

**Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ**

**Материалы 13-й Международной
научно-технической
конференции
(68-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных работников, докторантов
и аспирантов БНТУ)**

В 4 томах

Том 3

**Минск
БНТУ
2015**

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72я431

НЗ4

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 13-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (68-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

ISBN 978-985-550-742-1 (Т. 3)

ISBN 978-985-550-744-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

Технические и прикладные науки

**Разработка месторождений
полезных ископаемых**

Развитие технологии взрывных работ на РУПП «Гранит»

Оника С.Г., Прокопович С.С., Горбенко А.В.

Белорусский национальный технический университет

РУПП "Гранит" – единственное в Республике Беларусь и крупнейшее в Европе предприятие по добыче и переработке экологически чистого гранита, сырья используемого в качестве заполнителя для различных бетонных изделий. Добыча природного камня осуществляется с применением взрывных работ, что обуславливает необходимость их совершенствования.

Развитие технологии взрывных работ на предприятии шло в нескольких направлениях к числу которых следует отнести: переход к новым более совершенным видам ВВ, механизацию заряжания скважин и внедрение новых систем инициирования. В рамках реализации указанных направлений был построен завод по производству компонентов новых, так называемых эмульсионных взрывчатых веществ. Закуплены специальные машины по приготовлению и заряданию в скважины взрывчатых веществ. В качестве способа инициирования взрыва внедрена система неэлектрического инициирования.

Эти изменения значительно упростили и обезопасили взрывные работы в карьере. Устаревшие граммониты и детонирующий шнур уступили место более совершенным и современным технологиям взрывания. При использовании волноводов из системы неэлектрического инициирования, монтаж взрывной сети на блоке стал занимать чуть более 20 минут, что позволило почти в шесть раз сократить затраты времени на выполнение данной операции. Производство более совершенных эмульсионных взрывчатых веществ было налажено в непосредственной близости от горного предприятия, что позволило обеспечивать взрывников необходимым его количеством и сократить затраты на их перевозку, а сама операция зарядания стала занимать меньше времени, что положительно сказалось на производительности и увеличило объемы выпускаемой продукции. Эмульсионные взрывчатые вещества хорошо переносят различные изменения в температуре, не горят, и очень водостойки, поэтому очень широко используется на предприятии. В их состав входит: аммиачная селитра, эмульсия, дизельное топливо и газогенерирующая добавка. В зависимости от вида эмульсии меняется процентное содержание компонентов, что позволяет наиболее полно использовать энергию взрыва и получить более высокое качество дробления.

Совершенствование нормативных документов по безопасности при взрывных работах в Республике Беларусь

Оника С.Г., Стасевич В.И., Омшарук А.С.
Белорусский национальный технический университет

Предприятия и организации Республики Беларусь, ведущие взрывные работы, независимо от формы их собственности в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах, обязаны иметь ряд документов, определяющих порядок обращения, хранения, перевозки, ликвидации взрывчатых материалов (ВМ) и др., которые разрабатываются и утверждаются различными организациями.

В последнее десятилетие предприятия Республики Беларусь, ведущие взрывные работы, практически полностью обновили ассортимент промышленных взрывчатых веществ (ВВ), внедрили неэлектрические системы взрывания (СИНВ), эмульсионные ВВ (ЭВВ), что привело к необходимости значительной переработки действующих инструкций.

При проектировании, подготовке и проведении взрывных работ необходимо неукоснительно выполнять требования безопасности, направленные на предупреждение отказов, их своевременное обнаружение и безопасную ликвидацию. При проведении массовых взрывов отказавшие скважинные заряды часто обнаруживаются только во время экскавации горной массы. До момента обнаружения такие заряды могут подвергаться интенсивным механическим воздействиям, что может вызвать внезапный взрыв отказавшего заряда или боевика (промежуточного детонатора).

