация, как правило, протекает в виде беседы преподавателя с обучающимися по вопросам, связанным с подготовкой к контрольной работе, лабораторной работе или к экзамену. Задача преподавателя – организовать диалог и направить его в нужное русло. Чтобы определить педагогически правильный метод проведения консультации, следует исходить из характера вопросов, задаваемых студентами. Эти вопросы можно разбить на следующие основные группы: относящиеся к самостоятельной работе обучающегося; касающиеся организации и методики самостоятельной работы; выясняющие дополнительные источники; связанные с уточнением теоретических положений, методов решения задач; методологического характера. В зависимости от того, какого типа вопрос задан, следует и полнота ответа преподавателя. Не всегда нужно давать исчерпывающий ответ, так как ясными и прочными знания становятся только в результате самостоятельной работы, в активном и интерактивном обсуждении вопросов.

**Применение симметричных свойств нелинейных
дифференциальных уравнений 2-го порядка**

Самодуров А.А., Федорако Е.И.

Белорусский государственный университет

Белорусский национальный технический университет

В работе [1] исследовано физическое явление – сверхизлучательная лава. При этом была получена система

$$\begin{cases} \frac{dR_z}{dt} = \left[-\frac{2}{\tau} R_- R_+ - \frac{N}{2} \left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{T_1} \right) \right] - \frac{R_z}{T_1}, \\ \frac{d \ln R_-}{dt} = \left(\frac{2}{\tau} - i\omega_0 - \frac{1}{T_2} \right) + \frac{2}{\tau} R_z, \\ \frac{d \ln R_+}{dt} = \left(-\frac{2}{\tau} + i\omega_0 - \frac{1}{T_2} \right) + \frac{2}{\tau} R_z \end{cases}$$

Используя конкретно заданные начальные условия и несколько замен переменных, придем к уравнению

$$y'' + \frac{\tau}{T_1} y' + 8e^y = - \left[2N \left(1 + \frac{\tau}{T_1} \right) + \frac{2\tau^2}{T_1 T_2} \right] \quad (1)$$

Проведенный в [2] групповой анализ уравнения показывает, что уравнение (1) допускает двухпараметрическую группу преобразований

$$\begin{aligned} x^* &= -\frac{1}{\alpha} \ln |C_1 + \exp(-\alpha(x + C_2))|, \\ y^* &= y + 2\alpha(x + C_2) + 2 \ln |C_1 + \exp(-\alpha(x + C_2))| \end{aligned}$$

где C_1 и C_2 – произвольные константы.

Если $y_1(x)$ – частное решение уравнения (1), то его общее решение имеет вид

$$y = -2\alpha(x + C_2) - 2 \ln |C_1 + \exp(-\alpha(x - C_2))| + y_1 \left(-\frac{1}{\alpha} \ln |C_1 + \exp(-\alpha(x + C_2))| \right).$$

Литература

1. Самодуров А.А., Чудновский В.М. О решениях одного уравнения нелинейной оптики. // Дифференциальные уравнения. 1987. Т. 23. №5. С. 911–913.
2. Федорако Е.И. Непрерывные преобразования дифференциальных уравнений второго порядка с заданной нелинейностью // Весці Беларускага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта. 2014. - Серыя 3. – с. 14-20.

**Моделирование температурных полей
двухслойного полого цилиндра**

Сороговец И.Б.

Полоцкий государственный университет

Пусть R_1 и R_3 радиусы внутренней и внешней поверхностей двухслойного полого цилиндра, R_2 – радиус поверхности соприкосновения слоев. Рассматривается одномерное нестационарное температурное поле двухслойного полого цилиндра с различными теплофизическими характеристиками слоев. Математическая модель задачи определения температуры такого тела представляет собой систему из двух уравнений теплопроводности, условий сопряжения, начального и граничных условий. Температура i -го слоя $i = 1, 2$ при однородных граничных условиях, полученная методом разделения переменных, имеет вид

$$T_{i,n}(r_i, t) = e^{-v_n^2 t} \left(A_i J_0 \left(\frac{v_n r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + B_i Y_0 \left(\frac{v_n r_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) (r_i \in [R_i, R_{i+1}]). \quad (1)$$

В (1) $J_0(x)$ и $Y_0(x)$ – функции Бесселя первого и второго рода нулевого порядка. Коэффициенты A_i, B_i удовлетворяют определенной системе четырех линейных уравнений с коэффициентами, зависящими от решаемой краевой задачи, a_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя, v_n – корни характеристического уравнения, представляющего собой равенство нулю определителя указанной выше системы уравнений.

Комбинируя граничные условия можно получить 9 различных начально-краевых задач. В каждом конкретном случае корни характеристического уравнения V_n можно найти на ЭВМ (например, в среде Mathcad) и функции (1) можно считать построенными. Введем функции $V_n(r)$, «скле-

енные» из $A_i J_0 \left(\frac{v_n r_i}{\sqrt{a_i}} \right) + B_i Y_0 \left(\frac{v_n r_i}{\sqrt{a_i}} \right)$ при $r = r_i$. Показано, что $V_n(r)$ явля-

ются собственными функциями линейного интегрального оператора Фредгольма 2-го рода с вещественным симметричным ядром. Этим доказана ортогональность системы $V_n(r)$ и разложимость по этой системе дважды непрерывно дифференцируемых функций, удовлетворяющих граничным условиям рассматриваемых задач.

**Формирование базовых знаний и умений студентов по разделу
«Аналитическая геометрия»**

Федорако Е.И.

Белорусский национальный технический университет

При изучении курса высшей математики на первом курсе университета студенты сталкиваются с проблемой усвоения большого объема информации в сжатые сроки. Так, например, в процессе изучения темы «Аналитическая геометрия» студент должен выучить несколько десятков формул и определений. Но, как известно, материал большого объема усваивается неохотно, а такой вид проверки знаний, как фронтальный устный опрос, не дает представления о готовности студентов к применению полученных теоретических знаний на практике.

Одним из способов выхода из этой непростой ситуации является проведение проверочных работ в форме тестов. В этом случае преподаватель не ставит цели выявить всю глубину знаний студента по изучаемой теме. А применение тестового контроля знаний студентов при изучении отдельных тем, требующих только знания формулы и моторных навыков ее применения, вполне приемлемо. Данные, получаемые преподавателем в результате тестирования, включают в себя информацию о пробелах в знаниях по конкретным темам и необходимости их коррекции.

Примерный вариант теста по теме «Прямая на плоскости»:

Задание	Варианты ответа
1. Уравнение прямой, проходящей через точку $A(3; -1)$ перпендикулярно вектору $\vec{n} = (-2; 3)$ имеет вид:	1) $3x - y + 9 = 0$; 2) $-2x + 3y = 0$; 3) $-2x + 3y + 9 = 0$; 4) $3x - y - 9 = 0$; 5) $2x + 3y - 9 = 0$; 6) $3x + y - 9 = 0$.
2. Из прямых $(l_1): 3x - y + 2 = 0$, $(l_2): 2x + 6y - 5 = 0$, $(l_3): 2x + y + 7 = 0$, $(l_4): x - 2y - 1 = 0$ выбрать пары перпендикулярных.	1) (l_1) и (l_2) ; 2) (l_1) и (l_3) ; 3) (l_1) и (l_4) ; 4) (l_2) и (l_3) ; 5) (l_2) и (l_4) ; 6) (l_3) и (l_4) .
3. Расстояние от т. $M(2, 5)$ до прямой $2x - y + 2 = 0$ равно...	1) $\frac{6}{\sqrt{5}}$; 2) $\frac{1}{\sqrt{3}}$; 3) $\frac{1}{\sqrt{5}}$; 4) $\frac{1}{3}$; 5) $\frac{1}{2}$; 6) 1.
4. Уравнение прямой, проходящей через точку $A(4; -1)$ параллельно прямой BC , где $B(0; 1)$, $C(1; 3)$, имеет вид:	1) $3x - y - 13 = 0$; 2) $x + 4y = 0$; 3) $3x - y + 1 = 0$; 4) $2x - y - 5 = 0$; 5) $2x - y - 9 = 0$; 6) $x + 2y - 7 = 0$.
5. Косинус угла между прямыми $(l_1): 2x + 4y - 3 = 0$ и $(l_2): 2x + y - 5 = 0$ равен...	1) $\frac{4}{5}$; 2) $\frac{1}{3}$; 3) $\frac{1}{\sqrt{5}}$; 4) $\frac{1}{5}$; 5) $\frac{1}{2}$; 6) 1.
6. Точки $A(4; -1)$, $B(0; 1)$ и $C(1; 3)$ - вершины треугольника ABC . Тогда уравнение медианы CM имеет вид:	1) $3x - y = 0$; 2) $x + 4y - 12 = 0$; 3) $3x + y - 6 = 0$; 4) $2x - y + 1 = 0$; 5) $2x - y - 9 = 0$; 6) $x + 2y - 7 = 0$.

**Об организации студенческих математических конференций
«Математика в геодезии»**

Хотомцева М.А.

Белорусский национальный технический университет

Трудно привлечь студентов младших курсов к исследовательской работе по математике в теоретической области, да и вряд ли это необходимо. Студенты должны осознавать возможности применения математических методов в своей специальности, а не быть их разработчиками. С этой точки зрения для студентов первого и второго курсов подготовка реферативных работ с элементами исследований по математическим методам в геодезии имеет большое значение.

На кафедре «Высшая математика №3» совместно с кафедрой «Инженерная геодезия» третий год подряд проводятся математические студенческие научные конференции для студентов первого и второго курсов.

Темы студенческих научных работ разрабатывается при участии ведущих преподавателей кафедры «Инженерная геодезия» и включают в себя некоторые специальные вопросы, которые необходимы для изучения дисциплин будущей профессии, но не рассматриваются в общем курсе математики из-за ограниченного времени.

Студенты организовываются во «временные трудовые коллективы» по 3-4 человека. Разделение обязанностей внутри коллективов способствует выработке умения работать в команде. Доклады проходят в форме презентаций с привлечением мультимедийных устройств. В процесс подготовки работ и выступлений вовлечены практически все студенты, обучающихся на данной специальности. Обязательным условием при подготовке работ является использование литературы на иностранных языках, поиск информации в специализированных научных журналах. Аннотация и выводы должны быть представлены на двух языках (русском и английском). При подготовке работ происходит акцентирование межпредметных связей, стимулируется личный интерес студента к проблемам будущей профессиональной деятельности, укрепляются навыки самостоятельного приобретения знаний.

Математические студенческие научные конференции являются одним из лучших методов активного обучения и способствуют повышению качества процесса обучения.

Для многих студентов участие в таких конференциях является первым шагом к серьезной научной работе.

Инженерная математика

Оценка времени инфляции

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрена инфляционная модель ранней Вселенной, содержащая только одно минимально связанное скалярное поле ϕ . Приняты следующие допущения: переход из ложного вакуума в действительный происходит в приближении медленного скатывания, плотность возмущений исследуется в наименьшем порядке приближения, скалярное поле изменяется монотонно со временем так, что производная по времени от этого поля больше нуля, спектральный индекс n_s не изменяется.

В стандартной Вселенной Фридмана-Робертсона-Уолкера уравнение Фридмана в форме Гамильтона-Якоби имеет вид

$$3H^2 - 2H'^2 = V(\phi), \quad \dot{\phi} = -2H',$$

где $H = H(\phi) = \dot{a}/a$ – параметр Хаббла, $a = a(t)$ – масштабный фактор, $V(\phi)$ – инфляционный потенциал; точка обозначает дифференцирование по времени, а штрих – по инфляционному полю. Для определения плотности энергии во Вселенной будем использовать соотношение $\rho(\phi) = 3H^2$. Выбирая инфляционный потенциал в следующем виде

$$V(\phi) = \frac{m_p^2}{8\pi} H^2 (3 - \epsilon),$$

где ϵ – параметр скатывания, а m_p – масса Планка, для поля ϕ можно получить соотношение

$$\phi(t) = \frac{2C_0 m_p}{\lambda \sqrt{8\pi}} \operatorname{Arcsinh}(\exp(H_0 \lambda^3 t)).$$

Здесь C_0 и H_0 – постоянные интегрирования, $\lambda^2 = 1 - n_s$.

Используя последнее соотношение и условие окончания инфляции $\epsilon = 1$, можно оценить время инфляции:

$$t = \frac{1}{H_0 \lambda^3} \ln \left(\sinh \left(\frac{\operatorname{arctanh} \left(\frac{\sqrt{2}}{\lambda} \right)}{C_0} \right) \right).$$

Из полученных результатов следует, что в низшем приближении по параметрам медленного скатывания время, в течение которого проходит фаза инфляции, определяется главным образом отклонением λ величины спектрального индекса от масштабно-инвариантного значения. Однако, безусловно, важны и начальные данные, описывающие поле инфляции до начала расширения Вселенной.

**Влияние информационных технологий
на развитие электронной торговли**

Бокуть Л.В., Соловей М.П.*, Серeda Е.А.*
Белорусский национальный технический университет
Белорусская государственная академия связи*

Развитие IT-технологий явилось предпосылкой для такого же быстрого развития электронной коммерции. Электронная коммерция и, в частности, Интернет-коммерция, все больше входит в нашу жизнь, что способствует открытию новых возможностей ведения бизнеса. Интернет-коммерция включает Интернет-магазины, биржи и посреднические Интернет-аукционы, проведение рекламных кампаний определенных товаров и др.

Основное преимущество Интернет-магазинов для потребителей – экономия времени. Кроме того, в Интернет-магазине можно неограниченно увеличивать ассортимент и информативность. Если предусмотреть поиск по параметрам, то пользователь может указать характеристики, которым должен соответствовать товар, и затем выбирать его из списка моделей, удовлетворяющих запросу. Затраты на работу интернет-магазина, включая доставку, существенно ниже, чем у обычного. В отличие от обычного магазина интернет-магазин способен обслужить несколько сотен клиентов одновременно.

Программное обеспечение для покупок в Интернет должно обеспечивать конфиденциальность персональной информации клиента, что достигается при хранении ее в надежном месте, не доступном для злоумышленников. Постоянные клиенты или те, кто делают покупки на большие суммы, должны получать скидки автоматически или при покупке определенных товаров; функцию электронного отслеживания выполнения заказа нужно изначально включить в программное решение. Потребители должны получать данные о выполнении своего заказа в любой момент.

Важной является система управления магазином. Успех Интернет-магазина напрямую зависит от возможностей программного обеспечения быстро адаптироваться к происходящим изменениям, поэтому модуль управления должен поддерживать все функции, необходимые для оперативного внедрения изменений, и одновременно быть достаточно простым. Для качественной системы Интернет-торговли необходимо использовать технологию отслеживания потребителей. Программный продукт, реализующий Интернет-магазин, должен обладать всеми качествами удобства пользования, а также обеспечивать безопасность данных.

Стеганографические методы для передачи данных с фазовой манипуляцией сигнала

Бокуть Л.В., Деев Н.А.*

Белорусский национальный технический университет
Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси*

В стеганографических методах исходный сигнал модулируется высокочастотной псевдослучайной последовательностью $W(t)$, которая определена на области значений $\{-1,1\}$. Вследствие этого для передачи результата необходима большая полоса пропускания. Обычно последовательности $W(t)$ выбирают ортогональными к сигналу контейнера. Результирующий стегосигнал представляет собой суммарный сигнал контейнерной составляющей $V(t)$ и скрываемых данных $D(t)$:

$$S(t)=V(t)+\alpha \cdot D(t) \cdot W(t),$$

где α – коэффициент затухания, предназначенный для выбора оптимального уровня шума, который вносится данными.

Для извлечения скрытых данных на принимающей стороне необходимо иметь ту же самую псевдослучайную импульсную последовательность $W(t)$, обеспечив ее синхронизацию со стегосигналом.

Рассматривается система передачи с фазовой информационной манипуляцией сигнала и межбитовой псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. В качестве контейнерной составляющей в данном случае служат узкополосные ЧМ- сигналы, а скрываемые данные передаются на фоне сигнала распределённые по диапазону и модулированные с помощью межсимвольной псевдослучайной перестройкой рабочей частоты.

При точном воспроизведении псевдослучайной импульсной последовательности в наибольшей степени удается осуществить подавление контейнерной составляющей. В случае, когда действует сумма сигналов контейнерной составляющей и скрываемых данных с различными спектрами, необходимо выделять из смеси каждую из них, оценивать, а затем вычитать из действующей смеси. Линейные фильтры для выделения сигналов контейнерной составляющей и скрываемых данных являются неэффективными для построения компенсаторов, поскольку при подавлении контейнерной составляющей подавляется и часть спектральных составляющих широкополосного сигнала скрываемых данных. В связи с этим целесообразно использовать нелинейные методы выделения и оценивания параметров сигнала контейнерной составляющей, основанные на сочетании безынерционного нелинейного преобразования с линейной фильтрацией.

Моделирование лазерно-индуцированных процессов в пленках TiAlN на кремниевых подложках

Гацкевич Е.И.¹, Ивлев Г.Д.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный университет

Тонкие плёнки бинарного нитрида TiAlN используются для формирования износостойких упрочняющих слоёв в технологии производства режущих инструментов и защитных покрытий. В [1] проведены исследования по модификации тонких пленок TiAlN воздействием интенсивного лазерного излучения наносекундной длительности. Установлено, что в определённом интервале плотностей энергии наносекундного облучения тонкоплёночной системы TiAlN/Si ниже установленного порога разрушения/абляции субмикронной плёнки TiAlN лазерно-индуцированные процессы изменяют её морфологию.

Целью работы являлось определение температурных режимов лазерного воздействия в условиях эксперимента [1]. Моделировалось воздействие импульсов излучения рубинового лазера с однородным распределением плотности энергии по области нагрева на тонкоплёночную систему TiAlN/Si. Для рассматриваемых экспериментальных условий длина тепловой диффузии за время импульса существенно меньше диаметра лазерного пятна, что позволяет ограничиться одномерным приближением. Поскольку при создании упрочняющих покрытий стремятся к достижению максимального сцепления пленки с подложкой, то на границе пленка-подложка предполагалась идеальная адгезия. Уравнение теплопроводности для системы плёнка – подложка решалось в конечных разностях методом прогонки по невязной разностной схеме.

В результате проведённого исследования получены расчётные данные о пространственно-временной эволюции температуры в нагреваемом слое при ряде плотностей энергии лазерного облучения системы TiAlN/Si. Определены температурные характеристики лазерно-индуцированных процессов, приводящих к экспериментально установленным особенностям модификации морфологии/структурного состояния плёнки бинарного нитрида.

Литература

1. Ивлев Г. Д. и др. Взаимодействие излучений с твёрдым телом. Материалы 11-й Международной конференции. Минск, Беларусь, 23-25 сентября 2015 г. – Минск: Издательский центр БГУ. 2015. С.33-35.

Использование информационных технологий в реализации процесса обучения

Прихач Н.К., Прусова И.В.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире существенное значение приобретает использование информационных технологий в образовании и, в частности, при изучении дисциплин «Прикладная математика», «Математическая статистика», «Математическое программирование». При взаимосвязи изучения информатики и данных дисциплин студенты знакомятся с математической исследовательской деятельностью и учатся применять компьютер как рабочий инструмент исследования.

При обучении математике дидактические возможности новых информационных технологий можно реализовать достаточно широко. Например, для повышения интереса студентов к изучаемому материалу, чтобы они на практике видели, как и где применяется данный раздел математики.

Информационные технологии целесообразны, если они позволяют получить такие результаты обучения, какие нельзя получить без использования этих технологий. В математической статистике и математическом программировании из-за обилия простейших вспомогательных действий трудно сформировать и проконтролировать, как формируются нужные качества и умения у студентов. Когда на решение одной задачи «руками» тратится из-за подобного целая пара, то трудно говорить о рациональном использовании времени на обучение и об успешном освоении запланированной программы.

Раньше на механико-технологическом тоже были лабораторные занятия по математике, что вызывало у студентов большой интерес к предмету и желание его освоить, но, к сожалению, они были исключены из программы. Однако впервые в следующем учебном году практические занятия курса «Математического программирования» у специальности «Экономика и организация производства» будет проходить в компьютерных лабораторных. Потому что так же, как и в курсе «Прикладная математика» на решение одной задачи могла уйти целая пара и не факт, что студенты могли решить её правильно из-за очень объёмных вычислений, где одна ошибка в промежуточных расчётах могла свести на нет всю задачу.

Поэтому мы считаем использование информационных технологий в реализации процесса обучения весьма рациональным.

Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом дельта вейвлетов

Романчук В.М.

Белорусский национальный технический университет

Доказана теорема, уточняющая условия применения метода дельта вейвлетов с целью решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа.

Вейвлет преобразование, относительно вейвлет функции единичного точечного заряда $\psi(R)=1/R$, определим по рекуррентным формулам:

$$\varphi_{k+1}(M) = \varphi_k(M) - V_h \varphi_k(M_h)$$

где

$$V_h \varphi(N) = \frac{1}{h^2} \int_S \frac{\varphi(P)}{C_h(P_h)} \psi\left(\frac{R_{PN}}{h}\right) dS_P,$$

$$C_h(N) = \frac{1}{h} \int_S \psi\left(\frac{R_{PN}}{h}\right) dS_P,$$

$\varphi_0(M)$ - граничные значения, гармонической в области D функции $U(Q)$, такой, что $U(M)=\varphi_0(M)$, $M \in S$;

$n(M)$ - внешняя нормаль к поверхности S в точке $M \in S$;

$n(P)$ - внешняя нормаль к поверхности S в точке $P \in S$;

M_h - точка, которая принадлежит внешней области D , $M_h \rightarrow M$ по нормали $n(M)$, при $h \rightarrow 0$;

P_h - принадлежит внешней области D , $P_h \rightarrow P$, при $h \rightarrow 0$ по нормали $n(P)$;

N - точка, которая принадлежит внешней области D .

Теорема. Пусть S – замкнутая поверхность Ляпунова с показателем гладкости $\delta=1$, ограничивающая область D , тогда гармоническая функция может быть восстановлена по формуле обратного вейвлет преобразования для точек Q области D :

$$U(Q) = \sum_{k=1}^{\infty} V_h \varphi_k(Q),$$

где $h=a_k$, $a_k \rightarrow 0$.

Вербальный анализ альтернатив

Романчак В.М., Кондратьева Н.А.
Белорусский национальный технический университет

В ряде случаев комплексный показатель качества невозможно выразить через единичные показатели с помощью объективной зависимости, тогда применяют эвристические способы образования комплексных показателей по принципу среднего взвешенного. Эвристическая модель может не соответствовать мнению эксперта.

Рассматривается возможный подход к задаче экспертного оценивания, который позволяет учитывать мнение эксперта. В качестве базового понятия вводится определение субъективной вероятности, которую мы определяем как вероятность в шкале интервалов или более коротко - потенциал.

Пусть (Ω, A, P) – дискретное вероятностное пространство. Разностью потенциалов будем называть разность значений произвольной ограниченной функции $U(\omega)$, определенной на множестве элементарных событий Ω . Потенциалом (вероятности) элементарного события ω называется функция $U(\omega)$, определенная на множестве Ω и линейно связанной с распределением вероятности $P(\omega)$.

Определение. Пусть (Ω, A, P) – вероятностное пространство. Разностью потенциалов элементарных событий называется функция $R(\omega_i, \omega_j)$ определенной на множестве Ω^2 :

$$R(\omega_i, \omega_j) = U(\omega_i) - U(\omega_j),$$

где $U(X)$ - произвольная функция, определенная на множестве элементарных событий Ω .

Определение. Пусть (Ω, A, P) – вероятностное пространство. Потенциалом (вероятности), называется функция $U(\omega)$, определенная на множестве элементарных событий, такая что:

$$U(\omega_i) - U(\omega_j) = m(P(\omega_i) - P(\omega_j)) \quad (1)$$

($m \neq 0$ – неизвестная постоянная масштаба, $\omega_i, \omega_j \in \Omega$).

Общее решение уравнения (1) имеет вид \in

$$U(\omega_i) = mP(\omega_i) + \beta, \quad \forall \omega_i \in \Omega,$$

($m \neq 0, \beta$ – неизвестные постоянные).

Из равенства (1) следует, что разность потенциалов равна разности вероятностей с точностью до масштабной постоянной.

Введенные определения потенциала допускают естественное обобщение для потенциала случайных величин. Разность потенциалов событий в может существовать, а может не существовать.

Коллаборативная фильтрация методом сингулярных вейвлетов

Романчак В.М., Лаппо П.М.

Белорусский национальный технический университет
Белорусский государственный университет

С помощью коллаборативной фильтрации можно предсказать, какой продукт понравится пользователю, имея неполную информацию о его предпочтениях.

Пример. Допустим, у нас имеется матрица оценок, выставленных пользователями различным продуктам. Строки матрицы соответствуют пользователям, столбцы матрицы - продуктам. Не все элементы матрицы заполнены – имеются пропуски. Необходимо предсказать какие из продуктов будут востребованы пользователями.

Расстояние между объектами может быть просто евклидовым, если все данные измерены в абсолютной шкале или можно использовать коэффициент корреляции Пирсона для шкалы интервалов.

В основе алгоритма лежит предположение, что реальные таблицы содержат похожие между собой объекты (строки и столбцы). Если же избыточность отсутствует (как, например, в таблице случайных чисел), то предпочесть один прогноз другому невозможно. Наша задача аппроксимировать функцию U двух переменных X и Y , каждая из переменных которой является, в свою очередь, вектором: $U=U(X_i, Y_j)$, где X_i – строка с номером i , Y_j – столбец с номером j .

Алгоритм тестировался на реальных данных. Таблица наблюдений была полностью заполнена ответами интервьюеров. Далее, часть данных считалась неизвестной и восстанавливалась с помощью метода сингулярных вейвлетов и по методу ближайших соседей. Результаты аппроксимации представлены в таблице 1.

Таблица 1

Фрагмент результатов аппроксимации

3	2	(2,9) 4 (2,3)	4
4	(2,5) 1 (2,6)	3	(4,2) 4 (4,3)
3	2	(2,5) 3 (2,1)	5
5	2	1	(4,4) 5 (4,7)

В таблице 1 приведены наблюдаемые ответы интервьюеров, в скобках - результаты аппроксимации по двум методам.

Независимость по вероятности в шкале интервалов

Романчук В.М., Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

Уточняются основные элементы, предложенного ранее авторами, метода альтернатив. Для моделирования степени субъективной уверенности эксперта предлагается использовать вероятностную модель, в которой вероятность измеряется в шкале интервалов. В данной работе вероятность в шкале интервалов (потенциал) рассматривается применительно к случайным величинам. Формулируются основные определения.

Определение. Пусть X_1 и X_2 - две дискретные, случайные величины с одинаковым законом распределения. Разностью потенциалов называется функция $R(X_1, X_2)$:

$$R(X_1, X_2) = U(X_1) - U(X_2).$$

Теорема. Для того, чтобы функция $R(X_1, X_2)$, определенная на X^2 была разностью потенциалов $R(X_1, X_2) = U(X_1) - U(X_2)$, необходимо и достаточно, чтобы циркуляция (изменение) функции $R(x, y)$ вдоль любого замкнутого пути равнялась нулю.

Например, должны равняться нулю суммы вида: $R(x, y) + R(y, z) + R(z, x) = 0$, $R(x, y) + R(y, x) = 0$.

Определение (потенциала). Пусть X_1 и X_2 - дискретные, одинаково распределенные случайные величины с законом распределения $P(X)$. Потенциалом (вероятности) называется функция U такая, что

$$U(X_1) - U(X_2) = m(P(X_1) - P(X_2)), \quad (1)$$

где $m \neq 0$ - произвольная неизвестная постоянная.

Из равенства (1) следует, что разность потенциалов равна разности вероятностей с точностью до масштабной постоянной.

Теорема. Если $Z = (X, Y)$ - дискретная двумерная случайная с потенциалом $U(X, Y)$, то существуют потенциалы одномерных случайных величин X и Y : $U(X)$, $U(Y)$.

Теорема. Если дискретные величины X, Y независимы, то существуют частные потенциалы $u(x, y)$, $u_1(x)$ $u_2(y)$ такие, что:

$$u(x, y) = u_1(x)u_2(y)$$

или

$$u(x, y) = u_1(x) + u_2(y), \text{ (в пределе).}$$

Данный подход позволяет существенно использовать результаты теории вероятности в теории полезности, методе MAUT, теории нечетких множеств.

**Модернизация тематики курсовых работ по дисциплине
«Информатика» для студентов ПСФ БНТУ**

Кондратьева Н.А., Романчак В.М.
Белорусский национальный технический университет

Курсовая работа предполагает постановку и решение совокупности аналитических, расчетных, исследовательских, оценочных задач, объединенных общностью рассматриваемого объекта. Целью курсового проектирования по дисциплине «Информатика» является формирование у студентов опыта комплексного решения конкретных вычислительных задач.

В «Методических указаниях к курсовым работам по информатике» изложены требования к выполнению и оформлению курсовых работ по дисциплине «Информатика» для студентов инженерных специальностей приборостроительного факультета БНТУ в соответствии с Приказом БНТУ от 10 февраля 2014 года №206 «Инструкция о порядке организации курсового проектирования и защиты курсовых проектов». Методические указания составлены коллективом преподавателей кафедры «Инженерная математика». Указания состоят из пяти частей, в которых разъясняется структура курсового проекта, требования к оформлению и защите курсовой работы, представлен список примерных тем курсовых работ для различных специальностей приборостроительного и спортивно-технического факультетов, предложена тематическая литература.

В ходе выполнения курсовой работы студенты получают возможность закрепить знания и навыки по некоторым смежным дисциплинам, таким как физика, линейная алгебра, математический анализ, дифференциальные уравнения, численные методы, поскольку одним из разделов курсовой работы является математическое моделирование предметной области. Важной задачей также является формирование умения грамотно оформлять пояснительную записку, делать презентацию и защищать результаты работы перед аудиторией.

Содержание и сроки выполнения отдельных этапов курсовой работы должны устанавливаться таким образом, чтобы в течение всего периода проектирования обеспечивалась равномерная недельная трудоемкость работ. При сдаче студентом готовых частей курсовой работы на проверку, для отслеживания хода курсового проектирования, предлагается к выполненным разделам прикладывать протокол консультаций, куда будут записываться замечания и рекомендации консультанта, что станет стимулом к успешному результату

Разработка заданий с параметрами

Мелешко А.Н., Кондратьева Н.А.
Белорусский национальный технический университет

Задачи с параметрами имеют определенную диагностическую ценность. Посредством их можно проверять знание различных разделов математики, уровень математического и логического мышления, навыки исследовательской деятельности. Наличие параметров заставляет решать задачу, рассматривая различные случаи.

Одним из подходов при составлении таких заданий является введение параметров в ту или иную задачу с целью проведения полного исследования их влияния на решение задачи. Параметры удобно использовать и непосредственно при разработке многовариантных заданий, как с целевыми параметрами, так и без них.

Рассмотрим пример составления тригонометрического уравнения с параметром для ЦТ. Подбираем тип уравнения и формулировку задания в общем виде: «Найти произведение $k*s$, где s – сумма всех значений параметра a , при которых уравнение $(\sin \omega x)^2 - (a+b/c) * \sin \omega x + (d/e) * a - (f/g) = 0$ имеет ровно три корня на промежутке $(0; 2\pi/\omega)$ ». Здесь a – целевой параметр, исследование значений которого определяет алгоритм и множество решений уравнения. Параметры $b, c, d, e, f, g, \omega, k, s$ предназначены для тиражирования вариантов задания. Эти числа подбираются в определенных сочетаниях так, чтобы поставленная задача удовлетворяла ряду требований. Вот некоторые из них.

Решение тестового задания должно быть достаточно коротким, алгоритм решения для всех вариантов должен быть единый, объем вычислений и количество операций в каждом варианте одинаковое, сами вычисления должны выполняться легко и без громоздких преобразований, стандарт представления ответа и т.д.

Для решения уравнения применяется подстановка $\sin \omega x = t$, в результате чего при соответствующем подборе коэффициентов оно распадается на равносильную совокупность уравнений $\sin \omega x = m/n$, $|m/n| < 1$, $\sin \omega x = a - p/q$; m, n, p, q – вычисляются по значениям параметров второй группы.

При этом первое уравнение всегда имеет 2 корня (заданный промежуток по длине совпадает с периодом функции $\sin \omega x$). Тогда второе уравнение должно иметь на этом промежутке только один корень, что возможно только, если $a = p/q \mp 1$, $a = p/q$. Требуемый ответ: $k*s = 3k*p/q$.

Сравнительный анализ асимптотического и численного решений задачи об упругопластической трещине

Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается неподвижная трещина в бесконечной пластине, материал которой предполагается упругопластическим, упрочняющимся по степенному закону, несжимаемым, в условиях плоской деформации. Исследуется напряженно-деформированное состояние в малой окрестности конца трещины.

Задача решается методом асимптотических разложений по малому параметру, где в качестве малого параметра используется расстояние от вершины трещины. С целью исследования основных закономерностей деформирования упругопластического материала для сравнения используем решение упругопластической задачи в рамках деформационной теории методом конечных элементов. В качестве материала для пластины выбрана сталь X6CrNiTi18-10. На рисунках представлены распределения безразмерных компонент напряжений для стали с упругопластическими характеристиками: $G = 77000 \cdot 10^6 \frac{H}{M^2}$,

$B_2 = 3.2124114 \cdot 10^{-6}$ при нагрузке $P = 70 MPa$.

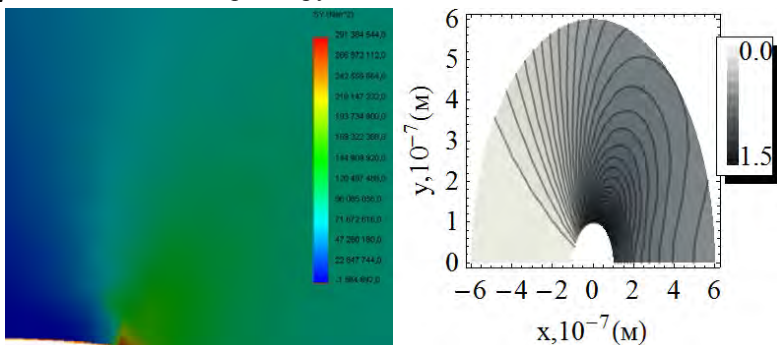


Рисунок 1 – Распределение напряжений σ_{22} , полученные методом конечных элементов; полученные методом асимптотических разложений

Влияние отверстия носит локальный характер, а именно по мере увеличения отдаления от отверстия напряжения σ_{22} приближаются к значению P .

Особенности бинаризации промышленных изображений методом Оцу и методом отсечения гистограммы

Гундина М.А., Чешкин А.Н., Прихач И.В.
Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим специфику алгоритмов обработки снимков поверхностей промышленных объектов, которые могут использоваться при конструировании промышленных приборов для выделения областей интереса.

Для сравнения были выбраны пороговые значения бинаризации, получаемые алгоритмом сбалансированного порогового отсечения гистограммы и методом Оцу. Первый подход основан на следующем: «взвешиваются» две разные доли гистограммы. Если одна «перевешивает», то из этой части гистограммы удаляется крайний столбик и процедура повторяется. В итоге остается одно значение, которое и принимают в качестве порогового. Второй подход (метод Оцу), в отличие от бинаризации с верхним или нижним порогом, позволяет найти порог, используя оценку дисперсии изображения. Для каждого значения столбца гистограммы вычисляется максимальное значение оценки качества разделения изображения на две части. Результатом будет то значение t , при котором межклассовая дисперсия будет наибольшей.

Рассмотрим результат применения данных подходов для снимка микроструктуры поверхности металла (рис.1). Снимки получены с помощью микроскопа МИКРО200-01.

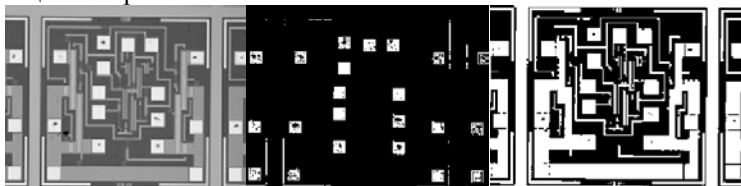


Рисунок 1 – Снимок кристаллов на полупроводниковой пластине: а – исходное изображение; б – изображение, полученное с помощью бинаризации Оцу; в – изображение, полученное с помощью алгоритма сбалансированного порогового отсечения гистограммы

Как видно из рис.1, изображение с порогом, полученным методом взвешенных гистограмм, позволит выделить контактные площадки на изображении. Изображение с порогом, полученным по методу Оцу, позволяет сохранить больше деталей на изображении. Выбор метода осуществляется из потребностей поставленной задачи.

Эффективные алгоритмы умножения и возведения в степень степенных рядов

Волкович П.Ф., Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

Произведение m различных степенных рядов представляется выражением

$$\underbrace{\sum_{n=0}^{\infty} u_n x^n \sum_{n=0}^{\infty} t_n x^n \dots \sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n}_{m \text{ рядов-сомножителей}} = \sum_{n=0}^{\infty} P_m^{(n)}(u_s, t_r, \dots, b_j, a_i) x^n,$$

где $P_m^{(n)}(u_s, t_r, \dots, b_j, a_i)$ – сумма произведений коэффициентов $u_s, t_r, \dots, b_j, a_i$ ($s, r, \dots, j, i = 0, 1, 2, \dots; n = 0, 1, 2, \dots$) перемножаемых рядов, для которых $s + r + \dots + j + i = n$; последовательность (s, r, \dots, j, i) образует различные перестановки с повторениями чисел $n = 0, 1, 2, \dots, n$; $P_m^{(n)}(u_s, t_r, \dots, b_j, a_i) = P_m^{(n)}(a_i, b_j, \dots, t_r, u_s)$.

Для выписывания $P_m^{(n)}$ необходимо вначале выписать различные перестановки (s, r, \dots, j, i) , для которых $s + r + \dots + j + i = n$; записать соответствующие этим перестановкам коэффициенты $u_s, t_r, \dots, b_j, a_i$ и, наконец, составить из них суммы произведений $P_m^{(n)}$. Значительно упрощает выписывание $P_m^{(n)}$ использование с этой целью рекуррентного соотношения

$$P_m^{(n)} = u_0 P_{m-1}^{(n)} + u_1 P_{m-1}^{(n-1)} + \dots + u_{n-1} P_{m-1}^{(1)} + u_n P_{m-1}^{(0)}.$$

Возведение в степень m степенного ряда определяется формулами

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = \sum_{n=0}^{\infty} P_m^{(n)}(a_s, a_r, \dots, a_j, a_i) x^n,$$

$$P_m^{(n)} = a_0 P_{m-1}^{(n)} + a_1 P_{m-1}^{(n-1)} + \dots + a_{n-1} P_{m-1}^{(1)} + a_n P_{m-1}^{(0)}.$$

Мультисенсорная газовая микросистема для определения концентрации горючих газов в окружающей среде

Реутская О.Г.

Белорусский национальный технический университет

Одним из перспективных решений, применяемых для повышения селективности газовых сенсорных систем, является создание матриц из сенсоров (мультисенсорные системы), имеющих различные физические свойства и (или) параметры чувствительного слоя. Изготовление модуля химических сенсоров на одном кремниевом кристалле (Lab-on-a-chip) является одним из перспективных направлений в развитии газовой сенсорики.

Разработана конструкция и технология мультисенсорной газовой микросистемы, позволяющая регистрировать ряд горючих и токсичных газов. Особенностью системы является использование на одном кристалле нескольких элементов сенсора с различными чувствительными слоями. В качестве подложки толщиной 50 мкм применялся наноструктурированный оксид алюминия, который обладает хорошей механической прочностью и позволяет создавать микросистемы, сохраняя при этом размеры однокристалльных структур. Металлооксидные чувствительные слои, сформированные послойным нанесением на поверхность кристалла, обеспечивают высокие сенсорные отклики к горючим и токсичным газам. Вид разработанной микросистемы представлен на рис.1.

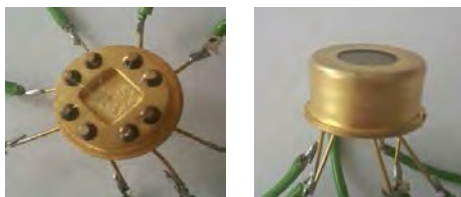


Рисунок 1 – Микросистема в корпусе

Разработана методика измерения сенсорного отклика в режиме импульсного нагрева, позволяющая детектировать сигнал сенсора при воздействии NO_2 с концентрацией 4 ppm до 2000 % при мощностях микроваттного диапазона. На основе данной методики разработан алгоритм измерения сенсорного отклика с учетом особенностей сигнала микросистемы. Данный алгоритм позволяет встраивать микросистему в качестве чувствительного элемента в пожарные извещатели и системы противопожарной безопасности.

Метод Нечаева–Сильвера–Полига–Хелмана (НСПХ)

Крупенкова Т.Г., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

Военная академия Республики Беларусь

Американский учёный-исследователь Дэниэл Шенкс в 1971 году прочитал доклад, содержащий, в частности, метод больших и малых шагов (baby step giant step). И метод этот и доклад знали и цитировали учёные, как на Западе, так и в Социалистическом лагере.

В 1978 году Стивен Полиг и Мартин Хелман, опираясь на факторизацию мультипликативной группы кольца классов вычетов в произведение циклических подгрупп, построили дальнейшее развитие этого метода. Вскоре выяснилось, что этот же метод независимо и ранее изобрёл и развил американский математик Роланд Сильвер.

В 1994 году появилась работа московского математика Василия Ильича Нечаева. В ней утверждались следующие факты : а) метод малых и больших шагов известен в Советском Союзе с 1962 года и был открыт советским математиком Гельфондом А.О., б) метод Сильвера–Полига–Хелмана был открыт самим Нечаевым в 1965 году, в) метод больших и малых шагов и Сильвера–Полига–Хелмана являются наилучшими среди детерминированных алгоритмов решения проблемы дискретного логарифмирования – результата этот получен им в 1972 году.

Поэтому, обсуждаемый метод должен носить название Нечаева–Сильвера–Полига–Хелмана.

Поиск секретного ключа u в криптосистеме Эль-Гамала для решения задачи $g^y = b$ в кольце Z/PZ существенно упрощается благодаря тому, что конечная циклическая группа Z/PZ^* раскладывается в прямое произведение $Z/PZ^* = C(p_1^{t_1}) \times C(p_2^{t_2}) \times \dots \times C(p_k^{t_k})$ своих циклических подгрупп $C(p_i^{t_i})$ в соответствии с каноническим разложением $p-1 = p_1^{t_1} \cdot \dots \cdot p_k^{t_k}$.

Суть алгоритма заключается в том, что достаточно найти u по модулям $p_i^{t_i}$ для всех i , а затем решение сравнения - с помощью китайской теоремы об остатках. Чтобы найти u по каждому из таких модулей, нужно решить сравнение $(g^y)^{(p-1)/p_i^{t_i}} \equiv b^{(p-1)/p_i^{t_i}} \pmod{p}$.

Физика

Моделирование локального нагрева синтетического алмаза короткими импульсами мощного излучения

Хорунжий И.А., Мартинович В.А., Казючиц Н.М., Русецкий М.С.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время алмазные подложки широко применяются для установки на них мощных полупроводниковых приборов. Высокая теплопроводность алмаза позволяет применять такие подложки для распределения сосредоточенного теплового потока на большую площадь. Для изготовления теплопроводящих алмазных подложек кристаллы синтетических алмазов режутся на тонкие пластины и шлифуются. Поскольку алмаз самый твердый из всех известных материалов, то любая его механическая обработка крайне затруднительна. Наиболее эффективный способ резки алмаза – лазерная резка [1]. Лазерная резка заключается в нагреве поверхности алмаза коротким импульсом лазерного излучения и испарении материала из области нагрева. Длительность импульса излучения выбирается таким образом, чтобы за время воздействия не успевал произойти значительный перенос тепла от области воздействия за ее пределы. Сделанные оценки показали, что для получения тонкого разреза шириной порядка 20 мкм длительность импульса должна составлять 10^{-8} с и менее. Для определения плотности мощности лазерного излучения, необходимой для осуществления нагрева и испарения материала из облучаемой области, было проведено компьютерное моделирование нагрева поверхности алмаза коротким импульсом лазерного излучения. Расчеты были проведены для импульса лазерного излучения лазера с длиной волны 1,06 мкм, длительностью импульса 10^{-9} с и плотностью энергии излучения 15 Вт/см^2 . Согласно расчетам, проведенным при указанных параметрах, максимальная температура на поверхности облучаемой области достигает 4020°C , что примерно соответствует температуре испарения алмаза [2]. Глубина прорезаемой канавки при таком воздействии составит около 10 мкм и для получения нужной глубины необходимо многократное воздействие.

Литература

1. Migulin V.V. et al. Oxygen-assisted laser cutting and drilling of CVD diamond plates. – Lasers in Synthesis, Characterization and Processing of Diamond, Proceedings of SPIE, 1998, v.3484, p.175.
2. Вакс Е.Д., Миленский М.Н., Сапрыкин Л.Г. Практика прецизионной лазерной обработки/ Москва: Техносфера, 2013. -696 с.

Опыт использования электронного учебно-методического комплекса как инновационной составляющей обучения студентов

Мартинovich В.А., Хорунжий И.А.

Белорусский национальный технический университет

Воспитание молодых специалистов, которые могут решать сложные научно-технические задачи в современных условиях – основная задача высшей школы. Одно из центральных мест среди фундаментальных наук занимает физика. Современному инженеру необходимо основательное знание основных законов физики, их применения и методов познания. Перед преподавателями университетов ставится задача не только дать определенный объем информации, но и научить студентов учиться, прививать навыки самостоятельной работы. Необходимо, чтобы весь ход учебного процесса развивал интерес к самостоятельной работе, вызывал потребность в ней, способствуя разумному использованию свободного времени.

Наиболее рациональной стратегией в данном направлении является использование интересов и привычек молодых людей, широко применяющих информационные технологии в повседневной жизни. Для этого необходимо предоставить им учебный материал в привычном и доступном виде. Эту задачу решают электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК).

На кафедре “Техническая физика” БНТУ были разработаны три ЭУМК, содержащие все необходимые материалы по каждому из изучаемых студентами инженерных специальностей разделов физики. В состав каждого комплекса входят: программа по дисциплине “Физика” для технических специальностей; электронный конспект лекций; задачки по физике, в том числе задачник с примерами решения типовых задач; методические пособия для студентов заочного отделения и т.д. В дальнейшем предполагается добавить видеозаписи лекций, читаемых лучшими преподавателями. Следующий шаг – это доступ к ЭУМК с сайта университета. Может быть предоставлен отдельный доступ для преподавателей, размещающих индивидуальные задания, и студентов, выполняющих эти задания. Это позволит использовать ЭУМК на удаленном расстоянии, а не только внутри университета.

ЭУМК используются в учебном процессе уже в течение года. Установлено, что электронные комплексы помогают планировать, организовывать и управлять самостоятельной работой студентов, причем именно эта работа оказывает определяющее влияние на конечные результаты процесса обучения.

Метод оперативной оценки химической деструкции и общей загрязненности смазочных и трансформаторных масел

Маркова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Разработан метод оперативной оценки работоспособности смазочных и трансформаторных масел, основанный на измерении двух диагностических параметров – “химическая деструкция” и «общая загрязненность» масла. Химическая деструкция определяется по смещению цвета (спектра пропускания) работавшего масла относительно цвета свежего масла в длинноволновую часть спектра и характеризует степень изменения химической структуры масла, обусловленного как его окислением, так и термической деструкцией, разложением присадок и др. Параметр “химическая деструкция”, как величина относительная, не зависит от температуры и флуктуаций интенсивности оптического излучения источника, что обеспечивает высокую чувствительность оценки состояния масла. Общая загрязненность масла оценивается по изменению оптической плотности работавшего масла относительно свежего одновременно в трех спектральных диапазонах – красном, зеленом и синем.

Проведено тестирование датчика, реализующего разработанный метод, на образцах масла, которое было подвергнуто искусственному старению, и на пробах масел, отобранных из работающих узлов трения. Анализировались пробы как минеральных, так и синтетических масел. Для оценки достоверности оценки состояния масла по предложенным показателям проводился их сравнительный анализ с вязкостью и общим кислотным числом масла, измеренными стандартными методами, а также с данными ИК-спектров, полученными на спектрометре Avadar 370.

Результаты испытаний показали высокую достоверность разработанного метода для оперативной оценки рабочих свойств смазочных и трансформаторных масел.

Об особой диффузионно-кооперативной природе гидридных превращений

Жиров Г.И., Гольцова М.В.

Белорусский национальный технический университет

Фазовые превращения являются одним из важнейших предметов изучения для физики металлов, и лежат в основе большинства современных методов обработки металлических материалов.

В последние годы в связи с зарождением и развитием водородной обработки материалов стали интенсивно изучаться гидридные превращения, как новый класс фазовых превращений в твердом теле. Эти превращения реализуются в системах металл-водород и имеют диффузионно-кооперативную природу.

Гидридные превращения имеют место в сплавах металл (материал)-водород, которые легко могут быть реализованы и как закрытые системы, и как открытые, обменивающиеся с внешней средой веществом (водородом).