Опыт работы гранитного карьера «Микашевичи» свидетельствуют о том, что избежать отказов зарядов ВВ можно при соблюдении требований безопасности нормативных документов. В связи с тем, что ранее действовавшая Инструкция по предупреждению, обнаружению и ликвидации отказавших зарядов взрывчатых веществ (2002 года) устарела, возникла необходимость в разработке нового нормативного документа. Авторами проведен анализ рекомендаций разработчиков, изготовителей эмульсионных ВВ и СИНВ по безопасному обращению с ними. В результате всестороннего анализа рекомендаций для предприятия РУПП «Гранит» разработана и утверждена Инструкция по предупреждению, обнаружению и ликвидации отказавших зарядов взрывчатых веществ в гранитном карьере «Микашевичи», включающая основные сведения об отказах зарядов ВВ (ЭВВ), предупреждение отказов при производстве взрывных работ (в том числе и с СИНВ), организацию работ при обнаружении и ликвидации отказавших зарядов ЭВВ, способы ликвидации отказавших зарядов ЭВВ, меры безопасности при ликвидации отказов зарядов ЭВВ.

**Анализ остатков вскрытых запасов сырья и затрат
на горно-подготовительные работы на ОАО «Доломит»**

Мелешко В.К., Стасевич В.И.

Белорусский национальный технический университет

По степени подготовленности к добыче запасы полезного ископаемого подразделяются на вскрытые, подготовительные и готовые к выемке. В различных отраслях горной промышленности приняты свои толкования запасов по степени их подготовленности к добыче. Все разновидности запасов, подготавливаемых к добыче, относятся к промышленным или балансовым, извлекаемым при добычных работах. Промышленные запасы определяются путем вычитания из балансовых запасов общекарьерных потерь, эксплуатационных потерь первой группы, а также потерь второй группы при выемке сырья совместно с вмещающими продуктами. Четкое толкование промышленных запасов имеет наиважнейшее значение, потому что часть балансовых запасов, с которых удаляются вскрышные породы, не извлекаются и навсегда остаются потерянными. Примером эксплуатационных потерь балансовых запасов на ОАО «Доломит» служат потери в бортах, подошве залежи, местах выклинивания и сложной конфигурации залежи, у границ геологических нарушений. Их нельзя отнести к вскрытым запасам, т.к. «вскрытые запасы» – это промышленные, т.е. извлекаемые при добыче.

На протяжении 20 лет вскрытые запасы на ОАО «Доломит» постоянно возрастали, достигнув 12339,6 тыс.м³. Однако на практике из вскрытых балансовых запасов оказался изъят большой объем полезного ископаемого, относимый к потерям (бермы на нерабочих бортах, насосная станция с охранной целиком шириной 100 м и др.). Но в расчетах погашения затрат эти объемы оставались как вскрытые на протяжении многих лет. Это привело к значительному завышению прибыли. Данная ситуация сложилась в связи с ошибкой в нормах технологического проектирования, в которых ошибочно к вскрытым запасам отнесены потери в нерабочих бортах карьера (бермах). Маркшейдерская служба включала эти потери (и некоторые другие) в запасы вскрытые, что привело к искусственному занижению ставки погашения затрат на горно-подготовительные работы и завышению затрат, относимых к расходам будущих периодов.

По результатам анализа для ОАО «Доломит» кафедрой «Горные работы» БНТУ предложена и внедрена методика расчета затрат на подготовку запасов полезного ископаемого в современных условиях.

УДК 622.271.

Экономически обоснованный срок эксплуатации горного оборудования

Мелешко В.К.

Белорусский национальный технический университет

При введении в эксплуатацию горного оборудования существует понятие «нормативный срок службы» (T_H). Он устанавливается предприятием-изготовителем в соответствии с правовыми актами и в зависимости от материалов, из которых изготовлен объект, а также условий его эксплуатации. Так, например, для проходческих и очистных комплексов ППР он равен 4,4 года; для экскаваторов, используемых на ОГР – от 7 до 15 лет. Но, как показывает практика, фактический срок службы (T_F) горного оборудования значительно превышает нормативный. На РУПП «Гранит» более 50 % экскаваторов и буровых станков эксплуатируются более 20 лет. Достигается это за счет проведения дорогостоящих капитальных и текущих ремонтов, что не всегда экономически целесообразно.