Уникальная специфика систем металл (материал)-водород состоит в том, что диффузионная подвижность внедренных атомов водорода в 10^{20} – 10^{30} раз больше диффузионной подвижности других атомов компонентов сплава. Механизм гидридных превращений является диффузионно-кооперативным. Он реализуется двумя взаимообусловленными, взаимосвязанными субмеханизмами, имеющими место в двух различных атомных подсистемах: в водородной подсистеме внедрений и в кристаллической матрице (металлическая подсистема).

Анализ, выполненный в работе, показал, что для систем металл-водород положение Г.В.Курдюмова о возможности термоупругого равновесия фаз при мартенситных превращениях является недостаточным для гидридных превращений. Соответственно было сформулировано более широкое положение о возможности термо-баро-упруго-диффузионного (ТБУД) равновесия фаз, работающего при гидридных превращениях в термодинамически открытых системах металл-водород. В закрытых системах металл-водород это положение сводится к термо-упруго-диффузионному равновесию.

Таким образом, выполненный сравнительный анализ и приведенные экспериментальные данные дают основание утверждать, что гидридные превращения по своей природе не сводимы к мартенситным превращениям и составляют особый класс диффузионно-кооперативных фазовых превращений в конденсированном веществе.

**Учет влияния температуры слабых электролитов
при кондуктометрических измерениях**

Киреенко В.П.

Белорусский национальный технический университет

Кондуктометрические методы измерения параметров жидких сред основаны на использовании функциональной зависимости удельной электрической проводимости (УЭП) растворов электролитов от массовой доли растворенного вещества (концентрации). Эта зависимость носит немонотонный характер вследствие наличия межмолекулярных взаимодействий, изменения вязкости раствора и т. д. На практике, в реальных технологических процессах, определение концентрации приходится производить при постоянно изменяющейся температуре, что приводит к дополнительной нелинейности УЭП. Для учета влияния температуры используется в основном два подхода. При измерениях с невысокой точностью используется линейная температурная аппроксимация УЭП – вводится фиксированный температурный коэффициент, который составляет 2,0 – 2,5 %/°C для растворов солей и щелочей и 1,0 – 1,6 %/°C для растворов кислот [1]. Такая аппроксимация приводит к абсолютной погрешности более 0,1% определения концентрации водных растворов HNO₃ для концентраций выше 1,50% и при температурах больше 70 °C; а для растворов NaOH – при концентрациях более 1,7% и температурах выше 75° [2].

Во втором подходе, в зависимости от выходного сигнала датчика температуры раствора (для этих целей можно использовать интегральные полупроводниковые датчики, имеющим цифровой выход), осуществляется выборка из ПЗУ измерительного блока соответствующей страницы памяти, содержащей таблицу пересчета значений тока кондуктометрической ячейки в значения концентрации раствора для данной температуры и данного типа раствора. Реализация данного метода термокомпенсации позволила уменьшить дополнительную погрешность от изменения температуры измеряемого раствора до величины не более половины основной абсолютной погрешности прибора типа ИКР на 10°С, что составляет ≤0,05%.

Литература

1. Брусиловский, Л. П. Приборы технологического контроля в молочной промышленности / Л. П. Брусиловский, А. Я. Вайнберг. – Москва : Агропромиздат. 1990. – 288 с.
2. Киреенко, В. П. Оценка влияния температуры слабых электролитов на точность измерения их концентрации / В. П. Киреенко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 12-ой Междунар. науч.-техн. конф. в 4 т. – Минск, БНТУ, 2014 г. Т.3. – С. 444.

Статистика спектрального разложения полос фотолюминесценции квантовых точек на компоненты при вариации температуры

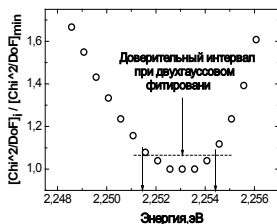
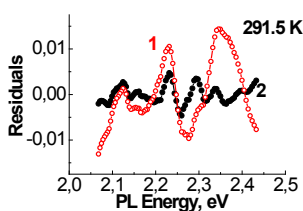
Зенькевич Э.И.¹, Ступак А.П.², Степанов М.А.¹, фон Борцисковски К.³

¹Белорусский национальный технический университет

²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

³Институт физики Технического университета г. Хемнитца, Германия

Нами было обосновано, что для растворов квантовых точек (КТ) CdSe/ZnS и нанокмозитов «КТ-порфирин» спектры фотолюминесценции (ФЛ) КТ в диапазоне температур 77÷295 К, формируются несколькими компонентами различной природы (включающие экситонные и поверхностные состояния). Для описания свойств этих состояний было проведено разложение экспериментальных полос ФЛ индивидуальных КТ CdSe/ZnS, а также полос свечения КТ в составе наноансамблей (1:1) на две гауссовы компоненты. Сравнение параметров фитирования (среднеквадратичное отклонение, χ^2/DoF , коэффициент детерминирования R^2 , взвешенные остатки Res), свидетельствует о том, что практически во всех случаях процедура фитирования полосы ФЛ КТ двумя гауссовыми компонентами является статистически обоснованной.



$$\chi^2 = \sum_{k=1}^n \frac{[N(v_k) - N_c(v_k)]^2}{\sigma_k^2}$$

$$\chi_R^2 = \frac{\chi^2}{n-p}$$

Оценка доверительного интервала и результатов фитирования при разложении экспериментальных полос ФЛ на гауссовы компоненты проводилась в рамках пуассоновской статистики с учетом среднеквадратичного отклонения χ , деленного на число степеней свободы $(n-p)$. В результате, установлено, что при ~ 120 значениях степеней свободы (условия эксперимента) и вероятности $P=0.32$ (величина F статистики для случайных ошибок) величина доверительного интервала составляет ± 1.5 мэВ, что значительно меньше значения энергетического расщепления для двух гауссовых компонент ($\Delta E \sim 5 - 15$ мэВ). Дополнительными аргументами в подтверждение такого разложения являются прямые спектрально-кинетические корреляции, обнаруженные в экспериментах с ансамблями КТ и для одиночных квантовых точек и наноансамблей.

Температурная зависимость экситон-фоонных взаимодействий в квантовых точках и наноансамблях «квантовая точка–краситель»

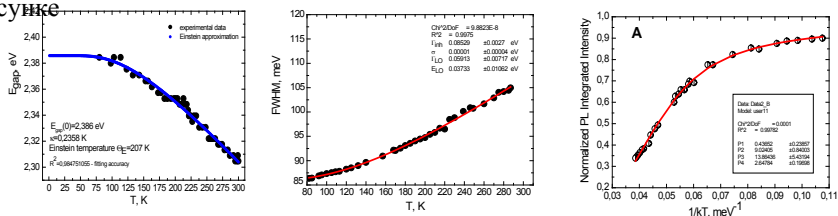
Зенькевич Э.И.¹, Ступак А.П.², фон Борцисковски К.³

¹Белорусский национальный технический университет

²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

³Институт физики Технического университета г. Хемнитца, Германия

Одной из проблем физики квантовых точек (КТ) является учет эффектов квантового ограничения на экситон-фоонные взаимодействия и оценка частот фононов различной природы. Решение этих вопросов было предпринято нами для полупроводниковых КТ CdSe/ZnS и нанокомпозитов «КТ-краситель» в растворах при исследовании температурной (77–295 К) зависимости параметров полос поглощения и фотолюминесценции (положение в шкале энергий E_{gap} , интенсивность $I(t)$, полуширина $FWHM$, стоксовский сдвиг ΔST). Сопоставление экспериментальных данных (точки) и теоретических расчетов (сплошные линии) приведено ниже на рисунке



На основании анализа полученных результатов сделаны следующие выводы. Спектры ФЛ более чувствительны к LO фононам оболочки ZnS и поверхностным состояниям. При переходе к низкой температуре фазовая перестройка слоя пассивирующего лиганда изменяет величину стоксовского сдвига и природу экситон-фоонных взаимодействий (переход от LO фононов оболочки ZnS к LO фононам ядра CdSe), при этом природа пассивирующего лиганда (ТОФО или длинноцепочечные амины) существенно влияет на экситон-фоонные взаимодействия. Селективное оптическое возбуждение может влиять на фазовую перестройку лиганда, что обусловлено электронной связью молекул лиганда с поверхностными состояниями КТ. Экситон-фоонные взаимодействия не являются единственным механизмом, определяющим изменения оптических свойств КТ и нанокомпозитов «КТ-краситель» в растворах при вариации температуры. Процессы с участием поверхностных состояний неэкситонной природы могут также влиять на релаксационную динамику ФЛ квантовых точек.

Фазовый состав быстрозатвердевшего сплава Pb – 13 мас. % SbНеумержицкая Е.Ю.¹, Белая О.Н.², Шепелевич В.Г.³¹Белорусский национальный технический университет²Белорусский государственный педагогический университет³Белорусский государственный университет

В настоящее время активно развиваются методы получения материалов в сильно неравновесных условиях. К их числу относится и высокоскоростное затвердевание, позволяющее получать ленты и фольги. Последнее удобно для получения припоев толщиной ≈ 10 мкм. Однако быстрозатвердевшие сплавы существенно отличаются структурой, физическими свойствами и техническими параметрами от сплавов, получаемых традиционными технологиями. Многие припои имеют эвтектический состав или близкий к нему, а их структура зависит от скорости охлаждения при затвердевании. В связи с этим является актуальным исследование структуры, физических свойств и термической стабильности быстрозатвердевшего сплава Pb – 13 мас. % Sb, близкого по составу к эвтектическому сплаву Pb – 11 мас. % Sb.

Сплав Pb – 13 мас. % Sb получен сплавлением исходных компонентов, чистота которых не хуже 99,99 %, в кварцевой ампуле. Из полученного слитка использовался кусок массой $\approx 0,1$ г для получения фольги. Капля расплава инжигировалась на внутреннюю полированную поверхность вращающегося медного цилиндра и кристаллизовалась в виде фольги. Скорость охлаждения расплава, как показал расчет, превышала $5 \cdot 10^5$ К/с

Таким образом, при высокоскоростной кристаллизации сплава Pb – 13 мас. % Sb происходит образование дисперсных округлых выделений сурьмы, распределенных макроскопически однородно в фольге сплава. Объемная доля выделений сурьмы составляет 17 %, средняя величина хорд случайных сечений равна 0,13 мкм, а удельная поверхность межфазных границ $2,3 \text{ мкм}^{-1}$. Фольги имеют микрокристаллическую структуру и текстуру (111)+(100) свинца и $(10\bar{1}2)+(10\bar{1}1)$ сурьмы.

Решение системы уравнений для составляющих двухсолитонного решения уравнения Кортевега-де Фриза

Блинкова Н.Г., Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

При изучении задачи о взаимосвязи уравнения Кортевега-де Фриза (КдФ) и уравнения Фридмана для предельных значений времени, значительно отстоящих в прошлое или будущее относительно момента взаимодействия составляющих двухсолитонного решения уравнения КдФ, построена система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений третьего порядка:

$$\frac{(y_1^2)'''}{(y_1^2)'} - 3(y_1^2 + y_2^2) = \lambda_1^2 + 3\lambda_2^2, \quad \frac{(y_2^2)'''}{(y_2^2)'} - 3(y_1^2 + y_2^2) = \lambda_2^2 + 3\lambda_1^2. \quad (1)$$

Здесь y_1 и y_2 – искомые функции, а λ_1 и λ_2 – некоторые константы. Для частного случая, когда $b = \lambda_1^2 + 3\lambda_2^2 = \lambda_2^2 + 3\lambda_1^2$, можно ввести новую функцию $z = y_1 + y_2$, для которой приведенная выше система уравнений (1) сводится к одному уравнению

$$z''' - (3z + b)z' = 0. \quad (2)$$

Общий интеграл последнего уравнения можно построить в виде:

$$C_3 \pm x = \int \frac{dz}{(C_1 + C_2 z + b z^2 + z^3)^{1/2}}. \quad (3)$$

Здесь C_1, C_2, C_3 – постоянные интегрирования

В общем случае вычисление интеграла в правой части соотношения (3) достаточно сложно и связано с использованием эллиптического интеграла первого рода. Если выражение в знаменателе соотношения (3) допускает представление вида

$$C_1 + C_2 z + b z^2 + z^3 = (z - p)(z - q)(z - s),$$

где p, q и s – некоторые числа, то тогда это соотношение может быть преобразовано к виду

$$C_3 \pm x = \frac{2}{\sqrt{p-s}} F(\varphi, k).$$

Здесь $k = \sqrt{\frac{q-s}{p-s}}$, $\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{p-s}{z-s}}$, $F(\varphi, k)$ – эллиптический интеграл 1-го рода.

Для частного случая, когда $C_1 = 1, C_2 = b = 3$, вычисление достаточно просто и результат имеет вид

$$C_3 \pm x = -\frac{2}{(y_1^2 + y_2^2 + 1)^{1/2}}.$$

Корбан Н.Р.

Белорусский национальный технический университет

Подготовка высококвалифицированных специалистов – важнейшая задача, выполнение которой начинается уже в старших классах средней школы. В этот период идет интенсивное формирование личности и правильно проведенная профориентация может пробудить у ученика интерес к исследовательской работе и повлиять на выбор специальности. Привлекая ученика к научно-исследовательской работе важно предложить ему тему, которая понятна, перспективна и может увлечь. Одной из тем для проведения исследовательской работы является повышение эффективности охлаждения мощных полупроводниковых приборов в которых тепловыделение происходит в очень малом объеме и плотность отводимого теплового потока может достигать 100 Вт/см^2 и более. Традиционные системы охлаждения, такие как воздушные радиаторы и вентиляторы позволяют отводить тепловые потоки плотностью до 15 Вт/см^2 . Для повышения эффективности охлаждения необходимо использовать иные физические принципы. Одним из устройств, в которых для охлаждения используется фазовый переход первого рода, является термосифон. Термосифон – это герметично закрытый контейнер, частично заполненный жидкостью. При нагреве нижней части жидкость испаряется и поглощенное при этом тепло переносится парами к охлаждаемому верхнему концу термосифона. После конденсации паров тепло отдается окружающей среде, а жидкость под действием силы тяжести стекает в нижнюю часть объема и процесс повторяется.

Привлекательность данной темы обусловлена помимо наглядности решаемой задачи относительной простотой ее экспериментальной реализации. Термосифон был изготовлен из медной трубки длиной 1 м и диаметром 2 см и примерно на четверть объема заполнялся дистиллированной водой, воздух удалялся, а термосифон герметично закрывался. Экспериментально изучалась динамика изменения температуры верхней части термосифона при нагревании нижней части, а затем методом компьютерного моделирования подбиралось эффективное значение коэффициента теплопроводности для данного устройства. Подобранный эффективный коэффициент теплопроводности термосифона оказался равным 1250 Вт/(м·К) , что в три раза выше теплопроводности меди и сравнимо с теплопроводностью алмаза. Описываемая исследовательская работа заняла первое место на республиканском конкурсе исследовательских работ учащихся и удостоена серебряной медали на Европейской конференции.

Экспериментальное определение приведенной длины оборотного маятника и ускорения силы тяжести методом Бесселя

Блинков Г.Н., Блинкова Н.Г., Шеденков С.И.
Белорусский национальный технический университет

Колебательные процессы являются основой многих физических явлений. Различные по физической природе колебания имеют общие закономерности и математически описываются аналогичными уравнениями. Простейшей колебательной системой, с помощью которой можно изучать в лабораторном практикуме основные понятия, законы теории колебаний, является маятник. Среди используемых при обучении маятниковых устройств особое место занимает оборотный маятник. Это физический маятник, состоящий, как правило, из длинного стержня, на котором закрепляются два передвижных груза и две передвижные горизонтальные оси качания стержня.

Известно, что период колебаний физического маятника определяется приведенной длиной, которая больше расстояния от точки подвеса, первой оси качания его до центра масс. Точка, вторая ось качания, находящаяся на расстоянии приведенной длины от точки подвеса называется центром качаний маятника. Периоды колебаний маятника относительно обеих осей одинаковы. Таким образом, центр качаний обладает следующим свойством: если ось пройдет через центр качаний, то новый центр качаний будет расположен на месте старой оси. Это свойство оборотного маятника используется для определения ускорения силы тяжести по нахождению двух осей, точек качания с равными периодами колебаний относительно них и измерению расстояния между этими осями.

В экспериментах трудно получить точное равенство периодов и точно измерить приведенную длину. Метод Бесселя позволяет достаточно просто и с достаточной степенью точности определить величину ускорения при приближенном равенстве периодов колебаний. Согласно этому методу измеряются два расстояния a_1 и a_2 от центра масс маятника до осей качания с точностью до миллиметра и два близких друг к другу периода колебаний T_1 и T_2 , а затем по формуле Бесселя рассчитывается ускорение силы тяжести.

$$g = \frac{4\pi^2(a_1^2 - a_2^2)}{T_1^2 a_1 - T_2^2 a_2}$$

Практикум по ядерной спектрометрии в программе подготовки инженеров-энергетиков для Белорусской АЭС

Качан С.М.

Белорусский национальный технический университет

В целях обучения квалифицированного персонала для атомной отрасли в Белорусском национальном техническом университете ведется подготовка студентов по специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций». В процессе подготовки в рамках дисциплины «Обращение с радиоактивными отходами АЭС» студенты проходят практикум по ядерной спектрометрии, целью которого является получение знаний об особенностях энергетических и аппаратурных спектров различных видов излучений, а также навыков спектрометрической обработки, позволяющих проводить качественную и количественную идентификацию радиоактивных комплексов.

Для проведения практикума используется как учебная аппаратура (универсальный спектрометрический стенд с альфа-, бета- и гамма- детекторами), так и отечественное оборудование, успешно зарекомендовавшее себя на российских АЭС: стационарный бета-гамма спектрометр МКС АТ1315 и портативный гамма-спектрометр МКС АТ6101В.

В процессе выполнения практикума студенты выполняют спектрометрическую обработку данных в ручном и автоматическом режимах, а также приобретают навыки обработки численных данных с помощью многоцелевого научно-инженерного программного пакета Origin. В частности, отрабатывается умение проводить аппроксимацию данных линейной функцией, а также однопиковой или многопиковой спектральной структурой на базе функции Гаусса. Изучаются возможности сглаживания зашумленных исходных данных по методу Савицкого-Голая. Графическое представление данных для отчета также выполняется с помощью указанного научно-инженерного продукта.

Контроль приобретенных знаний проводится комплексно. Полученные данные, результаты их обработки и анализа студенты представляют в виде письменных отчетов. Также с целью проведения всеобъемлющего и одновременно эффективного по затратам времени преподавателя контроля созданы электронные тесты, имеющие ограничение длительности и градуированную систему оценок. В целом, опыт нескольких лет проведения спектрометрического практикума в указанном режиме продемонстрировал его высокую эффективность при небольшом (16 часов) количестве запланированных занятий.

Влияние формы и размеров глубинного слоя SiO, сформированного в пластинах Cz-Si, на изменение спектральной зависимости фотоЭДС

Францкевич Н.В., Францкевич А.В., Шеденков С.И.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время создание «слоистых» полупроводниковых структур, в том числе и на основе кремния, производится по различным технологиям. В работах [1-3] изучалась возможность получения в монокристаллическом кремнии наноразмерных объемных слоев и поверхностных структур, отличающихся по химическому составу или строению и свойствам от кремниевой матрицы. Получение данных структур происходило в результате создания в пластине кремния дефектного слоя имплантацией водорода или гелия, развития или трансформации этого слоя, и геттерирования на него кислорода, вводимого в кремний из плазмы. Получаемые глубинные наноразмерные островковые слои представлены на рис.1(а, б).

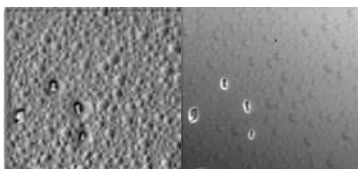


Рис.1(а, б)

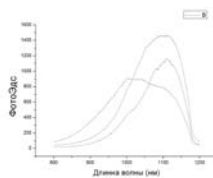


Рис. 2

В ряде работ, предлагается использовать структурирование объема и поверхности кремниевых пластин, для увеличения эффективности солнечных элементов. В частности, в работе [4], исследуется возможность применения кремниевых сферических (пузырьковых) структур, для изменения спектральной зависимости коэффициента поглощения светового излучения. На образцах, аналогичных изученным в [1], были исследованы спектральные зависимости фотоЭДС. Проведенные исследования показали изменение формы и интенсивности спектров фотоЭДС (рис. 2) в зависимости от структуры глубинного слоя.

Литература

1. Solid Stat Phenomena Vols.95-96 (2004), pp.571-576.
2. Journal of Materials Science-materials in Electronics Vol. 19, no. S1, pp. 239-242, 2008.
3. Acta Physica Polonia A Vol.120 (2011), No1, pp.105-107.
4. Nature Com. 664, 7 Feb (2012).

**Использование технических средств
для проверки знаний учащихся**

Русакевич Д.А., Толопило В.П., Юрчак Д.Н.
Белорусский национальный технический университет

Системы электронного голосования давно используются во многих странах для проведения опросов и голосования. В последнее время образовательные учреждения часто используют интерактивные проекты для проведения опросов, аттестаций, контроля знаний. Всё это можно сделать в одно мгновение, используя систему «Optivote».

Данная система обладает удобным интерфейсом, который позволяет составлять вопросы различной сложности, предоставлять различное время на их ответы (в зависимости от сложности). Программно-аппаратный комплекс «Optivote» позволяет дистанционно регистрировать и собирать информацию, обрабатывать и хранить ее. Система позволяет проводить контрольные и аттестационные работы.

Комплекс состоит из персонального компьютера, центрального блока, программного обеспечения и абонентских пультов. Взаимодействие между пультами и базовым блоком осуществляется по радиоканалу с высокой степенью защиты и надежности передачи данных.

Для данной системы подготовлены наборы вопросов по различным разделам физики.

Преподаватель, присваивая каждому студенту индивидуальный номер, может регулярно и за короткое время проводить опросы по различным темам, получать и обрабатывать результаты опросов.

Система позволяет накапливать все результаты опросов и провести окончательную аттестацию. Данную систему можно применять для проведения экзаменов в виде тестов, что позволяет более объективно оценивать результаты аттестации. Результаты тестирования могут выдаваться каждому абоненту с уточнением правильных и неправильных ответов.

Динамика изменения спектров электролюминесценции светоизлучающих диодов после облучения быстрыми электронами

Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Изучались спектры электролюминесценции и динамика их изменения синих светоизлучающих диодов (СИД) Nichia (NSPB510S) после облучения быстрыми электронами (4 МэВ). На рисунке 1 приведена зависимость спектрального потока излучения от энергии фотона исходного спектра (1), и после облучения электронами при дозах облучения $4,6 \cdot 10^{16}$ (2); $9,2 \cdot 10^{16}$ (3). Как видно из рисунка, значения и форма спектра существенно изменились, максимум спектра значительно сместился в низкоэнергетическую область, мощность излучения уменьшилась в 96 раз при дозе облучения $4,6 \cdot 10^{16}$ (2) и в 8370 раз при дозе облучения $9,2 \cdot 10^{16}$ (3). Коэффициент полезного действия (отношение мощности излучения к мощности электрической нагрузки) до облучения электронами был 7,4 %, после облучения быстрыми электронами дозой $4,6 \cdot 10^{16}$ стал равным $8,5 \cdot 10^{-2}$ %, дозой $9,2 \cdot 10^{16}$ стал равным $9,3 \cdot 10^{-4}$ %. Таким образом, облучение электронами, приведенными дозами привело к полной деградации светодиода. Характерной особенностью изменения формы спектра при облучении является появление в области ~ 2 эВ широкой полосы, которая может быть связана как с дефектами структуры кристаллов СИД, так и возбуждением фотолуминесценции дефектов в колбе СИД. Такая полоса наблюдалась нами ранее при облучении СИД Helio.

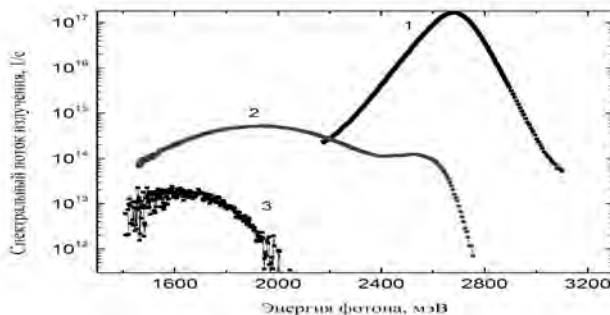


Рисунок 1 – Зависимость спектрального потока излучения от энергии фотона для синих СИД Nichia до (1) и после облучения быстрыми электронами при дозах облучения $4,6 \cdot 10^{16}$ (2); $9,2 \cdot 10^{16}$ (3)

Изменение электрических свойств светоизлучающих диодов после ультразвукового воздействия

Бумай Ю.А.¹, Трофимов Ю.В.²

¹Белорусский национальный технический университет

²РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»

Проведена обработка ультразвуком (УЗ) с частотой 180 кГц, мощностью ~12 Вт светоизлучающих светодиодов (СИД) Nichia (NSPB510S) синего свечения, в результате которой наблюдались достаточно сильные изменения их вольтамперных характеристик (ВАХ). На рисунке 1 приведена зависимость прямого напряжения СИД на токе 30 мА от времени УЗ обработки. В течение первых 40 часов (область 1) на УЗ пьезокерамике находилась линза СИД. Снижение напряжения проходило со скоростью 0,46 мВ/ч. После этого периода на пьезокерамике располагались электроды СИД. В результате скорость уменьшения напряжения существенно увеличилась до 2,75 мВ/ч (область 2) и после 50 часов УЗ обработки наблюдалось уменьшение прямого напряжения на 120 мВ. После 90 часов обработки (область 3) наблюдались колебания ВАХ, а через 122 часа произошел пробой СИД. ВАХ СИД стала линейной, сопротивление составило 20 Ом.