В связи с изложенным представляет интерес рассмотрение вопроса об определении экономически обоснованного срока эксплуатации (t) конкретных объектов основных средств. При его определении необходимо учитывать среднегодовые номинальные затраты по эксплуатации объекта (З с.г.). Они должны включать:

- амортизационные отчисления (Φ_B / T_H);
- стоимость возможной реализации по остаточной стоимости с учетом коэффициента реализации (K_p) $\Phi_B / t (1 - t / T_F) (1 - K_p)$;

- среднегодовые затраты на текущие ремонты $\sum_1^t Z_{T.P} / t$;

- среднегодовые затраты на капитальные ремонты $\sum_1^t Z_{K.P} / t$;

В виде полного алгоритма это записывается в следующем виде

$$\text{З с.г.} = \Phi_B / T_H + \Phi_B / t (1 - t / T_F) (1 - K_p) + \sum_1^t Z_{T.P} / t + \sum_1^t Z_{K.P} / t.$$

Значение переменной величины t , при которой величина среднегодовых эксплуатационных затрат будет минимальной, определит экономически обоснованный оптимальный срок эксплуатации конкретного оборудования.

**Маркшейдерское обеспечение селективного взрывания
на карьерах**

Картунова С.О., Романько Е.А.
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский

государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Требованиями нормативных документов предусматривается выемка всех полезных компонентов, включенных в контуры подсчета запасов обрабатываемого месторождения. Зачастую их отработка возможна только при ведении селективной выемки полезных ископаемых, которая предусматривает отдельное извлечение полезных ископаемых разных сортов или полезного ископаемого и вмещающих пород. Селективная выемка может быть организована при ведении выемочно-погрузочных или взрывных работ. Первый вариант характеризуется снижением производительности труда применяемого оборудования, в связи с чем его применение ограничено. Рассмотрим особенности организации селективного взрывания на карьерах.

Главным преимуществом селективной взрывной отбойки являются неэлектрические системы инициирования (НСИ), применение которых расширяет возможности управления взрывным процессом. В горнодобывающей промышленности применяют следующие НСИ «Нонель» (Швеция), «СИНВ» (Россия, Новосибирск), «Эдилин» (Россия, Муром), «Exel» (Казахстан, Усть-Каменогорск), «Импульс» (Украина, Шостка). Преимуществами применения систем НСИ является возможность разделения на участки взрываемого блока скважин. Каждый из них будет иметь свой вруб и взрываться через необходимое замедление. Предположим, взрываемый блок содержит участок руды, находящийся в средней части блока, а на флангах – пустая порода. В таком случае, необходимо составить взрывную сеть таким образом, чтобы в первую очередь взорвались участки пустой породы, а затем – рудные скважины (или в иной последовательности). А так как взрывная волна идёт в сторону наименьшего сопротивления, т.е. в сторону вруба, то, к тому же уменьшается разубоживание. И в то же время уменьшается сейсмическое воздействие и действие ударно-воздушной волны на окружающий массив.

Маркшейдерское обеспечение взрывных работ на карьерах предусматривает вынос скважин первого ряда, контроль производства буровых работ (съёмку положения скважин и их глубину) и съёмку после взрывания для установления развала отбитой горной массы и качества производства взрывных работ.

Особенности ильменитовых руд Медведевского месторождения

Колкова М.С., Горбатова Е.А.
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский

государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Медведевское месторождение локализуется в южной части кусинско-копанской габбровой интрузии, расположенной на западном склоне Южного Урала. На месторождении оконтурены вкрапленные руды, залегающие в виде пластообразных и линзообразных тел, согласных с расчлененностью массива. Среди вкрапленных руд встречаются маломощные прослои массивных руд.

По минеральному составу среди вкрапленных руд выделяют ильменитовые, ильменит-титаномагнетитовые и титаномагнетитовые минеральные типы. Ильменитовые руды характеризуются 22,3% валовым железом, 11,0% диоксидом титана и 0,47% пентоксидом ванадия. Кроме основных полезных компонентов - титана и железа, в рудах присутствует в незначительных количествах медь, кобальт, никель и хром.

Минеральный состав ильменитовых руд: нерудные минералы - амфибол, хлорит, плагиоклаз, эпидот; рудные минералы – ильменит, магнетит, гематит, пирит.

Главными рудными минералами является магнетит, ильменит и титаномагнетит.

Ильменит - титансодержащий минерал. В руде выделяется три морфологических типа ильменита: зернистый, распад твердых растворов.

Главным железосодержащим минералом является магнетит, он образует распад твердых растворов, зернистые и коррозионные выделения.