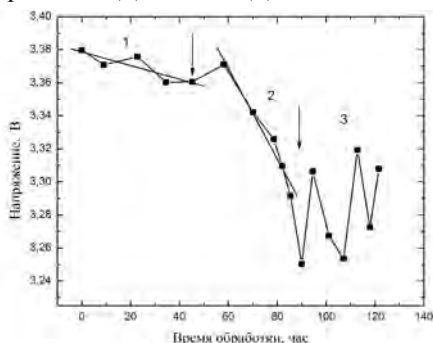


Рисунок 1 – Зависимость прямого напряжения СИД при стабилизированном токе 30 мА от времени ультразвуковой обработки.

Области обработки ультразвуком: 1 – 40 часов; 2 – (40–90) часов;

3 – (90–122) часов.

Возможной причиной данного эффекта является использование подпороговой УЗ мощности (рассчитанная минимальная мощность для эффективного размножения дислокаций для используемой пьезокерамики составляет ~22 Вт). В результате происходит перестройка или разрушение только протяженного дефекта (дефектов), находящегося в области $p-n$ перехода и способного его шунтировать. Поэтому после УЗ обработок различных СИД нами наблюдались как ухудшение, так и улучшение их электрических (и оптических) свойств СИД.

АП-конверсионная люминесценция оксифторидной стеклокерамики с нанокристаллами (Yb,Tb,Tm):PbF₂

Вилейшикова Е.В.¹, Лойко П.А.¹, Юмашев К.В.¹,
Рачковская Г.Е.², Захаревич Г.Б.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный технологический университет

В настоящей работе исследуются ап-конверсионные свойства оксифторидной стеклокерамики, полученной в результате термообработки при 400 °С стекла системы SiO₂-PbO-PbF₂-CdF₂ (активаторы – 1 мол.% Yb₂O₃, 1 мол.% Tb₂O₃, 0.01 мол.% Tm₂O₃). Структурный анализ (РФА) показал, что в стеклокерамике при ее термообработке образуются наноразмерные (~10 нм) кубические кристаллы дифторида свинца PbF₂. Структурно-фазовые превращения в стеклокерамике отражаются на ее спектроскопически-люминесцентных свойствах, что проявляется в структурировании полос поглощения и люминесценции Tm³⁺, Tb³⁺ и Yb³⁺ в спектрах поглощения и люминесценции, рис. 1 (а). В спектрах ап-конверсионной люминесценции (АКЛ, λ_{возб.} ~980 нм) наблюдается существенное перераспределение интенсивностей, рис. 1(б). Центр тяжести видимого спектра АКЛ смещается из синей области, представленной интенсивной полосой с максимумом в 475 нм (Tm³⁺ ⁵G₄→³H₆), в сторону зеленой АКЛ ионов Tb³⁺ (545 нм, 585 нм, 619 нм), возбуждаемой по механизму кооперативного переноса. Это приводит к плавной перестройке цветовых координат СIE АКЛ стеклокерамики (доминантная длина волны λ_d изменяет свое значение от 488 нм для исходного стекла до λ_d=543 нм для образца, прошедшего термообработку по режиму 400 °С/45 ч.

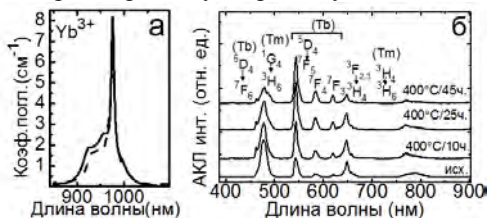


Рисунок 1 – Спектр поглощения Yb³⁺ в исходном стекле и стеклокерамике (а); спектры АКЛ исходного стекла и стеклокерамики (λ_{возб.} ~980 нм) (б)

Исследованная стеклокерамика перспективна в качестве материала для сине-зеленых люминофоров, обеспечивающих ап-конверсионное преобразование на длине волны ~1 мкм.

Термическая линза в активных лазерных элементах из кристаллов тетрагональной сингонии

Захарова А.Н., Юмашев К.В.

Белорусский национальный технический университет

Кристаллы иттриевых ванадатов YVO_4 , активированные ионами Er^{3+}, Yb^{3+} , в настоящее время широко используются в лазерных системах, генерирующих условно безопасное для органов зрения излучение с длиной волны в области 1,5-1,7 мкм. В работе исследованы параметры термической линзы (ТЛ) в лазерном элементе на основе YVO_4 : 0,7 ат.% Er^{3+} и 3 ат.% Yb^{3+} .

Кристалл YVO_4 является тетрагональным, т.е. оптически одноосным. Главная оптическая ось параллельна кристаллографической оси $[001]$ (c). Экспериментальный образец представлял собой пластинку (1мм×5мм×5мм) из кристалла $Er^{3+}, Yb^{3+}:YVO_4$, вырезанного по направлению $[100]$ (a). На рисунке 1 приведена зависимость оптической силы ТЛ $Er^{3+}, Yb^{3+}:YVO_4$ от поглощенной мощности накачки, которая имеет линейный характер. По наклону характеристики определены коэффициенты чувствительности ТЛ к изменению поглощенной мощности накачки $M_{yz} = (0,9 \pm 0,1) \text{ м}^{-1}/\text{Вт}$ и $M_{xz} = (1,3 \pm 0,1) \text{ м}^{-1}/\text{Вт}$. Степень астигматизма ТЛ $S = |M_A - M_B| = (0,4 \pm 0,2) \text{ м}^{-1}/\text{Вт}$.

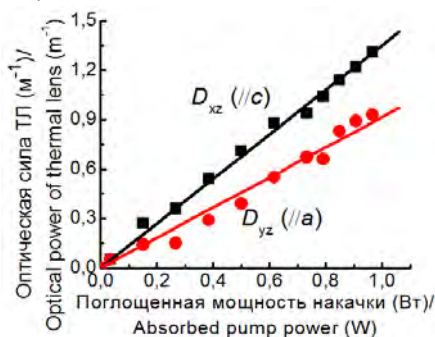


Рисунок 1 – Зависимость оптической силы ТЛ для $Er^{3+}, Yb^{3+}:YVO_4$, от поглощенной мощности накачки для поляризации $E \perp [001]$ (c)

Полученные результаты могут использоваться при конструировании резонаторов лазеров на основе кристаллов $Er, Yb:YVO_4$ с диодной накачкой, генерирующих в спектральной области 1.5 мкм.

**Температурные зависимости электрических свойств
полупроводниковых тонких пленок $\text{Pb}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Te}$** Иванов В.А.¹, Малаховская В.Э.¹, Гременок В.Ф.²¹Белорусский национальный технический университет²ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Полупроводниковые соединения PbSnTe являются перспективными материалами для приборов ИК-оптоэлектроники и эффективных термоэлектрических устройств. Целью настоящей работы было исследование температурных зависимостей подвижности носителей заряда и электропроводности пленок $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($0,05 \leq x \leq 0,80$) в температурном интервале 100-400К. Подвижность носителей заряда определялась методом Холла в магнитном поле 1,72 тесла. Исследованные пленки получены на стеклянных подложках термическим вакуумным нанесением методом «горячей стенки». Исследованные поликристаллические пленки толщиной 1.0 – 3.0 мкм были однофазными с кубической структурой. В результате исследования установлено, что при увеличении концентрации атомов свинца подвижность носителей заряда сначала увеличивается, а далее уменьшается. Для исследованных составов пленок с различными концентрациями атомов свинца величина подвижности имеет значения $\mu = 210 - 56 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{сек.}$ для пленок с концентрациями атомов свинца $N_{\text{Pb}} = 9.7 - 32.9 \text{ ат.}\%$ соответственно. Максимальные значения подвижностей $\mu = 360 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{сек.}$ имеют составы с приблизительно равными концентрациями атомов свинца и олова. С ростом концентрации атомов теллура подвижность носителей заряда увеличивается, при этом с ростом температуры происходит преобладание механизма рассеяния носителей заряда на тепловых колебаниях решетки.

Электропроводность пленок в области низких температур 100-250К слабо зависит от температуры. Дальнейший рост температуры ведет к уменьшению электропроводности, т.е. проявляется металлический характер, причем с ростом в пленке концентрации атомов свинца электропроводность уменьшается, а металлический характер электропроводности начинает проявляться при более низких температурах.

Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания ИК-фотоприемников и тонкопленочных ветвей термоэлектрических преобразователей.

Лешок С.А.

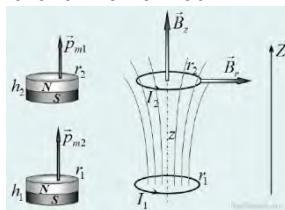
Белорусский национальный технический университет

Развитие высокоскоростной транспортной техники требует создания принципиально новых неконтактных систем подвеса, использующих достижения технологии левитации. Известные в настоящее время неконтактные подвесы можно разделить на три основных вида: электростатические, магнитные и криогенные. Магнитные подвесы, в свою очередь, делятся на электродинамические и электромагнитные. Электродинамические подвесы основаны на явлении электромагнитной индукции. Электромагнитный подвес основан на взаимодействии магнитов (или электромагнитов). Целью данной работы является анализ магнитного поля составного магнита и макетирование на его основе концентратора магнитного поля для неконтактного магнитного подвеса.

Расчет таких систем может быть с хорошей степенью точности выполнен с помощью программы **A_Magnet (AM_System)**. На рисунке представлена схема составного магнита, выполненного из двух соосно расположенных цилиндрических магнитов. Программа Magnet позволяет рассчитывать по заданным геометрическим размерам (D_1 , D_2 , H) магнита и остаточной индукции (B_M) материала, из которого сделан магнит, величину магнитной индукции (B , B_x , B_z) в заданной точке пространства (x , z). Используя принцип суперпозиции, можно рассчитывать магнитные поля составных постоянных магнитов различной геометрии. Знание формы и намагниченности постоянных магнитов позволяет для расчетов заменить их эквивалентной системой электрических токов намагничивания. Такая замена возможна как при расчете характеристик магнитного поля, так и при расчетах сил, действующих на магниты со стороны внешнего поля.

Экспериментально система магнитного подвеса формировалась основе сборки различных магнитов. Форма магнитного поля подвеса анализировалась методом визуализации при помощи ферромагнитных частиц Fe_2O_3 . Необходимо отметить сложность юстировки такой системы. Чтобы устранить неустойчивость магнитного подвеса необходимо динамическое регулирование исследуемого магнитного поля.

*Работа выполнена под руководством канд. физ.-мат. наук, доцента Развина Ю.В.



Расчет матрицы планирования эксперимента для нелинейных процессов

Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследования проблем эффективного контроля и диагностики состояния светоосветительных устройств (СУ) являются чрезвычайно актуальными на современном уровне развития техники. Для оценки работоспособности СУ, как правило, строят регрессионные модели многофакторных форсированных испытаний. Однако использование таких моделей не всегда обеспечивают требуемую точность при прогнозировании работоспособности [1].

В работе проведены расчеты для двух нелинейных моделей работоспособности от времени $Y(B,t) = 1 - b_1 \exp[-b_2 t]$ и $Y(B,t) = b_1 + b_2/t$. Где $Y(B,t)$ – показатель работоспособности и $b_i = \varphi(A, x)$ – коэффициенты модели, являющиеся функциями форсирующих режимов. A – вектор коэффициентов, характеризующий влияние режимов испытаний. Как правило, b_i описывается моделями второго порядка вида $b = a_0 + \sum a_j x_j + \sum a_{ij} x_j x_i + \sum a_{j^2} x_j^2$. В матричной форме записи выражение $b_i = \varphi(A, x)$ переписывается в виде $b = A \cdot x$ и для его построения необходимо использовать планы второго порядка. Размер матрицы плана зависит от количества форсирующих факторов. Так как форсирующими факторами были повышенная температура окружающей среды $T, ^\circ\text{C} \equiv x_1$ и повышенный прямой ток через диод $I, \text{мА} \equiv x_2$, то при наличии двух факторов форсирования из каталога планов второго порядка был выбран D – оптимальный план, состоящий из семи опытов. В форсированном режиме $T = 100 ^\circ\text{C}$, $I = 35 \text{ мА}$ в течение 400 ч испытывалась выборка СУ с светодиодами NSPB510S, при этом были получены следующие вероятности отказа: 0 ч = 0,1049; 50 ч = 0,1445; 100 ч = 0,1596; 200 ч = 0,1757; 300 ч = 0,2264; 400 ч = 0,2313. По этим результатам определяли наработку до вероятности отказа $P_g = 0,2$. Длительность наработки для модели $Y(B,t) = 1 - b_1 \exp[-b_2 t]$ до значения Y_g в номинальном режиме x_n была $t_n = 46104$ ч, а для модели $Y(B,t) = b_1 + b_2/t$ длительность наработки синих СУ – 22104 ч.

Литература

1. Гаскаров, Д.В. Применение форсированных режимов для ускоренной оценки надежности электронных приборов / Д.В. Гаскаров, Н.Г. Моисеев // Электронная техника. Сер. Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания. – 1983. – Вып. 6(105). – С. 67–70.

**Применение светодиодов с малым телом свечения
в волоконно-оптических системах передачи информации**

Манего С.А., Любчик Е.В., Игнатович А.И.
Белорусский национальный технический университет

Современный этап развития техники связи характеризуется проведением интенсивных разработок и внедрением волоконно-оптических систем передачи информации (ВОСПИ). Актуальность применения ВОСПИ обусловлена рядом их преимуществ по сравнению с системами передачи, использующими кабели с металлическими жилами. Известно, что волоконно-оптический кабель обладает высокой емкостью передачи, относительно малыми размерами и весом, что делает его привлекательным с технической точки зрения для построения малых систем передачи информации. Разработки ВОСПИ ведутся по различным направлениям: локальные вычислительные сети; датчики и системы сбора обработки и передачи информации; автомобильные и авиационные системы. Все эти системы используют широкий спектр излучателей и приемников электромагнитного излучения. В данной работе рассматривается возможность использования в электрооптической части ВОСПИ, источника излучения светодиода с малым телом свечения. Светодиоды изготовлены на основе чипа ELC-645-29-20 фирмы EPIGAP Optoelectonik GmbH в корпусе КТ-1-7. Были проведены измерения изменения мощности излучения светодиода при различных мощностях накачки светодиода ($W_1 = 0,3875$ Вт и $W_2 = 0,5125$ Вт), а также, время нарастания и спада импульса мощности излучения светодиода и условиях стыковки светодиода с малым телом свечения - оптический кабель. Показано, что время нарастания источника t_n – это время, которое требуется для того, чтобы выходная оптическая мощность изменилась с уровня 10 % до уровня 90 % от установившегося значения при входном сигнале в виде перепада тока ($t_n \approx 4,5$ нс), или электрическая ширина полосы пропускания светодиода равна ~ 320 МГц. Следует отметить, что ширина спектра излучения светодиода с малым телом свечения была $\Delta\lambda \approx 40$ нм. Так как уширение импульса при пропускании по оптическому волноводу линейно зависит от ширины спектра источника излучения, можно говорить о перспективности использования таких светодиодов в системах ВОСПИ. Анализ положения оптического кабеля относительно центра излучающей поверхности ($\varnothing = 50 \mu\text{m}$) светодиода показал, что при смещении оптоволокну ($\pm 5 \mu\text{m}$) относительно центра излучающего пятна, мощность на выходе оптоволокну уменьшилась на 7 %.

Макетирование выпрямительных схем с различной кратностью умножения

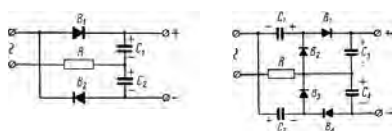
Развин Ю.В., Петров В.А.

Белорусский национальный технический университет

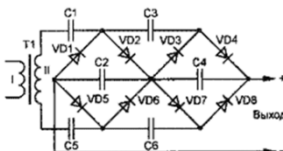
Источники питания являются неотъемлемой частью всех электронных устройств. В общем случае они осуществляют преобразование переменного напряжения сети в постоянное напряжение. Среди различных схем выпрямляющих устройств особую группу составляют схемы, в которых посредством соответствующего включения выпрямительных элементов и накопительных конденсаторов осуществляется не только выпрямление, но одновременно и умножение выпрямленного напряжения. Преимущество таких схем заключается в возможности построения высоковольтных бестрансформаторных выпрямителей. Целью данной работы является макетирование схем выпрямителей с различной степенью умножения и проведение сравнительного анализа их нагрузочных и частотных характеристик. Анализ получаемых характеристик позволяет определить эффективность применения исследуемой схемы и основные параметры элементов такого выпрямителя.

В работе рассмотрены особенности построения симметричных схем умножения. На рисунке приведены принципиальные схемы макетов выпрямителей с удвоением и учетверением напряжения. Принцип выпрямления с учетверением напряжения действителен для любой четной кратности умножения. Для каждого последующего увеличения выпрямленного напряжения на удвоенное значение напряжения сети выпрямителя дополнялась двумя выпрямительными элементами и двумя конденсаторами. В макетируемых схемах использовались диоды Д226 и др.

Наиболее эффективные схемы умножения были реализованы на основе выпрямительных блоков КЦ402, КЦ405 и их аналогов. Максимальное значение напряжения на выходе исследуемых схем составило: 2000 В. Экспериментально определены частотные характеристики преобразования напряжения при частотах переменного напряжения на входе в интервале $50 \dots 1,5 \cdot 10^3$ Гц. Ограничение применения исследуемых схем связаны с зависимостью выпрямленного напряжения от тока нагрузки.



тел с удвоением и учетверением напряжения. Принцип выпрямления с учетверением напряжения действителен для любой четной кратности умножения. Для каждого последующего



Теоретическое моделирование лазеров с анизотропными резонаторами

Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в лазерах со всеми известными активными средами экспериментально обнаружена зависимость поведения системы от поляризации генерируемого излучения. Теоретическое моделирование лазерных систем с анизотропными резонаторами предполагает учет зеемановской структуры магнитных подуровней рабочих уровней активной среды, а также модового состава излучения, задаваемого резонатором. Так, для одной продольной и одной поперечной резонаторной моды, в общем случае, над порогом возможно существование четырех бегущих волн с различными интенсивностями, частотами и состояниями поляризации.

Для большинства современных, перспективных для применения на практике лазеров: твердотельные лазеры с диодной накачкой, лазеры с активированным волокном, полупроводниковые структуры с излучающей поверхностью, помимо зеемановской структуры магнитных подуровней, следует учитывать динамику населенностей рабочих уровней среды, многомодовый характер генерации, а для систем с оптической накачкой – зависимость от состояния поляризации электромагнитного поля как в канале накачки, так и в канале генерации. Для описания этих лазеров создаются теоретические модели, в которых поляризационные свойства среды учитываются в рамках простейших переходов двухуровневого атома, или среда представляется в виде набора классических диполей, а модовый состав излучения ограничивается одночастотным приближением.

Наиболее завершенной на современном этапе является векторная теория атомарных газовых лазеров, основным преимуществом которой является корректное описание модового состава генерируемого излучения и зеемановской структуры активной среды. В рамках матричного формализма удалось решить самосогласованную по поляризации задачу и учесть равноправное влияние анизотропии среды и анизотропии резонатора на характеристики генерируемого излучения.

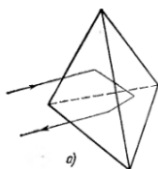
Теория газовых лазеров развивает представления о механизмах формирования генерируемого поля, позволяет модифицировать модели и интерпретировать результаты для лазеров с более сложными активными средами, а также получать на практике режимы генерации с заданными поляризационными свойствами.

Анализ изменения поляризационных характеристик оптического излучения в схемах с тетраэдрическими отражателями

Фильчук А.С., Развин Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В значительной мере эффективность практического использования лазеров в оптических системах формирования и обработки информации определяется особенностями взаимодействия лазерного излучения с их элементами. В сложных оптических системах такое взаимодействие может приводить к изменению состояния поляризации лазерного излучения. Целью данной работы является анализ изменения состояния поляризации лазерного излучения в оптических схемах с тетраэдрическими отражательными элементами



Оптические тетраэдрические отражатели, обладают высоким коэффициентом отражения, не потребляют энергии, обеспечивают достаточно узкую диаграмму направленности возвратно отраженного излучения и возможностью управления ею путем изменения конструктивных параметров отражателя. Данные отражатели могут изготавливаться в виде стеклянной призмы-тетраэдра, на трех отражающих гранях которой выполняются условия полного внутреннего отражения. Однако применение таких отражателей в конкретных системах ограничено вследствие того, что оптическое излучение, трижды отражаясь от наклонных граней тетраэдра, испытывает фазовые сдвиги, которые изменяют поляризационные характеристики излучения на выходе.

В эксперименте использовался образец отражателя в виде усеченного тетраэдра. В оптической схеме формировался считывающий луч, содержащий две взаимно перпендикулярно поляризованных компоненты одинаковой интенсивности. В качестве источника излучения использовался лазер ЛГ-208. Рассматривался режим нормального падения считывающего излучения на входную грань отражателя. На рисунке представлены фотографии, иллюстрирующие изменение интенсивности выходного излучения при различных азимутах поляризации в падающих лучах. Для рассматриваемых отражателей характерно наличие двух состояний, когда формы поляризации падающего и отраженного лучей имеют одинаковый характер.



Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время широко используются светодиоды на основе полупроводникового материала GaN. Однако при высоких плотностях тока эффективность преобразования электрической энергии в световую существенно снижается. Предлагается несколько механизмов для объяснения данного явления. Преодоление данного недостатка позволит существенно расширить сферу применения указанных приборов, важным преимуществом которых является высокий квантовый выход излучения даже при наличии высокой плотности дислокаций, которые сильно ухудшают квантовый выход в приборах, созданных на основе других материалов. В данной работе исследовались вольтамперные характеристики и характеристики электрических шумов светодиодов на основе GaN. Для получения реальных вольтамперных характеристик учитывалось влияние последовательного сопротивления базы диода [1]. Кроме того, определялась зависимость интегральной интенсивности излучения от тока. Вольтамперные характеристики в полулогарифмическом масштабе имели двухступенчатую S-образную форму и хорошо описывались традиционной зависимостью вида $I = A \exp(qU/nkT)$, где n – фактор идеальности. При минимальном напряжении, соответствующем излучению света, проявлялся ток туннельной утечки. При дальнейшем росте тока фактор идеальности вначале возрастал от 2 до 4-5, а после достижения максимума интегральной интенсивности излучения падал до значений меньше 2. Плотность токового шума в области частот от 10 Гц до 10 кГц подчинялась известному закону $1/f$. При этом она сильно возрастала с ростом тока через диоды. Полученные результаты могут быть интерпретированы в рамках модели прыжкового транспорта носителей заряда по состояниям дефектов через электронную область объемного заряда. При первоначальном росте тока имеет место ограничение тока туннельным сопротивлением, а в дальнейшем происходит шунтирование потенциального барьера в указанной области. Снижение эффективности преобразования электрической энергии в световую может быть связано с быстрым ростом тока туннельно-рекомбинационной утечки.

Литература:

Шуберт, Ф. Светодиоды / Ф. Шуберт. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.

Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

Важной задачей современной полупроводниковой электроники является увеличение надежности и улучшение качества приборов, в том числе и приборов на основе барьера Шоттки.

Для приборов, работающих в условиях воздействия на них проникающей радиации, важным является вопрос о повышении радиационной стойкости приборов и восстановление их свойств после прекращения действия излучений.

В данной работе исследовались токи диодов Шоттки на основе GaAs, подвергнутых облучению электронами с энергией 1 МэВ. Барьер Шоттки создавался путем нанесения слоя Al толщиной 1 мкм.

До облучения вольтамперная характеристика (ВАХ) диодов описывалась традиционной для модели термоэлектронной эмиссии зависимостью [1, 2], что согласуется с тем, что концентрация доноров в GaAs не превышала 10^{17} см⁻³. Классическая обратная ВАХ барьера Шоттки наблюдалась только у части из первоначально исследованных диодов, которые и были отобраны для дальнейших исследований.