Титаномагнетит является гомогенной разновидностью магнетита с повышенным содержанием титана. В руде титаномагнетит представлен тонким проращением магнетита и ильменита в виде полосок.

Размер зерен и минеральных агрегатов магнетита и ильменита в руде варьирует в широких пределах и достигает единицы миллиметра. В рудах большая часть минеральных агрегатов магнетита (45,3%) концентрируется в классе крупности - 0,044 + 0,020 мм, а ильменита (51,2%) - в классе крупности - 0,020 + 0мм.

Ильменитовые руды являются сложными минеральными образованиями с невыдержанным минеральным составом и строением, что свидетельствует о необходимости исследования неоднородностей химического состава и морфометрических характеристик рудных минералов.

**Использование многокритериального подхода
применительно к оптимизации параметров процесса дробления
калийных руд**

Шпургалов Ю.А., Шпургалова М.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Как было установлено в предыдущих работах авторов [1], большинство оптимизационных задач горного производства являются многокритериальными. Разработка методик решения таких задач представляет собой актуальную научную задачу. Целью данной работы является разработка алгоритмов формализации и решения задачи оптимизации параметров процесса дробления калийных руд, как многокритериальной задачи. Суть предложенного алгоритма основывается на общепринятых подходах решения многокритериальных задач [1]. Формализованную многокритериальную задачу сводим к квази-равносильной ей однокритериальной задаче по следующему алгоритму. Все целевые функции и ограничения задачи рассматриваем, как соответствующие модели обозначаемых ими процессов. Затем определяем подмножества одинаковых по физическому смыслу целевых функций и выбираем их линейную суперпозицию в качестве критерия задачи, остальные критерии переводим в ограничения или условия, предварительно определив их границы изменения и допустимые погрешности их вычислений. Следующая процедура состоит в построении алгоритма численного решения преобразованной однокритериальной оптимизационной задачи. Для этого используется метод декомпозиции. Все множество неизвестных величин разбивается на подмножества. Выделяется подмножество независимых переменных, которые предполагается определить в первую очередь (например, методом имитационного моделирования). Далее, определенная таким способом часть неизвестных независимых переменных рассматривается, как подмножество известных параметров задачи по определению оставшейся части неизвестных величин. Новая задача имеет меньшую размерность (меньшее количество неизвестных) и, для ее численно реализована может быть использован один из известных методов.

Литература:

1. Шпургалов Ю.А.. К вопросу о применении многокритериального подхода для оптимизации задач горного производства / Ю.А. Шпургалов, М.Ю. Шпургалова // «Наука – образованию, производству, экономике»: Материалы международной научно-технической конференции – Минск: БНТУ, 2014. – Т. 3. – С. 34-35.

Разработка алгоритма для оптимизации параметров отработки участков шахтных полей на основе метода сравнения вариантов

Шпургалов Ю.А., Шуневич А.А., Слободенюк И.М.
Белорусский национальный технический университет

Вопросы оптимизации параметров технологии отработки участков шахтных полей Старобинского месторождения являются актуальными в силу следующих причин. Технологии постоянно развиваются; например, появилась технология так называемой, бесцеликовой выемки. Производительность добычных комплексов растет, но при этом растет и их цена. Повышаются требования к природоохранным мероприятиям и их стоимость. Поэтому, при оценке и оптимизации параметров технологий ведения горных работ должны выбираться и учитываться такие критерии, которые учитывали бы количество, качество, участковую себестоимость от промышленного использования тонны балансовых запасов руды, затраты на восстановление подработанных территорий, затраты на складирование отходов от процесса обогащения при получении тонны удобрения из руды, добытой по рассматриваемому варианту технологии, а также затраты на транспортировку этой руды от забоя до фабрики и др. Из вышеизложенного усматривается, что решаемая в работе задача является многокритериальной. Каждый критерий представляет собой параметр технологии и соответствующая ему целевая может рассматриваться, как модель этого параметра. Математическая задача построения вычислительной процедуры расчета показателя для сравнения двух вариантов отработки участка шахтного поля будет проще, нежели для расчета показателя каждого варианта поскольку учитываются только те параметры задачи, которые различны для двух вариантов, а не все параметры описывающие рассматриваемый вариант. Выбранные нами критерии позволяют перевести натуральные показатели, в которых они определяются в денежное выражение по принципу: насколько изменяет тот или иной показатель стоимость, или себестоимость единицы добытой руды (полученного удобрения). Это позволяет перейти к однокритериальной задаче с целевой функцией, представляющую собой линейную суперпозицию ранее построенных целевых функций (моделей). Дальнейшая задача состоит в построении моделей учитываемых при сравнении вариантов показателей процесса. Нами построены компьютерные модели параметров, характеризующих процесс проведения очистных и подготовительных работ на добычном участке с использованием геологической модели месторождения. Проведены сравнения нескольких вариантов технологии их отработки и предложен преимущественный. Разработаны предложения по созданию дополнительных моделей для уточнения значений критериев.

Обоснование ширины заходки для гидравлических экскаваторов с нижним черпанием и работой двумя подступами

Сенкевич В.И., Леонович Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Исходя из технических возможностей гидравлических экскаваторов, погрузка горной массы возможна двумя основными способами: погрузка на уровне установки экскаватора и с нижней погрузкой. Первая схема является традиционной. Вторая схема работы и соответственно ширина заходки экскаватора будет определяться установкой экскаватора в забое. Возможны две схемы:

- работа нижним черпанием и нижняя погрузка в транспортные средства (автомобили);
- работа нижним и верхним черпанием экскаватором, оборудованным обратной лопатой, с нижней погрузкой.

В первом и втором случаях ось движения экскаватора должна находиться вне призмы обрушения и определяется по выражению $a=B+0,5C_x$ и составлять часть ширины заходки. Поскольку для производительной работы по этой схеме экскаватор должен работать с углами поворота ω_1 и ω_2 , то внешний угол ω_2 будет равен $\omega_2 = \arcsin a/R$. Вторая часть ширины заходки a_1 будет определяться углом разворота ω_1 и радиусом черпания при расчетной глубине (H_p). Таким образом, ширина заходки определяется выражением $A=a+a_1=B+0,5C_x+R_p \sin \omega_1$. Величина a , рассчитанная по приведенному выражению, является минимальной и возможный ее предел будет ограничиваться радиусом разгрузки (R_p^{\max}). Что касается величины второй части ширины заходки (a_1), то она будет определяться углом разворота экскаватора $0 < \omega_1 < 45^\circ$. При этой схеме работы транспортное средство при погрузке устанавливается параллельно уступу.

При работе гидравлического экскаватора, оборудованного обратной лопатой, двумя подступами, расчет ширины заходки и установка его в забое аналогична предыдущему расчету. Автомобили устанавливаются перпендикулярно фронту работ уступа, так как погрузка будет осуществляться с двух сторон.

Обоснование высоты уступа при работе гидравлических экскаваторов с нижним черпанием

Сенкевич В.И., Леонович Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Используемые в настоящее время гидравлические экскаваторы разнообразны как по производительности, так и по техническим характеристикам.

Хозяйствующие субъекты ориентируются в своей работе на оборудование, имеющееся в наличии, что предъявляет особые требования к безопасному ведению горных работ в разнообразных геологических и климатических условиях. Это напрямую влияет на выбор параметров системы разработки и установку мехлопаты в забое.

По использованию гидравлических экскаваторов с верхним черпанием Беляковым Ю.И. даны рекомендации по выбору высоты разрабатываемого уступа, которая не должна превышать 0,75 от максимального радиуса черпания.

Установка гидравлических экскаваторов в забое при добыче полезного ископаемого определяется шириной бермы безопасности, а при проведении земляных работ в строительстве ограничивается установкой на расстоянии не менее одного метра от выносных опор или гусениц до верхней бровки котлована без относительной глубины разработки.

Рассматривая работу гидравлических экскаваторов по аналогии с работой драглайнов, то параметры системы разработки рассчитываются по известным формулам и определяются технической характеристикой используемого оборудования и свойствами разрабатываемых пород. Расчет вышеприведенных параметров можно вести при наличии в технической характеристике траектории движения ковша и угла естественного откоса породы, слагающей уступ.