Облучение привело к появлению избыточного тока на участке обратной ВАХ. Аналогичный эффект наблюдался ранее для кремниевых диодов Шоттки [3]. При этом прямые ВАХ не описывались первоначальной зависимостью с постоянным фактором идеальности. Для выяснения стабильности введенных дефектов проводился изохронный отжиг, начиная от 100 °С. Значительная часть избыточного обратного тока исчезала после отжига при 140 °С. При этом было обнаружено, что прямые ВАХ частично восстанавливают свой первоначальный вид.

Отжиг основной части оставшегося избыточного тока происходил после нагрева при 250 °С, что согласуется с имеющимися литературными данными по отжигу радиационных дефектов.

Литература:

1. Шур, М. Современные приборы на основе арсенида галлия. / М. Шур. – М.: Мир, 1991. 2008. – 632 с.
2. Шуберт, Ф. Светодиоды / Ф. Шуберт. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.
3. Пашаев, И.Г. Исследование релаксации избыточного тока кремниевых диодов Шоттки / И.Г. Пашаев // Физика и техника полупроводников. – 2014. – Т.48, №10. – С. 1426–1429.

**О некоторых аспектах изучения квантовых явлений для студентов
технических специальностей вузов**

Есман А.К., Зыков Г.Л., Потачиц В.А.
Белорусский национальный технический университет

Научно-технический прогресс общества требует совершенствования технического образования, связанного с пониманием основ квантовой механики. Одним из его приоритетных направлений являются нанотехнологии, в основе которых лежат квантовые свойства вещества.

Развитие наноэлектроники и нанотехнологий требует соответственно совершенствования уровня подготовки инженеров. У многих студентов при изучении квантовых явлений возникает ряд трудностей, так как квантово-механические представления не обладают привычной наглядностью. Основным уравнением квантовой механики является уравнение Шредингера. Точно так, как уравнения динамики Ньютона не могут быть получены теоретически, а представляют собой обобщение большого числа опытных данных, уравнение Шредингера также нельзя вывести из каких-либо известных ранее соотношений. Уравнение Шредингера по форме совпадает с уравнениями Максвелла, описывающих электрические и магнитные явления и связи между ними. Следовательно, явления квантовой механики и волновой оптики схожи. По представлениям классической физики, движение частиц и распространение волн различаются принципиально. В квантовой механике эти различия как-бы «размываются».

Действительно, решения уравнения Шредингера реализуются в виде комплексной волновой функции Ψ . Она отражает волновую природу микро-частиц, но из-за комплексности не имеет наглядного истолкования. Наглядный смысл имеет квадрат модуля пси-функции $|\Psi|^2$, которая характеризует вероятность обнаружения частицы в данной точке пространства в определенный момент времени, т. е. отражает корпускулярную природу частиц. Таким образом, квантовая механика устранила абсолютную грань между волной и частицей. Ведь каждая волна состоит из полуволн, которые мы называем пучностями (расположены между двумя узлами). Пучности во многом похожи на частицы (корпускулы). Ведь они, так же как и фотоны, обладают определённой энергией и импульсом, четко ограничены в пространстве (длина волны) и во времени (частота волны). Эти пучности мы и называем квантами (порциями) энергии и импульса (следовательно, и массы).

Следовательно, фотон, электрон, протон, нейтрон и т. д. являются лишь полуволнами колебаний той среды, в которой распространяется волна.

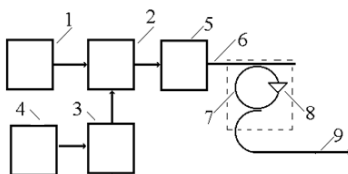
Метод формирования оптической несущей

Есман А.К., Потачиц В.А., Зыков Г.Л.

Белорусский национальный технический университет

В оптических системах передачи и приема информации оптическую несущую можно представить как электрическое поле монохроматического оптического излучения, мгновенное значение которого равно: $E = E_0 \cos(\omega t + \varphi)$, где E_0 — амплитуда поля; ω и φ — соответственно, частота и фаза оптической несущей.

При передаче информации с использованием сигналов электромагнитных волн чаще всего требуется выполнение условия квазимонохроматичности, согласно которому ширина $\Delta\nu$ спектра передаваемого сигнала должна быть, по крайней мере, на 1-2 порядка меньше, чем значение средней частоты ν_0 . Для выполнения этого условия, например, при скорости передачи информации сотни Гбит/с необходимо использование сигналов с частотой несущей в 10-100 или более раз выше, чем $\Delta\nu$. Нами предложен эффективный метод формирования пикосекундных оптических несущих на основе волноводных структур микронных размеров и его схемотехническая реализация. Структурная схема формирователя оптических сигналов представлена на рис. В выходном волноводе 9 частота f следования импульсных оптических сигналов определяется временем обхода волноводного микрокольцевого резонатора: $f = C/L$ (1), где L — общая оптическая длина микрокольцевого резонатора 7 и оптического усилителя 8.



1 – лазер; 2 – модулятор; 3 – блок компрессии электрического сигнала; 4 – генератор; 5 – блок компрессии оптического сигнала; 6 – входной волновод; 7 – волноводный микрокольцевой резонатор; 8 – оптический усилитель; 9 – выходной волновод

Для эффективной работы формирователя оптических несущих, оптическая длина L выбирается в соответствии с выражением: $L \geq 2\tau \times C$ (2), где τ — длительность выходных импульсов блока компрессии оптических сигналов. Максимально возможная частота следования оптических импульсов в предлагаемом формирователе определяется: длительностями фронтов выходных сигналов генератора 3, дисперсионными свойствами

блоков компрессии электрического сигнала 4 и оптического сигнала 5 и рассчитывается из выражений (1) и (2).

Особенности электрофизических свойств керамических материалов на основе цирконата-титаната свинца, полученных методом холодного прессования

Савчук Г.К., Юркевич Н.П.

Белорусский национальный технический университет

До настоящего времени влияние квазистатического высокого давления холодного прессования (ВДХП) на поведение сегнетоэлектрических фазовых переходов системы цирконата-титаната свинца (ЦТС) и физические свойства керамик на ее основе изучено недостаточно.

Целью данной работы являлось исследование влияния ВДХП на кристаллическую структуру и электрофизические свойства керамик ЦТС.

Уточнение параметров структуры сегнетоэлектрической ромбоэдрической фазы керамик ЦТС, проведенное методом Ритвелда, показало (табл. 1), что

Табл. 1. Параметры кристаллической структуры ЦТС сегнетокерамики, полученной с использованием ВДХП

Параметры решетки и деформации	Давление, ГПа				
	1	2	3	4	5
a, Å	4.1032	4.1030	4.1027	4.1015	4.0993
α , град	89.742	89.761	89.776	89.872	89.874

воздействие на образцы ЦТС ВДХП приводит к изменению длин связей Ti-O между ионами титана и ионами кислорода, что, в свою очередь, увеличивает степень искажения TiO₆ октаэдров. Величина смещений ионов титана вдоль полярной

оси уменьшается при увеличении ВДХП (табл. 1), что обуславливает понижение температуры ФП (фазового перехода) и приводит к росту диэлектрической проницаемости ϵ (табл. 2).

Данные, полученные в результате исследований, показали, что ширина ФП в керамике на основе ЦТС, обработанного ВДХП в интервале от 1 до 3 ГПа,

определяется не только флуктуациями состава, но в значительной степени также микродеформациями кристаллической решетки.

Табл. 2. Температуры ФП сегнетоэлектрик – параэлектрик и значения ϵ в зависимости от ВДХП

Давление, ГПа	ϵ_{\max}	$\epsilon_{\max}/\epsilon_{\text{ком.т}}$	Температура ФП, °С
1	6234±18.	9.85	364±5
2	5	10.03	353±5

**К расчету линий фазовых равновесий в бинарных системах
на основе алюминия**

Юркевич Н.П., Савчук Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является расчет границы растворимости никеля в α -твердом растворе алюминия на основе модели ассоциированных растворов с учетом образования микронеоднородностей и их эволюции при изменении температуры. В предлагаемой модели основными параметрами являлись: атомные радиусы, потенциалы, коэффициенты термического расширения элементов базовых компонентов системы Al-Ni, а также компонентов данной системы, которые образуют ассоциативные группы с измененной конфигурацией электронных оболочек за счет переноса заряда. Области ассоциации моделировались в виде микропластинок никеля, окруженных атомами алюминия. Доля атомов, участвующих в образовании подобных ассоциированных областей микронеоднородностей, являлась моделируемым параметром.

Анализ расчетных вариантов переноса зарядов в системе Al-Ni показал, что наилучшее согласование расчетных и экспериментальных данных по границе растворимости наблюдается для случая образования микронеоднородностей со связью $Al_3(s^2p^2)Ni(s^2d^5)$, для которой смещение электронов происходит от атомов никеля к атомам алюминия. Поэтому можно сделать вывод о том, что ассоциация атомов в областях микронеоднородностей представляет собой группы атомов алюминия и никеля с соотношением элементов, соответствующим стехиометрии интерметаллида $NiAl_3$. По-видимому, такой вариант переноса заряда энергетически является наиболее выгодным, поскольку атомы никеля в областях микронеоднородностей приобретают стабильную полузаполненную конфигурацию d^5 .

Установлено, что другие варианты изменения конфигурации атомов исходных компонентов в данной системе при образовании ассоциированных областей микронеоднородностей приводят к менее удовлетворительному результату согласованности с экспериментальными кривыми при определении границы растворимости никеля в матрице α -твердого раствора алюминия.

Проведенный расчет в предположении отсутствия переноса заряда между атомами алюминия и никеля при образовании таких областей показал ретроградный характер границы растворимости никеля в α -твердом растворе алюминия в зависимости от температуры.

Самостоятельная работа студентов под контролем преподавателя

Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

Основная задача высшего образования – формирование творческой личности, способной к самообразованию, саморазвитию, инновационной деятельности. Решение этой задачи невозможно только путем передачи знаний от преподавателя к студенту. Необходимо превратить студента из пассивного потребителя знаний в активного субъекта, способного не только усвоить определенный объем знаний, но и сформулировать самостоятельно проблему, проанализировать ее, найти оптимальный путь решения и доказать правильность избранного пути. Поэтому самостоятельная работа студента (СРС) является не только важной формой образовательного процесса, а должна стать его основой. Организация СРС базируется на том, что процесс обучения не есть просто пассивное преподавание, а является учением, и студент в этом процессе будет не объектом, а носителем учебной деятельности, то есть субъектом обучения.

СРС может быть как на аудиторных занятиях, так и вне. Немаловажным фактором в использовании ресурса СРС является мотивация. Мотивационными факторами СРС могут быть социальная значимость, полезность выполняемой работы, соревновательность и состязательность, поощрительность, творческая деятельность.

Стандарты высшего образования отводят на внеаудиторную работу не менее половины бюджета времени за весь период обучения, это около 27 часов в неделю. Этот большой период времени следует использовать с максимальной пользой для студентов и эффективностью для преподавателей. Задача преподавателя – обеспечить разработку действенных методик и форм организации СРС, цель которых – научить студента самостоятельно и осмысленно работать с литературой, заложить основы самовоспитания и самоорганизации, привить навыки работать над своим самосовершенствованием. Преподаватель должен разработать комплекс учебно-методического сопровождения для СРС. Это могут быть курс лекций, учебно-методические пособия, банк задач и заданий, тренажерные и контролирующие программы, информационные материалы и т.п.

Контроль результатов СРС должен базироваться на определении уровня усвоения учебного материала, умениях студента использовать полученные знания на практических и лабораторных занятиях, обоснованности и глубине суждений, должному оформлению отчетных материалов.

Радон и дочерние продукты распада в атмосферном воздухе

Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

Радон и дочерние продукты распада (ДПР) обеспечивают около $\frac{3}{4}$ годовой эффективной дозы облучения, которую получает население от земных источников радиации. Поэтому в курсе общей физики в разделе, где излагаются основы ядерной физики, важно уделить определенное время изучению радона, ДПР и проблем уменьшения облучения от этих источников радиации. Радон – инертный радиоактивный газ, не имеющий запаха, цвета и вкуса. Его плотность в 7,5 раз больше плотности воздуха, он растворим в воде, но при кипячении полностью испаряется. Существуют три изотопа радона: ^{222}Rn , ^{220}Rn и ^{219}Rn , образующихся в радиоактивных семействах ^{238}U , ^{232}Th и ^{235}U . Периоды полураспада этих изотопов соответственно равны 3,82 дня, 55с и 4с. Все изотопы радона являются альфа-излучателями. Распад изотопов радона дает продукты, которые называют дочерними продуктами распада, которые радиоактивны и их последующие превращения сопровождаются испусканием альфа- и бета-частиц. Ядра ДПР, испытывающие альфа-распад, образуются в возбужденных состояниях, затем, испуская гамма-кванты, переходят в основное состояние. Эти гамма-кванты в основном формируют радиационный фон помещений. Изотоп ^{219}Rn , вследствие малого периода полураспада, вносит незначительный вклад в облучение человека. Облучение от ^{220}Rn примерно в 20 раз слабее, чем от ^{222}Rn . При расчете равновесной объемной активности учитывают вклад от ^{222}Rn и ^{220}Rn и их ДПР. Изотопы радона и их ДПР входят в состав воздуха, попадают в легкие. По оценкам международной комиссии по радиационной защите радон и его ДПР ответственны за 20% рака легкого от общего количества заболевших.

Основными источниками радона в жилом доме является почва, воздух, вода и природный газ. Радон и ДПР вносят существенный вклад в облучение человека. Изотопы радона – альфа-активные газообразные радионуклиды. Поступив в легкие, они, в основном, выдыхаются. Однако часть из них растворяется в крови, разносится кровотоком по организму, что и определяет неравномерное распределение дозы облучения в органах и тканях. ДПР радона являются короткоживущими и химически активными изотопами. Большая часть изотопов ДПР присоединяют электроны, становятся ионами, вследствие чего могут легко присоединяться к аэрозолям воздуха, попадать в легкие, накапливаться в дыхательных путях и облучать их.

Методика и формы проведения экзамена по физике

Бибик А.И., Журавкевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Экзамен является органической частью учебного курса физики в вузе и единственным критерием успеваемости студентов, особенно на младших курсах. Экзамен по физике, как правило, проводится по билетной системе. Количество вопросов в билете и их тематика должны обеспечить проверку усвоения основного материала, излагаемого в лекционном цикле. Оно определяется и обсуждается методическим советом и утверждается заведующим кафедрой. При этом важно, чтобы формулировка вопросов в билете была бы четкая, а трудность билетов (или вариантов) примерно одинакова. Дискуссионным вопросом остается вопрос о форме проведения экзамена. Устная форма проведения экзамена кроме своих преимуществ (контакт со студентом, живая беседа, наглядность изложения и т.п.) имеет ряд недостатков, к которым можно отнести: 1) высокий темп проведения экзамена (20 мин/студ) часто приводит к неточной оценке знаний студента; 2) наличие психологического барьера у студентов с ярко выраженными эмоциями – причина неполной отдачи своих знаний; 3) к концу экзамена устают и экзаменуемые, и преподаватель. Письменная форма позволяет включить в задание больше вопросов по основному материалу курса, и вся академическая группа в спокойной атмосфере готовит ответы на соответствующие вопросы. Однако отсутствие прямого контакта между преподавателем и студентом является основным недостатком письменной формы проведения экзамена. Ведь, например, незначительная математическая ошибка в начале изложения того или иного вопроса может привести к совершенно неправильным физическим выводам или даже сбить с дальнейшего правильного ответа. Вот почему многие студенты предпочитают гибридную форму экзамена: вся академическая группа готовит письменные ответы по билетной или вариантной системе, после чего преподаватель эти ответы проверяет и беседует с каждым по билетному или дополнительному материалу. Остальные студенты могут оставаться в аудитории и следить за ответами своих товарищей. Этим как бы подчеркивается ответственность экзаменуемого не только перед преподавателем, но, что особенно важно, и перед группой. Кроме того, беседа с экзаменуемым позволяет преподавателю убедиться в степени понимания сущности физических явлений и владения студентом математическими навыками для решения тех или иных практических задач по физике, а также в самостоятельности ответа.

Исследование влияния наноразмерных углеродных добавок на свойства полимерных покрытий

Петренко С.И., Попко С.В.

Белорусский национальный технический университет

В последнее десятилетие успешно развивается новое направление науки – создание фуллеренсодержащих полимеров, соединяющих уникальные свойства фуллерена с полезными свойствами полимеров и даже превосходящих эти свойства. В данной работе определялся коэффициент трения качения и поверхностная энергия полистирола и полистирольных пленок, модифицированных фуллереном C_{60} . Подготовка образцов проводилась по следующей методике. В тигель с полимером добавляется раствор фуллерена и помещается в печь, нагретую до температуры 135-140°C. Смесь при интенсивном перемешивании выдерживается до полного растворения фуллерена, далее формируется пленка на стеклянной подложке, охлаждается и отжигается в печи. Эксперименты показали, что фуллерены C_{60} , включенные в полистирол, приводят к значительному повышению его трибологических характеристик: коэффициент трения качения уменьшается почти на 40%. Улучшение трибологических свойств покрытия, включающего C_{60} , объясняется формированием на поверхности покрытия тонкой пленки с дисперсной структурой, которая предотвращает перенос материала контртела на испытываемую поверхность.

Поверхностная энергия влияет на многие физико-химические свойства материалов. В частности, удельная поверхностная энергия γ входит в известное уравнение Гриффитса, согласно которому напряжение σ , при котором трещина достигает критических размеров, после чего наступает разрушение, растрескивание материала, определяется формулой

$$\sigma = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi l}},$$

где E – модуль Юнга;

l – длина половины трещины.

Определение поверхностной энергии проводили методом покоящейся капли. Результаты эксперимента показали, что введение C_{60} незначительно уменьшает поверхностную энергию полистирола со 145 мДж/м² до 132 мДж/м², когда масса фуллерена составляла 1% от массы полистирола. Изменение поверхностной энергии, по нашему мнению, вызвано структурированием областей полистирола, прилегающих к углеродным наночастицам.

Кириленко А.И.

Белорусская государственная академия авиации

В больших маятниках типа маятников Фуко для уменьшения трения в подвесе используют пневмоподшипники, карданные подвесы. Представляет интерес магнитный подвес, обещающий снижение трения. Однако конструктивно на основе доступных магнитных элементов выполнить его трудно. Для того, чтобы выяснить характер взаимодействия постоянных магнитов (на основе редких земель) с индукцией порядка 1 Тл, мы применили горизонтальное натяжение нитей магнитами и уже к этим нитям подвесили груз (маятник). Получился бифилярный подвес. Предусмотрено изменение расстояния между магнитами с помощью винтов, ввинченных в вертикальные стойки. Для того, чтобы точнее измерять расстояние между полюсами, зазор между ними подсвечивался проектором и тень проецировалась на стенку. В зависимости от исполнения бифилярного подвеса изменялся и характер движения маятника. Мы можем получить колебания в одной плоскости, колебания с двумя степенями свободы (фигуры Лиссажу и незамкнутые кривые). Обычно характер движения определяется по действующим внешним силам и начальным условиям. Однако проявляется зависимость и от внутренних связей в системе, определяемых выбором нитей подвеса. Предложенный нами маятник оказался очень удобным для демонстрации действия этих связей.

Ранее изучались колебания конуса с песком. Просыпающийся песок «вычертил» на плоскости фигуру (рис. 1а, фото), в начале эллипс с вытянутой осью, затем он скруглялся поворачивался.

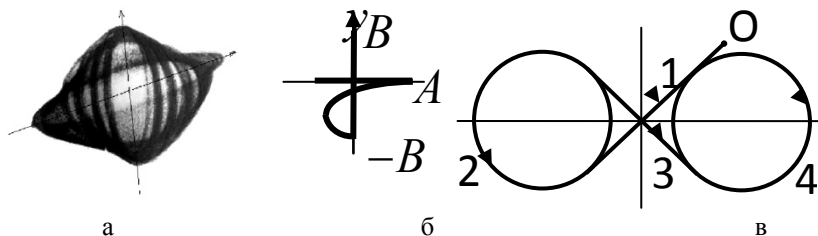


Рис. 1. Траектории движения точки в плоскости при различных связях. В случае с магнитным подвесом траектории сильно зависели от жесткости нитей подвеса. Для жесткого подвеса (проволоки) получалась траектория б, а для мягкого (нити) – траектория в.

О соляной лампе и ионизации воздуха

Кириленко А.И., Телушенко Е.А.
Белорусская государственная академия авиации

Соляная лампа – это плафон, изготовленный из галита - кристаллической каменной соли (хлорида натрия) с источником света в виде лампы накаливания. Этот материал отличается множеством оттенков синего, фиолетово-голубого, густо-синего, темно-фиолетового, желтого (примесь металлического натрия), красного (с примесью гематита) цветов. В отраженном свете обычный галит выглядит бурым. Лампе приписывается оздоровительный эффект связанный с ионизацией воздуха.

В настоящее время считается, что оздоровительный эффект принадлежит отрицательным ионам кислорода. Люстра Чижевского – это классический ионизатор с производительностью $((1 - 2) \cdot 10^6$ ионов в см^3 в основном отрицательных. Она одновременно уничтожает витающую в воздухе пыль, микроорганизмы и аэрозоли и при этом насыщает воздух полезными отрицательными аэрозолями. За 30 мин работы она уменьшает в 5 раз число вредных микроорганизмов, но при этом существенно изменяет естественный ионный баланс воздушной среды (примерно одинаковая концентрация положительных и отрицательных ионов). Теперь применяются лишённые этого недостатка биполярные ионизаторы с такой же производительностью. Отметим, что санитарная норма составляет $(3 - 5) \cdot 10^3$ ионов в см^3 . Соляная лампа работает при температуре не выше 40°C . Мы произвели расчет степени ионизации водородоподобных ионов при такой температуре по известной формуле Саха. Энергия ионизации кислорода была принята 13,614 эВ. Как и следовало ожидать, ионизация далеко не дотягивает до санитарной нормы и составляет $2 \cdot 10^{-100}$ ионов/ см^3 . Итак, называть соляную лампу ионизатором нельзя ни при каких условиях.

Вместе с тем оздоровительный эффект соляных пещер неоспорим. Этот эффект достигается благодаря особому микроклимату, составляющие которого - постоянная температура, влажность, специфический газовый состав, аэрозоли с содержанием Na, K, Cl и I, и частички NaCl. Эти соляные аэрозоли тормозят размножение микрофлоры дыхательных путей, очищают бронхи. Воздух в таких пещерах слабо ионизирован. Ионизация осуществляется за счет радиоактивных элементов, находящихся в составе сильвина (KCl), в основном за счет радиоактивного изотопа $^{40}_{19}\text{K}$

Относительно оптических свойств галита заметим, что свет при распространении в нем испытывает сильнейшее рассеяние и, таким образом, значительно ослабляется.

**Критическое мышление как способ активизации
учебной деятельности студентов**

Ветохин С.С.¹, Климович И.А.²

¹Белорусский государственный технологический университет

²Белорусский национальный технический университет

Термин «критическое мышление» возник давно из работ таких известных психологов как Ж. Пиаже, Дж. Брунер, Л.С. Выготский. В 80-х годах прошлого столетия развитие критического мышления определялось как одна из целей образовательного процесса школьного образования в большинстве штатов США. В конце 90-х годов 20-го столетия развитие критического мышления фигурирует в образовательных системах в большинстве стран Европы [1]. В последнее время проблема критического мышления активно обсуждается и исследуется российскими специалистами. Интерес к вопросу использования критического мышления в вузовском образовании продиктован проблемой улучшения качества высшего образования.

Специалисты по-разному трактуют понятие «критическое мышление». В различных определениях этого термина можно увидеть общий смысл, а именно - критическое мышление означает мышление оценочное, рефлексивное, предполагающее способность ставить новые вопросы, выработать разнообразные, подкрепляющие аргументы, принимать независимые продуманные решения.

По мнению многих исследователей, критическое мышление можно рассматривать как особый способ организации учения и определить как процесс естественного взаимодействия студентов с учебным материалом, в основе которого, наряду с обычными педагогическими операциями, лежит критическая оценка и осмысление, результатом которого является усвоение учебного материала.

Ведущая роль в развитии критического мышления принадлежит студенту, который делает это с помощью и под руководством преподавателя. Преподаватель организует данный процесс и управляет им. Следовательно, при развитии критического мышления происходит реорганизация процесса учения с учетом индивидуальных целевых установок студентов, оценка и систематизация знаний.

Литература

1. Критическое мышление – углубленная методика. Ч. Темпл, Дж. Л. Стил, К.С. Мередит. – М.: Изд-во Института «Открытое Общество», 1998. – 198 с. 4.

**Рафинированное понятие инерциальной системы
отсчета в астрономии**

Баранов А.А., Климович И.А., Попко С.В.
Белорусский национальный технический университет

В классической динамике Ньютона существование инерциальных систем отсчета постулируется первым законом. Под системой отсчета понимается тело отсчета, система координат, связанная с этим телом, способ измерения времени (часы). В инерциальной системе отсчета все свободные тела, то есть в отсутствии действия на них других тел или полей, движутся равномерно и прямолинейно или покоятся. Если имеется хотя бы одна инерциальная система отсчета, то любая другая, связанная с ней преобразованиями Галилея, будет также инерциальной. Отсюда вытекает существование бесконечного числа инерциальных систем отсчета. Инерциальная система отсчета не может испытывать ускорение, а только покоится или двигаться равномерно и прямолинейно относительно исходной инерциальной. Если поместить систему отсчета (тело отсчета и систему координат) на экваторе Земли, то такая система отсчета не будет инерциальной, так как вследствие суточного вращения Земли все тела на экваторе испытывают центростремительное ускорение, равное

$a_{ц} = 0,034 \text{ м/с}^2$, где радиус Земли $R = 6371 \text{ км}$, угловая скорость $\omega = 2\pi/T$, где период вращения Земли $T = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$. Поэтому систему координат надо поместить на полюсе Земли. Однако Земля вращается вокруг Солнца со скоростью $v \approx 30 \text{ км/с}$, что приводит к ускорению $a_{ц} = 0,006 \text{ м/с}^2$. Хотя эта величина достаточно мала, но вполне измерима современными физическими методами. Поэтому за тело отсчета надо взять Солнце, точнее его центр, так как температура в его центре достигает 20 миллионов градусов.

Если продолжить цепочку рассуждений, то необходимо систему координат поместить в центре нашей Галактики, так как Солнце вращается вокруг центра Галактики, но там предполагается существование черной дыры, откуда не могут исходить любые сигналы, несущие информацию. Если все же как-то обойти эту трудность, то надо учесть, что наша Галактика вращается вокруг скопления галактик в созвездии Девы. Были также попытки определить скорость вращения всей Метагалактики. Итак, строго говоря, нет инерциальных систем отсчета в астрономии. Но поскольку все возникающие ускорения достаточно малы, то приближенно уже системы отсчета, связанные с Землей, достаточно близки к инерциальным в технических расчетах.

Логвинов М.Д.

Белорусский национальный технический университет

Дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие физические процессы переноса, обычно записывают в действительных (вещественных) числах и реже в комплексной форме.

В последнее время в различных исследованиях по физике и механике стали использовать аппарат гиперкомплексных чисел. В частности, к гиперкомплексным наряду с комплексными (эллиптическими) числами относятся также двойные (гиперболические) числа $z = a + bj$, $j^2 = 1$ (a , b – вещественные) и дуальные (параболические) числа $z = a + b\varepsilon$, $\varepsilon^2 = 0$. Дуальные и двойные числа реже используют в прикладных науках ввиду наличия у них делителей нуля (не всегда определена операция деления).

Рассмотрим одномерное параболическое уравнение теплопроводности без источников для температуры T : $\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ в дуальных и двойных числах. Трехмерный случай требует использования поличисел.

Пусть $z = x + t\varepsilon$ дуальное число, где x – координата, t – время. Рассмотрим цилиндр с площадью поперечного сечения S , расположенный вдоль оси X , с координатами x , $x + dx$ в среде с плотностью ρ , удельной теплоемкостью C и коэффициентом теплопроводности λ . Для нагревания среды в цилиндре на величину dT необходимо количество теплоты $dQ_1 = C\rho S dx dT = C\rho S dx T'(z) dz$. Это тепло возникает за счет разности тепловых потоков через основание цилиндра за время edt :

$$dQ_2 = \left(-\lambda S \frac{\partial T}{\partial x} - \lambda S \left(-\frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} dx \right) \right) \varepsilon dt.$$

Приравнявая $dQ_1 = dQ_2$ и учитывая соотношения $\frac{\partial T}{\partial x} = T'(z)$, $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = T''(z)$, получаем обыкновенное дифференциальное

уравнение $T' = aT''$, $a = \lambda C\rho$ вместо исходного уравнения теплопроводности в частных производных. Аналогичное легко интегрируемое уравнение получается для двойной переменной $z = x + tj$. Этот результат обобщается на случай постоянных источников тепла.

Работа выполнена под руководством канд. физ.-мат. наук, доц. Баранова А.А.

О необходимости применения студентами строительных специальностей инновационных технологий в будущей профессиональной деятельности

Бибик А.И., Журавкевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Совершенствование профессионального мастерства невозможно без изучения новых технологий, возникающих благодаря развитию современной науки и внедряемых, в том числе, и в строительную отрасль. В данной работе мы хотели бы обратить внимание студентов на некоторые примеры инновационных технологий, основанных на использовании физических принципов. Постоянное повышение энергопотребления современного общества остро ставит вопросы внедрения энергосберегающих и энергорегулирующих технологий в строительную индустрию. Уже привычным стало размещение на крышах зданий солнечных элементов и электрогенераторов. Однако в некоторых случаях важным является не только получение энергии, но и регулирование энергооборота. Например, актуальной является проблема охлаждения коммерческих и жилых зданий в жаркие летние месяцы. Стандартные системы кондиционирования воздуха являются достаточно энергоемкими. На их работу требуется порядка 20 процентов всей электрической энергии, которая потребляется одним зданием. Один из способов снижения энергозатрат недавно был представлен специалистами из Стэнфордского университета. Инженеры разработали принципиально новый многослойный и ультратонкий материал, который работает как интерференционное зеркало. Данное покрытие отражает до 90 процентов инфракрасной и видимой части спектра, что в жаркие дни препятствует перегреву здания, а в холодные значительно уменьшает теплопотери.

Другой проблемой повышения энергоэффективности является правильно организованный процесс аккумулирования тепла. Значительные размеры используемых для хранения выработанного тепла водяных резервуаров затрудняет возможности их интеграции в современные жилые дома. В качестве решения проблемы группа исследователей университета страны Басков (UPV/EHU) в Испании, разработала и представила прототип эффективного накопителя тепловой энергии занимающего почти на 50 процентов меньше площади по сравнению с обычными водяными резервуарами для хранения тепловой энергии. Устройство использует процесс фазового перехода при плавлении и затвердевании коммерческого парафина, помещенного в алюминиевые радиаторы.

Расчет термодинамических потенциалов ансамбля ангармонических осцилляторов

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

При рассмотрении многих задач современной теоретической физики важную роль играет разработка методов приближенного описания квантовых систем и решения описывающих их уравнений. Среди таких методов особое место занимают так называемые непертурбативные методы, которые позволяют построить аналитическое описание квантовых систем не только в предельных случаях слабой или сильной связи, но и при произвольных значениях параметров системы.

В работе рассмотрено применение операторного метода решения уравнения Шредингера для построения равномерно пригодного приближения для энергетического спектра ансамбля квантовых ангармонических осцилляторов, системы, которая часто используется для изучения свойств реальных молекулярных газов. Полученные значения энергии остаются достаточно точными (ошибка не превышает 20% уже в нулевом приближении метода) во всем диапазоне изменения параметров гамильтониана, в частности, различных констант связи и параметров ангармонизма. Учет поправок повышает точность расчетов.

После получения аналитического равномерно пригодного приближения для энергетического спектра системы проведена аппроксимация ее термодинамических характеристик. Для этого построено равномерно пригодное приближение для статистической суммы ансамбля ангармонических осцилляторов. Специфика построения такого приближения состоит в том, что статистическая сумма системы зависит не только от параметров гамильтониана, но и от температуры. При этом для вычисления статистической суммы системы необходимо провести суммирование по всем квантовым состояниям системы. Поэтому методику построения приближения для энергетического спектра ансамбля осцилляторов, основанную на операторном методе, необходимо дополнить методом приближенного суммирования по квантовым состояниям системы, в качестве которого в работе используется кумулянтное разложение, справедливое для любого экспоненциального оператора при усреднении по нормированному базису. В результате получены аналитические выражения для статистической суммы, свободной энергии и энтальпии ансамбля квантовых ангармонических осцилляторов, которые являются равномерно пригодными и в предельных случаях совпадают с известными результатами.

Алгоритм расчета термодинамических характеристик молекулярного азота

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

На основе совместного применения операторного метода и кумулянтного разложения в работе получены численные значения термодинамических характеристик молекулярного азота. При расчетах в качестве потенциала межатомного взаимодействия использовался потенциал Морзе $U(x) = D(1 - e^{-\alpha x})^2$. При использовании потенциала Морзе общее число энергетических уровней атома n оказывается конечным, что упрощает процедуру суммирования по квантовым состояниям. Наилучшая точность приближения в нулевом порядке метода достигается при использовании параметра ω_0 , выбираемого исходя из условия наилучшей аппроксимации для энергетического уровня с наибольшей заселенностью при данной температуре. В таблице приведены значения статистической суммы Z , молярной теплоемкости C_V , среднего отклонения атомов от равновесного состояния, связанного с ангармонизмом колебаний \bar{x} . Индекс «ex» соответствует точным известным численным данным, индекс «h» - результатам, полученным при использовании гармонического приближения.

Табл. Термодинамические характеристики идеального газа молекул N_2 .

$$m = 14.008 \text{ а.е.м.}, \quad \alpha = 4.28 \times 10^7 \text{ см}^{-1}, \quad D = 79890 \text{ см}^{-1}, \quad n = 56, \quad \omega_0 = 2358 \text{ см}^{-1},$$

$$(\hbar = c = 1).$$

	$T, \text{ K}$				
	1000	2000	5000	10000	20000
Z	0.191	0.529	1.474	3.053	6.243
Z_{ex}	0.191	0.529	1.474	3.053	6.431
Z_h	0.190	0.525	1.447	2.935	5.891
C_V	0.424	0.807	1.002	1.081	1.253
$C_{V,ex}$	0.414	0.807	1.004	1.091	1.254
$C_{V,h}$	0.362	0.791	0.963	0.990	0.997
$\bar{x} \cdot 10^3 \text{ \AA}$	9.287	12.696	27.610	57.462	135.120

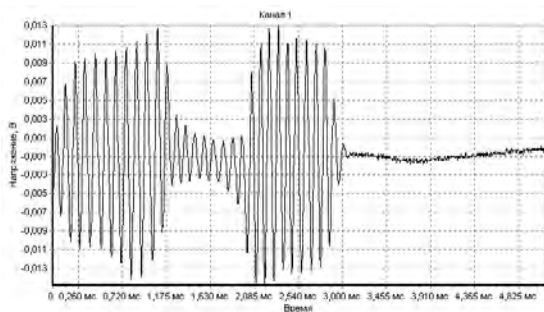
Данные находятся в хорошем согласии с известными результатами, полученными при использовании других приближенных методов.

Разработка конструкций источников магнитного поля при определении электрических и магнитных свойств объектов

Дорошевич В.А.

Белорусский национальный технический университет

Для проведения магнитоимпульсного контроля электрических и магнитных свойств объектов использовали источники магнитного поля разных конструкций и размеров: одновитковые и многovitковые контуры прямоугольной и другой формы, катушки с плоскими поверхностями, кольцевые катушки, а также катушки разной формы с ферромагнитными сердечниками. В случае определения структурных неоднородностей материала объекта использовали первичные источники, создающие однородное магнитное поле в заданном объеме материала объекта или на его поверхности. На рисунке 1 изображена зависимость $U(t)$ величины электрического напряжения U , снимаемого с индукционной магнитной головки, от времени t при сканировании ею дискретного датчика магнитного поля (ДДМП) с записью информации о



свойствах пластины из алюминия толщиной $2,2 \cdot 10^{-3}$ м с отверстием диаметром $9,5 \cdot 10^{-3}$ м. На ДДМП с пластиной воздействовали импульсом магнитного поля катушки с плоской поверхностью со временем нарастания $t_{max} = 1,25 \cdot 10^{-4}$ с. Направление напряженности магнитного поля (H)

катушки перпендикулярно магнитным полосам ДДМП. Расстояние от рабочей поверхности плоской катушки до поверхности пластины $2,2 \cdot 10^{-3}$ м. Минимум сигнала ($4,5 \cdot 10^{-3}$ В) соответствует центру отверстия. Уровень сигнала над металлом составляет $2,5 \cdot 10^{-2}$ В. Величина H вторичного поля для данного импульса составляет 0,4 величины H первичного поля для пластины из алюминия указанной толщины. При использовании магнитоимпульсного метода с определением градиентов магнитного поля применяли локальные источники неоднородного магнитного поля.

Работа выполнена под руководством Павлюченко В.В.

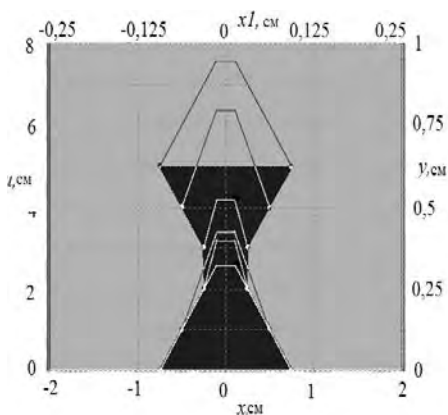
Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Разработана методика нахождения распределений магнитных полей, записанных на магнитном носителе (МН), и соответствующих им зависимостей электрического напряжения от времени $U(t)$, снимаемого с считывающего устройства.

На основании полученных распределений $U(t)$ формировали оптические изображения магнитных полей электропроводящих объектов и найденные оптические изображения самих объектов. При этом распределение $U(t)$ переводили в распределение $U(x)$ с учетом скорости сканирования. Здесь x – координата в направлении линии замера.

На рисунке 1 показано компьютерное оптическое изображение фигурной полосы из алюминия и зависимости $U(x)$. Считывающее устройство сканирует МН с записями полей, полученными при воздействии импульс-



ным магнитным полем на МН и алюминиевую пластину, под которой находится металлический объект неизвестной конфигурации.

Толщина пластины составляет доли миллиметра, материал объекта – алюминий. Линии замера в виде параллельных отрезков, удалены друг от друга на расстояние 0,125 см.

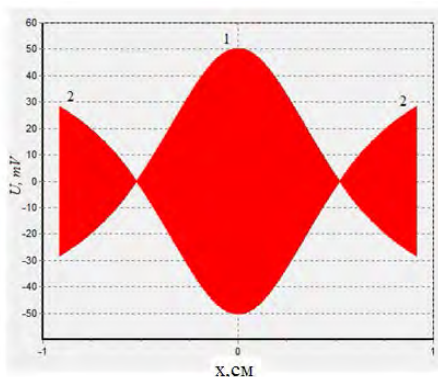
В результате сканирования преобразователем по шести линиям замера получены зависимости $U(x)$ в виде трапеций, показанные на рисунке.

На основании полученных ранее экспериментальных данных найдены аналитические зависимости величины $U(x)$ для образцов из алюминия, накрытых алюминиевой пластиной, определена ширина участков объекта под пластиной по линиям замера и построено изображение фигурной пластины.

Дорошевич Е.С., Павлюченко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Воздействовали на преобразователь магнитного поля импульсами магнитного поля линейного индуктора в прямом и обратном направлении. Величину тангенциальной составляющей напряженности первичного магнитного поля Y_k в направлении x рассчитывали по формуле: $Y_k = A_k / (x^2 + 0,36)$, где A_k - постоянные. В результате расчетов для случая воздействия на преобразователь магнитного поля двумя импульсами разной полярности



и считывании с него записанной информации получали распределение величины электрического напряжения U на выходе считывающего устройства с построением зеркальной функции и оптического изображения магнитного поля. При проведении теоретических расчетов использовали экспериментальные зависимости величины остаточной намагниченности преобразователя магнитного поля от величины напряженности приложенного поля при намагничивании пре-

образователя в прямом и обратном направлении. Так, для параметров прямой функции ($A_1=360$, $A_2=-58$) и зеркальной функции ($A_1=-360$, $A_2=58$) получали оптическое изображение магнитного поля, показанное на рис.1. Амплитуда первого максимума $U_m = 100$ мВ. Свойства объекта и их распределение в объекте определяли по величине максимумов и минимумов распределения $U(t)$, полученным в результате воздействия импульсом магнитного поля на преобразователь с объектом. Величину напряженности вторичного магнитного поля для каждой точки поверхности объекта, соответствующей координате огибающей оптического изображения магнитного поля, рассчитывали с использованием полученных зависимостей, в том числе линейной зависимости величины напряженности вторичного магнитного поля от толщины объекта.

Компьютерная механика

Ширвель П.И., Чигарев А.В.

Белорусский национальный технический университет

На основе классического термомеханического подхода предлагается постановка и методика численного решения задачи о физически и геометрически нелинейном (конечном) деформировании твердых тел под действием силовых и терморadiационных нагрузок с учетом их взаимного влияния (в рамках гипотезы сплошности). Учитывалось, что размерные изменения, могут быть обусловлены в основном двумя причинами: ползучестью нагруженного образца, возрастающей под действием облучения и радиационным распуханием, проявляющимся в изменении линейных размеров ненагруженного образца в потоке частиц с энергией больше 0.1 МэВ. Рост ползучести и распухание могут вывести из строя конструктивные элементы агрегатов, работающих при высоких температурах и интенсивном облучении, так как деформации такого рода с течением времени могут стать недопустимо большими. Таким образом, допускаемые напряжения в подобных деталях определяются не пределом текучести и прочности, а допускаемыми деформациями для заданного срока службы, которые зависят от условий нормальной эксплуатации. В этом состоит существенное отличие расчета конструктивных элементов, работающих при высокой и нормальной температурах в условиях радиационного облучения.

Поведение облученных тел существенно отличается от поведения необлученных. В некоторых случаях перемещения точек деформируемого твердого тела могут быть достаточно большими, например, при аварийных ситуациях в условиях ядерного реактора или при значительном радиационном распухании конструкционных материалов (15-23%). Конечные перемещения приводят к большим деформациям, при исследовании которых необходимо надлежащим образом учесть как ползучесть, так и радиационное распухание. Таким образом, в геометрических уравнениях нелинейные члены, содержащие квадраты и произведения производных, которые могут сыграть важную роль для расчетов кинетики напряженно-деформированного состояния и прогнозирования ресурса ответственных элементов конструкций, эксплуатируемых в экстремальных условиях нагружения.

Проведенный компьютерный анализ механико-математической модели в первом приближении (на примере осесимметричного терморadiационного деформирования изотропного полого цилиндра), показал, что до уровня деформаций 3,6% результаты расчетов по геометрически линейным и гео-

метрически нелинейным соотношениям практически совпадают. При деформациях порядка 17% выявлены существенные (45-67%) различия между линейными и нелинейными решениями. Указанный подход позволил проследить за реальным изменением формы твердого тела в процессе квазистатического деформирования.

УДК 62-1

О проектировании многофункционального беспилотного летательного аппарата

Конон И.И., Трифанков Д.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время беспилотные летательные аппараты типа «мультикоптеры» являются достаточно сложными объектами управления, которые выполняют поставленные задачи в трехмерном пространстве с постоянно действующими силами гравитации и внешними возмущениями. Мультикоптеры представляют собой разновидность БПЛА, оснащенных четырьмя и более несущими винтами. Полет мультикоптера осуществляется за счет подъемной силы, которую создают несущие винты. Как правило, винты расположены на крест-накрест пересекающихся балках и вращаются диагонально в противоположных направлениях, причем каждый винт приводится в движение отдельным двигателем.

Все основное оборудование устанавливается на платформе, которая состоит из рамы. На раме монтируется основная плата управления и приемопередатчик для связи с наземным комплексом. На «лучах» рамы монтируются бесколлекторные двигатели, каждым из которых управляет отдельный регулятор. В качестве регулирующего устройства используется микроконтроллер, на вход которого поступают сигналы с пульта управления и сигналы с датчиков, измеряющих скорость изменения координаты и углов относительно оси. Работа контроллеров, подключенных к каждому двигателю, заключается в том, чтобы регулировать число оборотов и передавать двигателю энергию батареи. Для передачи энергии в контроллере используются силовые ключи, которые могут закрываться и открываться за долю секунды.

Стабилизация мультикоптера осуществляется за счет получения данных об углах наклона с гироскопов и акселерометров. Устойчивый полет обеспечивает контроллер, главная задача которого состоит в стабилизации летающей платформы в воздухе в горизонтальном положении путем подачи управляющих сигналов двигателям. Он использует данные от гироскопических датчиков и вычисляет скорость для каждого отдельного пропел-

лера. Контроллер также компенсирует влияние внешних воздействий, таких, например, как ветер.

Основная задача компьютерного проектирования – получить оптимальные параметры регуляторов и провести идентификацию объекта исследований: выполнить математическое описание аппарата управления на основе экспериментальных данных на входе и выходе системы.

УДК 621.865:004.896

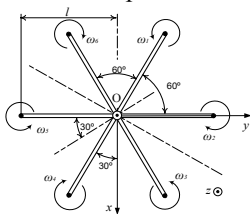
Механико-математическая модель динамики мобильного мехатронного комплекса многофункционального назначения

Чигарев А.В., Ширвель П.И., Конон И.И.
Белорусский национальный технический университет

Управление мультикоптером является сложной фундаментальной проблемой и в тоже время очень интересной задачей. В данном проекте мы исследуем механику управления мобильной мехатронной системы на примере летательного аппарата типа мультикоптер.

Мехатронно-модульную систему изучаем на прочность, динамику и управление, включая элементы механики полета мультикоптера.

Мультикоптер рассматривается как небольшое транспортное средство с шести пропеллерами, расположенными вокруг основного корпуса. Заметим, что при проектировании систем управления и стабилизации любых летательных аппаратов важным этапом является именно выявление их динамических свойств как объекта управления. Имеется обширная отечественная и зарубежная литература, посвященная построению математических моделей динамики движения летательных аппаратов. Настоящие исследования, в какой-то степени облегчая работу с этой литературой, дают рациональные приемы по выводу уравнений движения мобильных мехатронных систем, предлагают направления их решения и дальнейшей линеаризации, а также исследование статического и динамического равновесия мехатронно-модульных комплексов.



Также в работе представлен последовательный вывод определяющих соотношений для механико-математической модели

многофункционального мультикоптера с N двигателями, имеющим в общем случае только одну плоскость симметрии и, как следствие, одну главную ось инерции. Конкретнее, рассматривается гексакоптер с известными техническими и физическими параметрами, движением которого можно управлять, изменяя силу тяги роторов двигателей в зависимости от скорости вращения пропеллеров (винтов).

УДК 621.865:004.896

Компьютерное моделирование мультикоптерного летательного аппарата

Ширвель П.И., Чигарев А.В., Конон И.И.
Белорусский национальный технический университет

Настоящий проект подводит некоторый итог научных исследований коллектива авторов. Эти исследования были вызваны задачами определения в реальном режиме времени ориентации мобильных мехатронных систем типа «мультикоптер» с целью навигационного обеспечения дальнейших научных натурных и численных экспериментов в воздушном и 3Д пространстве. Разработанные принципы позволяют определить ориентацию гексакоптера, когда известны значения опорных физических векторов в данной точке пространства.

Движение мобильного мехатронного комплекса описывается в компонентах действующих сил и моментов, линейных и угловых скоростей, а также текущего положения системы в пространстве. В дальнейшем, определяющие уравнения движения мехатронной системы будем разрешать относительно выбранной, неизменно связанной с мультикоптером системы координат (учитывая, что управляющая сила прикладывается в подвижной системе координат).

Для численной оценки движения мультикоптера (гексакоптера), рассмотрена базовая модель, которая состоит из легкой крестообразной несущей конструкции с шестью винтами, установленными на ее концах. Нечетные винты (роторы 1,3,5) вращаются против часовой стрелки, в то время как четные (роторы 2,4,6) вращаются по часовой стрелке. Такая попарная конфигурация, с противоположно направленными поворотами, устраняет необходимость использования хвостового винта, как, например, в случае летательного аппарата типа вертолет. Заметим, что скорости вращения роторов независимые. Благодаря этому, можно будет контролировать основные режимы пилотирования (тангаж, крен, рыскания) летательного аппарата.

Получены определяющие уравнения, которые описывают движение мультикоптера с учетом принятых допущений. Уравнения являются нелинейными и их точное решение с помощью аналитических методов и стандартных средств в общем случае невозможно. Дальнейшее исследование определяющих нелинейных уравнений движения, а также их решение осуществляется с использованием методов компьютерного моделирования (численное решение).

УДК 681.3

Создание робота-манипулятора для обезвреживания и перемещения взрывоопасных предметов

Побегайло А.В., Михнович М.О.

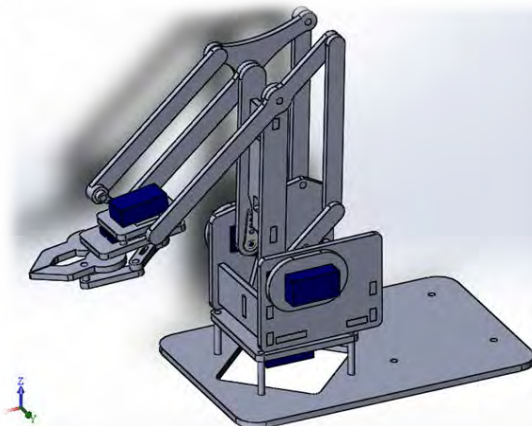
Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования является манипулятор, который передвигается с помощью мобильной базы.

Целью работы являлось создание прототипа манипулятора, который сможет обезвредить опасный предмет, без риска для жизни человека.

В процессе работы было выполнено следующее: создание трехмерной модели манипулятора, расчет напряженно-деформированного состояния манипулятора и безопасность использования манипулятора.

На рисунке показана 3D-модель манипулятора, созданная при помощи программного пакета SolidWorks.



Исходя из проведенных статических расчетов, можно сделать вывод, что наиболее уязвимые места в манипуляторе при больших нагрузках это

основание, левая и правая тяги. Максимальное напряжение равно $2.83262e+007 \text{ N/m}^2$.

Областью возможного практического применения являются места, где необходимо разминирование и обезвреживания взрывоопасных предметов. Изобретение относится к роботостроению и предназначено для обезвреживания боеприпасов, главным образом минных полей, и для диверсионной и разведывательной деятельности.

УДК 539.371

Проектирование и разработка мини-роботов для медицинских и исследовательских целей

Чигарев В.А.

Белорусский национальный технический университет

В связи с развитием миниатюрного машиностроения, медицинской диагностики, акустоэлектроники, робототехники получили развитие теория и практические применения магнитоэластичности. Математическое описание процессов деформирования, вибраций и волн в таких средах приводит к необходимости получения определяющих соотношений, уравнений баланса, начальных и граничных условий, которые связывают между собой упругие, электрические, магнитные поля и обобщают несвязанные уравнения теории упругости и электродинамики. Основой для построения корректных моделей электромагнитоупругости являются вариационные принципы механики и электродинамики сплошных сред и термодинамики. Ультразвуковая дефектоскопия, вибрационные технологии, применение упругих поверхностных волн для обработки информации стимулировали развитие электромагнитоупругости. Использование пьезодвигателей в магнитопроборостроении стимулировало развитие проблем, связанных с преобразованием колебательных движений в поступательные движения. Направление в робототехнике, связанное с созданием мобильных миниатюрных (микро и нано) роботов значительно оживило исследования в электромагнитоупругости для целей создания мобильных мини-роботов.

Создание миниатюрных мобильных роботов на платформах в форме упругих пластин, пологих оболочек, использующих вибродвигатели в качестве движителей, развивается в последние годы довольно интенсивно. В качестве вибраторов применяются эксцентрические двигатели, акустические источники вибрации, пьезоэлектрические приводы, монтируемые непосредственно на платформе, снабженной конечностями, контактирующими с опорной поверхностью, по которой происходят поступательные и вращательные перемещения мини-робота. Передача энергии колебаний от

вибратора к пластине связана с потерей части энергии в материале пластины, поэтому создание миниатюрных роботов на платформе из пьезоэлектрика, является энергетически более эффективным. С точки зрения управления движением пьезоэлектрическая платформа также более эффективна, так как обеспечивает необходимую точность управления за счет выбора схемы электродирования, формы конструкции, материалов, массы. Это даёт возможность проектировать широкий спектр миниатюрных роботов различного назначения.

УДК 623.4

Создание универсальной мобильной базы на гусеничном ходу для робота-сапера

Михнович М.О., Побегайло А.В.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире роботы находят все более широкое применение, заменяя человека на производстве и в быту. Наиболее распространены мобильные роботы.

Универсальная мобильная база на гусеничном ходу предназначена для установки на нее различного оборудования, например, манипулятора.



Цель работы является создание прототипа мобильной базы, выбор различного оборудования для установки на мобильную базу, определение и расчет наиболее нагруженного элемента мобильной базы.

Сложность обеспечения нормальной работы зацепления гусеницы с ведущим колесом вызывается самим характером работы мобильной базы в разнообразных условиях местности (движение вперед, назад, поворот, торможение).

Основные требования: 1. Надежное зацепление с гусеницей как в ведущем, так и в тормозном режиме независимо от износа гусеницы. 2. Высокая износостойкость зубьев ведущих колес. 3. Самоочистка от грязи и снега.

В процессе работы выполнены следующие исследования: расчет напряженно-деформированного состояния мобильной базы, расчет максимального угла подъема базы, расчет экономической эффективности разрабатываемой модели, безопасность использования робота-сапера.

Областью возможного практического применения являются места, где необходимо разминирование и обезвреживания взрывоопасных предметов. В основном работа ориентирована на военную аудиторию. Может использоваться как для учебных целей, так и для боевых.

Результатами внедрения явились: разработка мероприятий по оптимизации использования мобильной базы.

УДК 539.371

Движение деформируемых упругих тел по плоскости под действием пьезоэлектрического и магнитоstrictionного эффектов

Чигарев В.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим электроупругую модель поступательного перемещения (качения) миниробота, имеющего форму полого шара из пьезоэлектрика, электродированного по граничным поверхностям металлическими пленками, границами которых являются разделительные линии меридионального и широтного направлений. Внутри шара может быть смонтирована система управления (микропроцессоры), источник электричества (аккумуляторы), датчики (сенсоры). Выбор физико-механических характеристик материала определяется требуемыми функциями миниробота, а выбор конструкции в виде шара исходит из требований повышенной маневренности. Отметим принципиальное отличие мобильных роботов, у которых шар выполняет функции колеса и приводится в движение механическими приводами от пьезоэлектрического, который катится за счёт локального изменения геометрии под действием электрического поля.

Рассмотрим выпуклое тело, расположенное на плоскости OXY , рисунок 1, в неподвижной системе координат $OXYZ$. С телом жестко свяжем систему координат $Cxyz$, начало которой находится в центре масс точке C , оси координат x, y, z направлены вдоль главных центральных осей симметрии тела в окрестности точки D .

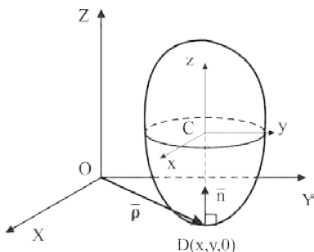


Рисунок 1 – Выпуклое твёрдое тело, расположенное на плоскости OXY

С помощью электрического поля создается волновое перемещение локальной зоны деформации в области контакта по внешней поверхности вдоль меридиана, вследствие чего получаем анизотропию коэффициента трения качения и одновременно потерю устойчивости деформированного шара в этом же направлении, что инициирует и поддерживает требуемое поступательное движение.

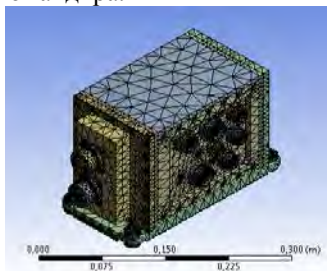
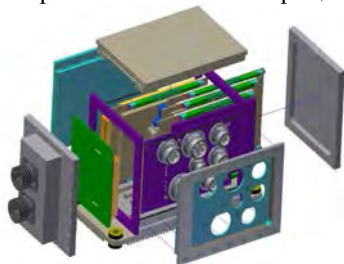
УДК 539.3

Проектирование и моделирование электромагнитной системы актюаторного типа

Фаттахов А.Р., Шпургалова М.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Проведен анализ литературных источников, касающихся моделирования металлических конструкций в средах конечно-элементного анализа, изучены современные возможности математического моделирования при разработке новых приборов и оборудования, сформулирована задача анализа НДС корпуса вновь разрабатываемого прибора. На основе исходных данных в виде чертежей и свойств материалов, а также известных из условий эксплуатации объекта исследования граничных условий построены трехмерные геометрические модели исследуемого объекта, а на их основе в среде ANSYS сформирована конечно-элементная модель блока управления панорамного комплекса прицеливания командира.



В процессе выполнения проекта, получены следующие результаты.

Получена подробная картина НДС элементов конструкции объекта, позволяющая оценить его работоспособность в условиях эксплуатации.

Анализ результатов моделирования показал, что элементы основания конструкции проектируемого прибора обладают недостаточной жесткостью. Помимо конечно-элементного анализа выполнен аналитический расчет устойчивости несущих элементов, который подтвердил выводы конечно-элементного анализа НДС.

Выполненная работа демонстрирует возможности компьютерной механики при проектировании новых технических объектов. Так, математическое моделирование позволяет оценить качество конструкции нового прибора без необходимости проведения полномасштабного натурального эксперимента, что позволяет существенно экономить материальные ресурсы и количество времени, затрачиваемые на разработку новых приборов.

УДК 629.735

Проблемы конструирования принципиально нового беспилотного летательного аппарата и методы их решения

Трифанков Д.В., Муровейко А.В.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день, квадрокоптеры вошли в нашу жизнь повсеместно. Они применяются для аэрофотосъемки, в военных целях, для доставки небольших грузов и даже в медицинских целях. Но данные дроны имеют ряд недостатков.

В первую очередь, это ресурс батареи. Современные квадрокоптеры могут продержаться в воздухе в среднем около одного часа. Проблема заключается в том, что аккумуляторные батареи имеют большую массу от чего и приходится жертвовать либо грузоподъемностью, либо временем полета.

Вторая проблема – это грузоподъемность. Ведь данная характеристика зависит от мощности двигателя, и чем мощнее мы ставим двигатель, тем больше возникает проблема с питанием.

Третья проблема – это дистанция между квадрокоптером и пилотом. На сегодняшний день радиус связи, в среднем, составляет около полутора километров, что резко ограничивает область применения данных летательных аппаратов.

Все эти характеристики можно улучшить синтезировав конструкцию квадрокоптера с самолетом. Крылья нового гибридного летательного аппарата, позволят повысить подъемную силу, а так же время полета, поскольку в данном случае тяга винта будет применяться минимально. Следующим шагом будет создание изменяемой геометрии крыла и изменяемых векторов тяги винтов. Это необходимо для того, что бы взлет и посадка были вертикальными, а при полете он мог использовать лишь минимум ресурса батарей. И последним шагом будет – обратная связь. Данную проблему можно решить, если мы заменим традиционные радиоволны (2.4 GHz) на связь посредством сети Интернет. В таком случае дистанция между дроном и оператором будет неограниченной.

При такой конструкции, беспилотной летательный аппарат может использоваться во многих сферах деятельности человека. Это могут быть: поисково-спасательные работы, доставка медицинского оборудования и препаратов (скорая помощь), аэрофотосъемка, коммерческая деятельность.

Реализация проекта будет осуществляться методами компьютерного моделирования, механики, кибернетики, программирования и алгоритмизации.

УДК 539.3

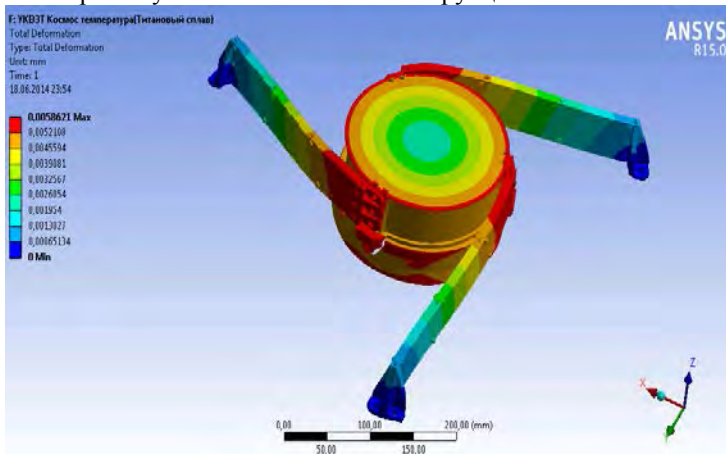
Поиск оптимального по массе и жесткости конструктивного варианта узла крепления вторичного зеркала

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

В результате выполнения было проведено исследование НДС узла крепления вторичного зеркала телескопа, а также предложен вариант оптимального по массе и жесткости облегченного узла крепления.

В процессе работы выполнен ряд задач по исследованию НДС узла крепления вторичного зеркала телескопа. Основная задача работы – подобрать оптимальный по массе и жесткости конструктивный вариант узла крепления вторичного зеркала телескопа. Проведен анализ НДС узла крепления вторичного зеркала в условиях нахождения конструкции на Земле, а также выполнен анализ НДС узла крепления вторичного зеркала под воздействием инерционных нагрузок при взлете с поверхности Земли. Предложен вариант уменьшения массы конструкции



Выполненная работа демонстрирует возможности математического моделирования при проектировании новых технических объектов. Так, математическое моделирование позволяет оценить качество конструкции нового прибора без необходимости проведения полномасштабного натурального эксперимента, что позволяет существенно экономить материальные ресурсы и количество времени, затрачиваемые на разработку новых приборов.

Областью возможного практического применения является космические телескопы.

УДК 519.621.64+539.3

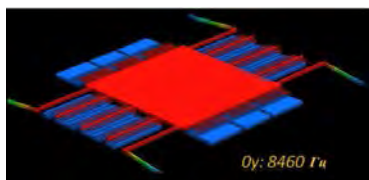
Модификация конструкций микрогироскопов, используемых в системах стабилизации и навигации

Хват А.В.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы технология МЭМС проникла во многие коммуникационные и оборонные приложения. Моделирование составляет необходимый элемент таких разработок. В основе его лежат классические подходы механики, однако вследствие микроминиатюризации и электромеханической связи проявляются и некоторые новые особенности. Поэтому для оптимизации МЭМС необходимо использовать более точные модели. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки новых математических и компьютерных моделей, а также эффективных численных решений связанных электромеханических и термомеханических задач, позволяющих исследовать и прогнозировать основные характеристики и параметры вынужденного движения сложных динамических систем.

Основной целью выполненной работы была модификация микромеханического гироскопа (ММГ): настройка и изучение его основных режимов, численный анализ рабочих режимов ММГ с помощью МКЭ, финальная настройка параметров и исследование особенностей функционирования. Рассмотрены наиболее важные аспекты динамики



чувствительных элементов одномассовых ММГ, а также проведен анализ основных источников погрешностей, возникающих при их работе. Проект посвящен разработке таких моделей, которые могли быть использованы для оптимизации их геометрии и достижения высокой долговременной стабильности устройства. Исследовано НДС и установлены значения на-

пряжений при температурной нагрузке; выполнено моделирование ММГ, а также проведена настройка его основных режимов работы, реализован численный анализ рабочих процессов в ММГ. Расчеты выполнялись с использованием программных комплексов CoventorWare, SolidWorks/COSMOSWorks. Теоретическая и практическая значимость состоит в том, что полученные результаты и предложенная компьютерная модель может быть использована в качестве наглядного примера при рассмотрении аналогичных реальных моделей, а также при проектировании новых решений для конструкций микрогироскопов, используемых в системах навигации и стабилизации.

УДК 631.34

Прочностной анализ агрегатов сельскохозяйственной техники на основе динамических расчетов

Ширвель П.И., Мезга Д.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время вопросы экономической и продовольственной безопасности Республики Беларусь являются первостепенными. Один из путей решения этой проблемы - инновационное развитие сельского хозяйства, который поддерживается руководством государства. Рост инновационного потенциала развития сельского хозяйства страны напрямую зависит от объемов соответствующих научно-исследовательских разработок, направленных на развитие современных агропромышленные технологии и предполагает внедрение в агропромышленный комплекс новейших достижений науки и техники. В первую очередь это можно реализовать в машиностроении: для систем и комплексов сельскохозяйственных машин.

Тематика магистерского проекта, напрямую относится к поведению сложных технических систем в экстремальных условиях нагружения, соответствующим реальным условиям работы сельскохозяйственной техники. Объектом исследования является технологическая сельскохозяйственная машина для растениеводства (самоходный высококлиренсный штанговый опрыскиватель), предназначенный для внесения химических средств защиты растений и жидких минеральных удобрений на сельхоз культуры. Создана трехмерная динамическая модель опрыскивателя с конечно-элементными моделями секций штанг, проведено моделирование движения по опорной поверхности и проведен расчет возникающих критических нагрузок. Применяя современные технологии виртуального моделирования (ANSYS, MSC.ADAMS) выполнен анализ напряженно-деформированного состояния рамы самоходного опрыскивателя при раз-

личных режимах нагружения. Разработаны варианты конечно-элементных моделей рамы, рычагов, осей подвески и стоек колес и штанг, учитывающие характер их взаимодействия. Проведен анализ деформированного состояния, выявлены места концентрации напряжений. Последнее включает методы расчета, моделирования, проектирования, конструирования и численные испытания машин, агрегатов, узлов и технических средств сельскохозяйственного назначения. Подчеркнем, что не последнее место здесь занимает и совершенствование методов и средств неразрушающего контроля, технической диагностики, мониторинга и виртуальных испытаний в процессе конструирования и производства машин.

УДК 631.34

**Применение конечно-элементных моделей в MSC.ADAMS
для определения напряженно-деформированного состояния агрегатов
сельскохозяйственной техники при динамическом нагружении**

Лопух Д.Г.¹, Мезга Д.В.²

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»¹
Белорусский национальный технический университет²

Объектом исследования является самоходный высококлиренсный штанговый опрыскиватель, который относится к технологическим сельскохозяйственным машинам для растениеводства и предназначен для внесения химических средств защиты растений и жидких минеральных удобрений на сельскохозяйственные культуры.

Цель работы – проведение виртуальных испытаний по определению критических нагрузок в узлах штангах опрыскивателя.

Методы исследования – виртуальное моделирование.

С применением технологий виртуального моделирования на основе программного комплекса ANSYS выполнен анализ напряженно-деформированного состояния рамы самоходного опрыскивателя на различных режимах нагружения. Для проведения анализа при помощи инструментальных средств ANSYS разработаны варианты конечно-элементных моделей рамы и ее элементов, учитывающие характер их работы и взаимодействия. Модели были нагружены в соответствии с реальными условиями, возникающими при различных режимах: статическая нагрузка, диагональное вывешивание, наезд на препятствие.

В результате исследования были выявлены максимальные напряжения и сделан вывод по возможным условиям эксплуатации штанг. На динамическую модель опрыскивателя закреплены конечно-элементные модели штанг, проведено моделирование движения по опорной поверхности и

проведен расчет критических нагрузок возникающих при этом в штангах. Приводится описание процесса создания конечно-элементных моделей в ANSYS и интеграции этих моделей в среду MSC.ADAMS.

Также в работе представлены результаты виртуальных испытаний при движении опрыскивателя по различным опорным поверхностям и с различными скоростями. Проведена расчетная оценка критических нагрузок при движении опрыскивателя по неровной опорной поверхности согласно ГОСТ 31323-2006 (ISO 5008:2002).

Область применения – расчеты механики деформируемого твердого тела для конструкций и материалов сельскохозяйственного машиностроения.

УДК 629.375

Определение критической длины алюминиевых стержней различного сечения

Мышковец М.В., Тульев В.Д., Тульев В.В.
Белорусский национальный технический университет

Проблемы прочности и надежности различного рода стержневых конструкций тесно связаны с конструированием необходимых современному промышленному производству изделиями. Увеличение внешних нагрузок, уменьшение размеров и веса таких конструкций требует новых исследований как теоретического, так и экспериментального характера в области устойчивости и прочности. Создание новых и уточнение имеющихся методов расчета позволит наладить производство легких и рациональных конструкций. Для облегченных деталей характерно снижение их устойчивости. Поэтому расчеты на устойчивость стержней, оболочек, пластин имеют существенное значение. На устойчивость стержней влияние оказывают как внешние силы, так и собственный вес.

Рассмотрим задачу об устойчивости алюминиевого стержня постоянно по длине сечения, один конец которого будет зашкреплен, а на другой будет действовать сосредоточенная сила F . Вес стержня является величиной пропорциональной его длине. Обозначим силу тяжести, приходящейся на единицу длины стержня, как p .

Тогда сила тяжести выделенного элемента длины dx будет pdx .

Применим вариационное уравнение равновесия стержня:

$$\delta A + \delta W = 0,$$

где δA – работа внутренних сил, δW – работа внешних сил.

Вычисляя вариации работы внешних сил и учитывая работу внутренних сил при изменении одной искривленной формы к другой, получим основное уравнение Бубнова-Галеркина. Решив это уравнение, получим

выражение для вычисления критической длины стержня из алюминия. Полученные результаты приведены в таблице

Нагрузка (Н)	Сечение стержня		
	Круг $d=2\text{см}$	Труба $d=2\text{см}, t=0,01\text{ см}$	Прямоугольник $2\times 1\text{ см}$
0	816	1030	898
50	468	104	448
100	352	73	330
200	256	52	237
300	210	42	194
400	183	37	169

УДК 621.791.722

Электронно-лучевая сварка

Кадышина А.В.

Белорусский национальный технический университет

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии и обладает широкими технологическими возможностями, позволяя соединять за один проход металлы и сплавы толщиной от 0,1 мм до 400 мм. ЭЛС в вакуумных камерах выполняется преимущественно при давлении остаточных газов порядка 10-2 Па. Благодаря этому ЭЛС оказалась эффективной для соединения деталей из любых металлических материалов особенно сплавов на основе химически активных металлов. Наиболее перспективным является соединение деталей из термически упрочненных материалов, когда затруднена или не возможна последующая термообработка. Максимальная пластичность и вязкость сварных соединений, минимальные сварочные деформации позволяют также успешно использовать ЭЛС при изготовлении изделий после завершающей механической обработки.

Внедрение ЭЛС в высокотехнологичные производства затрудняется ее экономическими и техническими особенностями: высокие капиталовложения; необходимость весьма точной подгонки свариваемых элементов; ограниченный размер конструкций, поскольку сварку приходится выполнять в камерах; необходимость принятия специальных мер для обеспечения направления ЭЛ по стыку; генерирование рентгеновского излучения.

**Оценка экономического эффекта от внедрения
многокритериальной модели оптимизации параметров процесса
дробления калийных руд в производственный процесс**

Шпургалова М.Ю.

Белорусский национальный технический университет

На основании заключений, полученных в работе [1], можно сделать вывод, что эффект от внедрения многокритериальной оптимизационной модели дробления калийных руд будет иметь две основные составляющие. Первая составляющая – от увеличения на 9 % количества дробленой руды поступающей на последующие этапы процесса обогащения, за счет снижения класса -1мм. Содержание KCl в руде поступающей на дробление составляет примерно 0,25 – 0,35. Годовое производство удобрений обогатительной фабрикой примем равной 106 тонн, а стоимость тонны готового удобрения – 250 у.е. Тогда стоимость произведенных дополнительно удобрений за счет увеличения на 9% количества дробленой руды поступающей на последующие этапы процесса обогащения будет находиться в пределах от $106 \times 250 \times 0,02$ у.е. до $106 \times 250 \times 0,029$ у.е. Поэтому годовой экономический эффект от внедрения вышеназванных результатов будет находиться в пределах от 500 тыс. до 580 тыс. условных единиц. Вторая составляющая образуется за счет снижения удельных энергозатрат на процесс дробления калийной руды с паспортных 0,63 кВт ч/т. до квазиоптимальных 0,57 кВт ч/т, полученных в результате решения оптимизационной задачи. Снижение удельных энергозатрат составит $0,06 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$. Соответственно, годовая экономия электроэнергии будет находиться в пределах от $0,18 \cdot 106$ кВт/час. до $0,24 \cdot 106$ кВт/час. Примем стоимость электроэнергии равной 0,1 у.е. за кВт/час. Тогда годовой экономический эффект от экономии электроэнергии будет находиться в пределах от $1,8 \cdot 104$ у.е. до $2,4 \cdot 104$ у.е.

Из вышеизложенного следует, что суммарный годовой экономический эффект от внедрения результатов научных исследований будет находиться в пределах от 518 тыс. у.е. до 604 тыс. у.е.

Литература

1. Шпургалов, Ю.А. Методика оптимизации параметров процесса дробления горных пород/ Ю.А. Шпургалов, М.Ю. Шпургалова // Научно-технический журнал «Системный анализ и прикладная информатика», Минск, 2015г, вып. 1. – с. 53-58.

**Создание многоцелевого образовательного робота
для проведения исследований в области машиностроения,
робототехники, мехатроники и биомеханики**

Массальский М.И., Михальков С.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время робототехника является перспективным направлением в связи с развитием технологий и снижением их стоимости. Особенный рост сейчас наблюдается в сфере образовательной робототехники. Разработка высокотехнологичного лабораторного комплекса с целью исследований в области машиностроения, робототехники, мехатроники и биомеханики является весьма актуальной задачей, которая при ее успешном решении позволит вывести образование в сфере робототехники и мехатроники на новый уровень.

Основные результаты проекта связаны с мехатроникой и робототехникой. Научная и практическая значимость заключается в создании лабораторного комплекса, при помощи которого можно проводить лабораторные занятия, писать курсовые и дипломные работы. Социальная ценность заключается в возможности применения теории на практике в сфере образования при проведении практических и лабораторных занятий для учащихся и студентов. Все это в совокупности позволит модернизировать учебный процесс, заинтересовать преподавателей и студентов, внедрить в процесс образования новые технологии, дать необходимые знания и навыки будущим специалистам по программированию, конструированию и моделированию.

На первом этапе проведен анализ уже имеющихся разработок и создан эскиз робота. На втором – разработана математическая модель, а также трехмерная модель робота-гексапода. На третьем этапе будет закуплено необходимое навесное оборудование и будет создано необходимое программное обеспечение. После всех необходимых расчетов будет изготовлен реальный прототип робота. На заключительном этапе будут проведены испытания робота-гексапода. Полученные результаты предлагается использовать для подготовки высококвалифицированных специалистов в БНТУ: использовать мобильные мехатронные комплексы в качестве начальной платформы для исследований и экспериментов по перспективным направлениям науки и техники. Такие специалисты, при должном отношении, смогут создавать инновационные решения для машиностроения, станкостроения, автомобилестроения, военной сферы и других быстроразвивающихся отраслей отечественной промышленности.

Химия
и химические технологии

Яглов В.Н., Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Одной из задач промышленности строительных материалов является разработка и внедрения энергосберегающих технологий.

Материалы автоклавного твердения в структуре отрасли стройматериалов занимают второе место после производства сборного железобетона. Поэтому для реализации новых технологий их производства необходимо знание эффективных способов управления подготовкой сырья, физико-химических процессов, фазового состава и свойств известково-кремнеземистых вяжущих, характера взаимодействия в системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ и установления параметров тепловлажностной обработки.

В настоящее время существует несколько направлений реализации указанных технологических переделов. Процессы получения силикатных автоклавных материалов могут быть активированы путем использования наноструктурных модификаторов. В этом случае рациональным следует считать раздельный помол компонентов вяжущего, что способствует оптимизации зернового состава сырьевой смеси и регулирования в системе содержания нанодисперсного кремнезема. Период гашения формовочной смеси при этом сокращается в два раза, что связано с разным связыванием гидроксида кальция с нанодисперсным модификатором. Использование модификатора позволяет снизить давление автоклавирования на 40%, либо время изотермической выдержки на 30% при получении материала необходимой прочности. Существует и другой путь активации процессов твердения автоклавных материалов на основе известково-кремнеземистого вяжущего в виде концентрированной суспензии (механоактивация). Мокрый помол приводит к изменению не только количественных характеристик (удельной поверхности) кремнеземистого компонента, но и его качественному изменению (аморфизации поверхности, повышению реакционной способности). Добавка медного купороса позволяет увеличить до 5 часов длительность текучего состояния известково-песчаной суспензии. Третий путь активации вяжущих веществ заключается в использовании в качестве сырьевых материалов извести-кипелки, а также стекловидного перлита или золы-уноса тепловых электрических станций, содержащих активный кремнезем. Дополнительная механохимическая активация данных известково-алюмосиликатных вяжущих позволяет использовать термодинамическую неустойчивость природных и техногенных стекол, содержащихся в перлите и золе, высвобождая часть энергии, реализуемой в последующих процессах твердения силикатного кирпича.

Использование ультрадисперсного кремнезема для получения гидросиликатов кальция

Яглов В.Н., Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Прочностные и деформативные свойства силикатных материалов, а также их стойкость к воздействию внешних агрессивных факторов – воды, мороза, углекислого газа, воздуха и высоких температур – во многом зависит от фазового состава и морфологических особенностей синтезируемых цементирующих новообразований. Из более чем 30 синтезированных в настоящее время гидросиликатов кальция наиболее важное значение для получения прочностных свойств имеют гидросиликаты кальция с ленточным структурным S102-MOTHBOM. К таким относятся CSH(I), CSH(II), 14A-1 IA- и 9A-тоберморит, йеннит, ксонотлит и др. Вместе с тем, большинство из указанных фаз являются промежуточными, а получение в промышленных условиях силикатных строительных материалов с мономинеральной структурой цементирующего вещества практически невозможно. Реальные силикатные системы характеризуются полиминеральными композициями гидросиликатных цементирующих новообразований. В связи с этим заключение о рациональной структуре, как правило содержит рекомендации по качественному и количественному соотношению гидросиликатных фаз. То есть, имея данные о свойствах гидросиликатов кальция можно установить рациональное соотношение фаз, обеспечивающее получение силикатного камня высокой прочности и эксплуатационной стойкости. Силикатные материалы, цементирующее вещество которых представлено на 70-80% низкоосновными CSH(I) и на 20-30% гидросиликатами α -C₂SH, имеют удовлетворительные прочностные показатели и корбанизационную стойкость. Связано последнее с упрочнением α -C₂SH в процессе карбонизации, частично или полностью компенсирующим снижение прочности CSH(I) при их разложении углекислым газом воздуха. Несмотря на обилие литературных источников, освещающих фазообразование в системе CaO – SiO₂ – H₂O, вопрос о концентрационных границах существования устойчивых минеральных парагенезисов гидросиликатов кальция еще далек до своего окончательного решения. Хотя, наметившаяся, в последнее время (в основном, в трудах зарубежных исследователей) активность в решении этих вопросов, внушает определенный оптимизм. Основная масса исследований минералообразования в системе CaO – SiO₂ – H₂O проводилась на модельных смесях с целочисленными или стехиометрическими соотношениями компонентов.

Синтез гидрозолей кремнезема

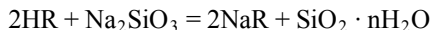
Меженцев А.А., Шагойко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из перспективных способов получения гидрозоля кремнезема является ионнообменный метод, который основан на обратимом обмене между ионами жидкого стекла и ионами, входящими в состав ионнообменника.

В данной работе исследовали возможность получения гидрозоля кремнезема в динамических условиях.

Для получения золя кремнезема использовали ионнообменную колонку, заполненную катионитом КУ-2, с рабочей обменной емкостью 350 мг экв/л. Перед применением катионит обрабатывали 5%-м раствором гидроксида натрия в течение трех часов для удаления низкомолекулярных фракций. После этого заливали 10%-ным раствором хлороводородной кислоты и оставляли на сутки для набухания катионита. Подготовленную колонку с Н-катионитом промывали дистиллированной водой до исчезновения кислоты реакции. Для приготовления раствора силиката натрия использовали жидкое стекло с плотностью 1480 кг/м³. Полученный раствор силиката натрия с определенной скоростью пропускали через слой катионита, при этом протекает следующая реакция:



В ходе проведенных исследований было установлено, что наиболее оптимальным является использование раствора силиката натрия с концентрацией 6,2 – 6,6%. Использование раствора в более высокой концентрации приводило к образованию неустойчивого золя кремнезема и гелеобразованию в катионитовой колонке. Снижение концентрации раствора силиката натрия приводило к образованию разбавленного золя.

Мономолекулярные кремневые кислоты неустойчивы и обычно конденсируются в полимерные с образованием различных по составу и строению соединений типа $xSiO_2 \cdot yH_2O$, где $x > 1$.

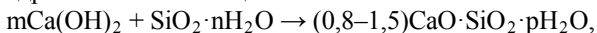
Для предотвращения агрегации частиц полученного гидрозоля в качестве стабилизаторов использовали желатин, поливиниловый спирт и катионитовый сополимер акриламида. Их стабилизирующее действие основано на образовании на поверхности частиц гидрозоля адсорбционных гелеобразных пленок и связано со структурно-механическими свойствами поверхностных слоев.

В ходе проведенных исследований была установлена возможность получения стабильного в течение 15 суток гидрозоля кремнезема.

Бурак Г.А., Кирюшина Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Минеральные добавки (МД) подразделяются на инертные, к которым относятся микронаполнители и активные - гидравлические добавки и гранулированные доменные шлаки. Тонкоизмельченные активные минеральные добавки при смешивании с известью вступают с ней в химическое взаимодействие. В активных МД кремнезем связывает известь в гидросиликаты кальция:



При этом, в основном, образуются низкоосновные гидросиликаты кальция типа С-S-H (В), которые увеличивая гелевую составляющую цементного камня, улучшают прочностные и деформативные свойства бетона. Наряду с этим, поскольку дисперсность частиц добавки соизмерима с размерами зерен цемента, наблюдается пластифицирующий эффект, проявление которого повышается с увеличением (до оптимального) количества вводимой добавки. Образование гидросиликатов кальция обеспечивает повышение плотности и прочности цементного камня и, соответственно, бетона и раствора за счет вовлечения активной части добавки в формирующуюся структуру цементного камня. Известь и кремнезем способны взаимодействовать друг с другом уже при температуре 20°C, образуя гидросиликаты кальция переменного состава: $x\text{CaO} \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$. Однако процесс взаимодействия CaO и SiO₂ протекает медленно, так как при данной температуре кремнезем химически малоактивен. Значительного повысить активность кремнезема можно, во первых, при использовании современных перспективных методов диспергации, при которой помимо измельчения, осуществляется активация поверхности кремнезема. Второй путь понижения температуры применения активных МД связан с получением SiO₂ в виде золя. С увеличением удельной поверхности кремнезема его растворимость в щелочной среде возрастает.

Одним из методов оценки активности минеральной добавки является определение количества CaO в мг, поглощаемого из известкового раствора 1г добавки. Нами изучалась активность песков с разной удельной поверхностью: молотый песок с размером частиц $\leq 20\text{мк}$, $\leq 40\text{мк}$, $\leq 80\text{мк}$, $\leq 100\text{мк}$, $\leq 120\text{мк}$ и порошок нанокремнезема. Активность добавок значительно возрастает с повышением тонкости их помола. Самая высокая реакционная способность по отношению к извести у нанокремнезема (в мг CaO/г добавки через 7 суток) -150.

Влияние присутствия сульфат-анионов на агрегативную устойчивость диоксида титана, стабилизированного хлорид-ионами

Слепнёва Л.М., Слепнёв Г.Е., Кирюшина Н.Г.
Белорусский национальный технический университет

Развитие золь-гель методов получения различных оксидных композиций потребовало и разработки методов получения высокодисперсных оксидов и исследования их коллоидно-химических свойств. Диоксид титана является одним из оксидов металлов, широко используемых в золь-гель процессах получения новых материалов. Основные методы получения гидрозолей диоксида титана – гидролиз тетрахлорида титана и гидролиз алкоксидов титана с последующей пептизацией образующегося гидратированного оксида. Используемая нами методика получения гидрозоля включала гидролиз тетрахлорида титана, предварительно растворенного в изобутиловом спирте. Атомы хлора способны к обмену с изобутоксид-анионами растворителя, образуя смешанный органо-неорганический гибриды. Немаловажным фактором, определяющим структуру частиц гидрозоля, является выбор прекурсора: неорганического тетрахлорида титана или органического алкоксида титана. Одним из подтверждающих это факторов является то, что по литературным данным значение изоэлектрической точки (ИЭТ) для гидрозоля диоксида титана, полученного гидролизом тетрахлорида и изопропоксида титана различны, ИЭТ для TiO_2 (неорг.) имеет $\text{pH} = 4,7$, в то время как ИЭТ для TiO_2 (орг.) имеет $\text{pH} = 6,0$. В силу этих различий представляет интерес изучение влияния добавления сульфата натрия на агрегацию диоксида титана, полученного из смешанного органо-неорганического прекурсора. Лиофобные золи, к которым относятся гидрозоли диоксида титана, термодинамически неустойчивы, и их частицы с течением времени склонны к агрегации и осаждению. Коагулирующее действие электролитов характеризуют наименьшей концентрацией электролита, вызывающей коагуляцию. В зависимости от природы электролита и коллоидного раствора порог коагуляции изменяется в пределах от 10^{-5} до $0,1$ моль/л золя. Наиболее существенное влияние на порог коагуляции оказывает заряд коагулирующего иона электролита. Известно, что в кислой среде поверхность гидрозоля диоксида титана имеет положительный заряд, поэтому для коагуляции был выбран сульфат натрия с отрицательным двухвалентным анионом. С использованием концентрационного фотоколориметра КФК-2 была получена зависимость оптической плотности гидрозоля диоксида титана от концентрации сульфата натрия в диапазоне концентраций от $0,2 \cdot 10^{-3}$ до $1,7 \cdot 10^{-3}$ моль/л, а также определены пороги медленной и быстрой коагуляции.

Использование серы, серосодержащих отходов и серного вяжущего в технологии стройиндустрии и дорожном строительстве

Глушенок Г.К., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Мировой рынок серы в последние годы, а также, по прогнозам, до 2015-2020 г.г., будет иметь тенденцию превышения производства серы над ее сбытом. Поэтому становится выгодным использовать серу в технологии стройиндустрии и дорожном строительстве.

Серные композиты (бетон).

Искусственный композиционный материал, представляющий отформованную затвердевшую смесь, состоящую из серного вяжущего (20-35%) и заполнителей (65-80%). Приготовление смеси и формовку изделий производят при температуре 140-150⁰С.

Твердение смеси серного бетона происходит в процессе остывания горячей смеси. Серные бетоны могут быть использованы при бетонировании зимой и под водой (в пресных и засоленных водоемах).

Наиболее рациональными областями применения серного бетона являются:

1. элементы дорог (основания и покрытия дорог, тротуарная плитка, бортовой камень и др.);
2. элементы промышленных и сельскохозяйственных зданий;
3. трубы (канализационные, дренажные);
4. элементы нулевого цикла (фундаментные блоки, балки, сваи);
5. конструкции спецназначения (контейнеры для захоронения радиоактивных и химических отходов).

При использованием серного вяжущего могут быть достигнуты следующие основные технико-экономические показатели:

- снижение себестоимости изделий из серного бетона на 25-30% по сравнению с аналогичными изделиями из цементного бетона;
- расширение базы стройматериалов за счет отходов промышленных производств (золы, шлаки, серосодержащие отходы);
- повышение коррозионной стойкости и долговечности конструкций и увеличение продолжительности сроков межремонтных работ;
- сокращение сроков выполнения ремонтных работ в условиях действующего предприятия или оживленной магистрали;
- снижение расхода энергоресурсов в 1,5-2 раза при производстве серного вяжущего по сравнению с цементом.

Модификация полиамида углеродными материалами

Кречко Н.А., Глушенок Г.К.

Белорусский национальный технический университет

В ряду всех конструкционных материалов углеродные композиционные материалы отличаются чрезвычайно высокими удельными характеристиками, что обусловлено уникальными свойствами армирующих элементов – углеродных волокон (УВ).

УВ обладают абсолютной фотохимической и атмосферостойкостью, высокой устойчивостью к действию проникающей радиации, хемостойкостью ко многим видам реагентов: концентрированным растворам кислот и щелочей, всем видам растворителей, умеренным окислителям.

Однако все же химическая и коррозионная стойкость композитов определяется связующими.

В качестве связующего использовали промышленный полиамид ПАБ марки 210/310.

Также вызывает интерес работа углеродной ткани в качестве наполнителя полиамида.

Целью данной работы было изучение механических характеристик композиционного материала на основе полиамида, наполненного углеродной тканью.

Для введения в полиамид, углеродная ткань предварительно подвергалась измельчению.

Результаты механических испытаний показали, что введение углеродной ткани оказывает выраженное усиливающее действие на полимерную матрицу уже при малой степени наполнения (5 масс.%), о чем свидетельствует рост твердости по Бринеллю на 11%, разрушающего напряжения при растяжении на 15%, теплостойкости по Мартенсу на 14%, водопоглощения на 8%. Увеличение содержания наполнителя (до 15 %) улучшает механические характеристики с меньшим приростом указанных показателей по абсолютному значению со временем ухудшением реологических свойств.

Улучшение эксплуатационных свойств композитов на основе полиамида, наполненного углеродной тканью может быть связано с изменением макроструктуры полимера.

В качестве наполнителя полиамида при создании композиционных материалов повышенной прочности могут быть использованы отходы углеродной ткани. Такие углепластики также могут подвергаться дальнейшей модификации. Одним из вариантов модификации углепластиков может быть поверхностная модификация фторсодержащими пленками.

Получение оксидов РЗЭ цериевой группы из стеклополированных отходов

Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Редкоземельные металлы (РЗМ) используются практически во всех современных высокотехнологичных отраслях. По некоторым оценкам к 2030 году спрос в мире на РЗМ возрастет в 3 раза. Высокий спрос, а также контроль Китаем 95% мирового рынка РЗМ привели к росту мировых цен на редкоземельные металлы. Актуальным является поиск альтернативных источников РЗМ, в качестве которых могут рассматриваться отходы производства. В РБ источником оксидов редкоземельных металлов цериевой группы являются промышленные отходы химической и приборостроительной отраслей – фосфогипс, стеклополировальные отходы. *Цель работы:* провести азотнокислотное извлечение полилантаноидных концентратов из отхода полирита (БЕЛМОМ, Минск, РУП «Оптик», Лида), изучить влияние концентрации HNO_3 и времени обработки на степень извлечения РЗМ. Микроспектральным анализом был установлен химический состав стеклополировальных отходов: CeO_2 – 41,3%, La_2O_3 – 22,1%, Nd_2O_3 – 23,7%, Pr_2O_3 – 1,4%, SiO_2 – 9,2%, CaO – 1,8%, незначительные количества K_2O , Fe_2O_3 , MnO . В основу процесса положены азотнокислотная обработка, а также особенности химического поведения церия в нитратных растворах. Известно, что основной нитрат церия (IV) может осаждаться из нитратных растворов в присутствии смеси оксидов РЗМ. Концентрация азотной кислоты варьировалась в диапазоне 16-55%, время обработки составляло 30-120 минут. Сумма условных оксидов Ln_2O_3 в нитратном растворе, полученном после вскрытия отхода, определялась стандартным термогравиметрическим методом, суммарная концентрация ионов Ce (III) и Ce (IV) в растворе – методом обратного титрования KMnO_4 с солью Мора. Общая степень извлечения Ln_2O_3 (без CeO_2) в раствор составляла 63,5-77,9% масс. Степень извлечения CeO_2 – 9,7-26 масс.%. Увеличение времени обработки азотной кислотой способствует более полному извлечению из отхода оксидов лантана, неодима, празеодима и снижению в растворе концентрации церия. Максимальная степень извлечения Ln_2O_3 (без CeO_2) получена с 33-40% HNO_3 . По результатам опытов предложена схема разделения стеклополировального отхода на два полупродукта: 1- концентрат- раствор нитратов РЗМ, обедненный церием, который может использоваться в дальнейшем для получения индивидуальных оксидов лантана, неодима, празеодима, так и их смесей, 2- осадок, обогащенный CeO_2 .

Зык Н.В., Медведев Д.И., Медведева Н.Д.
Белорусский национальный технический университет

Применение нанодисперсных систем в последнее время резко возросло. Одним из перспективных способов получения трехмерных нанопорошков тугоплавких металлоподобных соединений является метод их осаждения из газовой фазы путем плазмохимического или высокотемпературного синтеза из галогенидов металлов. Выполненный ранее термодинамический анализ процесса получения нитрида титана из газовой фазы показал преимущества использования аммиака для получения конечного продукта. Благодаря применению аммиака в качестве азотирующего агента становится возможным образование нитридов таллия, вольфрама и др., т.е. элементов, которые в аналогичных условиях не взаимодействуют с азотом. Время контактирования в процессе синтеза TiN варьировали от 0,5 до 20 сек, что достигалось путем изменения расхода исходных компонентов и газа-носителя (Ar), а также применение труб различного диаметра (20 – 70 мм). Как показывают проведенные многочисленные исследования увеличение температуры предварительного нагрева NH_3 с 200 до 600°C способствует не только увеличению скорости реакции в диапазоне температур 900 – 1100°C, но и положительно сказывается на качестве синтезируемого нитрида титана. В оптимальном режиме при температурах 1000 – 1100°C и времени контактирования 5 – 8 сек при предварительном нагреве исходных компонентов при соотношении $\text{NH}_3:\text{TiCl}_4 = 4:4,5$ можно достичь выхода TiN близкого к 100% и степени дисперсности до 26 м²/г. Для процессов вторичного аммонолиза TiCl_4 требуется дополнительный расход аммиака, что приводит к увеличению его расхода. Выявленные закономерности механизма протекания высокотемпературного аммонолиза TiCl_4 позволяют предположить более рациональный способ синтеза нанодисперсного нитрида титана, позволяющий снизить суммарный расход аммиака на осуществление процесса. Последнее заключается в том, что основная часть NH_3 в соотношении $\text{NH}_3/\text{TiCl}_4 = 2,0:2,5$ вводится в горелку, а оставшаяся часть, также предварительно подогретая до 600°C, направляется в центр реакционной зоны для осуществления доаммонолиза TiCl_4 , образующегося в результате разложения TiNCl по реакции). Высокоразвитая поверхность нитрида титана является источником его повышенной активности. Последнее сопровождается его высокой адсорбционной способностью и снижением энергии активации многих химических процессов. Рассчитанные суммарные энергозатраты на получение 1 кг составляют 5-6 кВт/час, что значительно ниже энергозатрат при получении нитрида титана в плазменных реакторах путем азотирования металлического титана.

Медведев Д.И., Медведева Н.Д., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что основополагающую роль в придании композициям на фосфатных связующих специальных электрофизических свойств играет порошковая составляющая вяжущей композиции.

С этой целью используют как индивидуальные металлические (Fe, Co, Ni), так и биметаллические порошки. Возможно, также использовать различные по составу сплавы, активность которых зависит от состояния их кристаллических решеток.

С этой целью в качестве электропроводящих наполнителей использовали аморфно-металлические сплавы (АМС) на основе Fe-Ni и Fe-Cr. Установлено, что использование в качестве жидкости затворения H_3PO_4 (40, 60, 85%) концентраций приводит к получению нетехнологических композиций, вследствие схватывания цементного теста в процессе затворения. Поэтому в дальнейшем использовали частично нейтрализованную H_3PO_4 со степенью нейтрализации 30, 40 и 60%.

С целью определения оптимальных составов композиций на основе АМС и фосфатных связующих изучено влияние технологических параметров на физико-механические свойства (адгезионные и электропроводящие) композиций.

Показано, что оптимальным соотношением Т:Ж является 2:1, которое обеспечивает пластичность и удобоукладываемость составов, а также позволяет обеспечить технологические сроки схватывания цементов.

Установлено, что адгезионная прочность составов возрастает с увеличением степени нейтрализации кислоты с 0,5 – 0,8 МПА для АФС ($N_m=30\%$) до 5-6 Мпа для АФС ($N_m=60\%$). В этом направлении изменяется и электропроводность 10^1 до 10^{-1} Ом·м. Пористость композитов при этом снижается с 35 до 20%. Следует отметить, что дальнейшая нейтрализация связующего нецелесообразна, ввиду его деструкции, что затрудняет его использование в технологических целях.

Показано, что введение добавок оксидов металлов (CuO , NiO , Al_2O_3), а также волокон асбеста в отличие от литературных данных приводило к снижению электропроводности, т.к. приоритетным оставался процесс взаимодействия АМС со свободной H_3PO_4 , присутствующей в АФС. Однако при этом адгезионные свойства составов возрастали более чем в 2 раза, вследствие дополнительного формирования коллоидно-дисперсных новообразований, приводящих к уменьшению числа и размера пор.

Содержание

Технические и прикладные науки

Проектирование дорог	3
Инновационные материалы и технологии в дорожном строительстве	45
Транспортные сооружения	73
Диагностика и управление качеством автомобильных дорог	121
Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов	139
Разработка месторождений полезных ископаемых	157
Инновационные технологии в геодезии и картографии	181

Общепромышленные и комплексные проблемы

Охрана труда	202
Метрология, стандартизация и управление качеством	218
Микро- и нанотехника	250
Инженерная экология	269
Организация упаковочного производства	302

Естественные и точные науки

Математика и приложения	317
Естественно-научные дисциплины	343
Методы математического моделирования в научных и прикладных исследованиях	366
Инженерная математика	396
Физика	413
Компьютерная механика	460
Химия и химические технологии	479

Научное издание

**НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ**

Материалы 14-й Международной
научно-технической конференции
(69-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных работников, докторантов
и аспирантов БНТУ)

В 4 томах

Том 3

Ответственный за выпуск *В.В. Ляшенко*

Подписано в печать 08.11.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 28,54. Уч.-изд. л. 22,32. Тираж 100. Заказ 897.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.