Предлагаемый порядок определения высоты уступа, разрабатываемого гидравлическим экскаватором с нижним черпанием:

1. Имея траекторию движения ковша и задаваясь различными углами естественного откоса породы, графическим методом определяем высоту уступа (от опорной поверхности гусениц экскаватора под углом естественного откоса проводим прямую линию до пересечения с траекторией движения ковша);
2. Точку пересечения прямой линии с траекторией движения ковша сносим на вертикальную и горизонтальную оси. Получаем требуемую высоту уступа и радиус черпания экскаватора при данной высоте;
3. По данным параметрам определяем все параметры системы разработки.

УДК 622.015

Определение объемов полезного ископаемого и вскрышных пород с помощью системы компьютерного моделирования AutoCAD и редактора MS Excel

Ковалёва И.М., Астапенко Т.С.

Белорусский национальный технический университет

Несмотря на многообразие САПР, AutoCAD – наиболее распространенная программная графическая система автоматизированного проектирования в промышленности.

Сейчас AutoCAD – это наиболее гибкая из существующих графическая программная система для персональных компьютеров, способная эффективно работать в самых разных областях технического проектирования. Последние версии AutoCAD содержат средства проектирования, трехмерного моделирования и визуализации пространственных конструкций, доступа к внешним базам данных, обеспечивает работу с файлами различных форматов.

В горном деле программная графическая система AutoCAD используется при создании топографических планов, профилей, спецификаций, трехмерных моделей, различных схем и планов.

Например, на основании тахеометрической съемки в AutoCAD Civil 3D создается модель топографического плана. При изменении цифровой модели AutoCAD Civil 3D автоматически пересчитывает все профили и сечения, что крайне важно. Такую динамическую связь другие программы автоматизации проектирования не обеспечивают.

Также с помощью графической системы AutoCAD можно быстро решать не только графические задачи, но и вычисление площадей месторождений, что очень важно в работе проектировщика.

В редакторе MS Excel создается таблица, в которую из топографического плана заносятся сведения по номерам скважин и мощностям вскрыши и полезного ископаемого, а также угол откоса борта карьера, площадь участка и его объем.

В редакторе MS Excel вычисляется ширина разноса борта карьера по верху, а в графической системе AutoCAD откладываем ширину разноса борта карьера по контуру карьера и с помощью команды «Площадь» автоматически вычисляем площадь разноса борта карьера, заносим эти данные в документ MS Excel, где вычисляем объем полезного ископаемого и вскрыши.

КОМПАС-3D как основная САПР для горного инженера

Борисов А.С., Ковалёва И.М.

Белорусский национальный технический университет

Развитие науки и техники, рыночные отношения и конкуренция требуют от горных инженеров умение вести проектную и научно-исследовательскую деятельность с применением современных средств автоматизированного проектирования.

Технический прогресс ставит перед инженерами различные задачи, связанные с выполнением инженерных расчетов и чертежей, которые на сегодняшний день не мыслимы без применения вычислительной техники. САПР применяется на всех стадиях проектирования горного предприятия. Поэтому необходима система автоматизированного проектирования соответствующая всем требованиям инженера проектировщика для оказания заказчику качественных инженеринговых услуг.

Сформулируем ряд требований, которым должна удовлетворять современная САПР:

1. Русский язык и интуитивно понятный интерфейс;
2. Широкий спектр возможностей для создания и редактирования проектной документации;
3. 3D моделирование;
4. Наличие пакета конечно-элементного моделирования;
5. Возможность создания/добавления библиотек типовых изделий;
6. Низкая цена 1 копии. Снижение стоимости при увеличении приобретаемых копий.

На современном рынке САПР данным требованиям удовлетворяет ПО производства компании Аскон – Компас 3D.

Система «Компас-3D» делает возможным создание трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы.

САЕ-системой в Компас-3D является система АРМ FEM. В состав АРМ FEM входят инструменты подготовки деталей и сборок к расчёту, задания граничных условий и нагрузок и прочее. Этот функциональный набор позволяет смоделировать твердотельный объект и комплексно проанализировать поведение расчётной модели при различных воздействиях с точки зрения статики, собственных частот, устойчивости и теплового нагружения.

Функционал универсальной системы автоматизированного проектирования «Компас-График» позволит создавать и редактировать горную документацию в соответствии с ГОСТ 2.850-75 - ГОСТ 2.857-75.

Перспективы использования полигональной крепи из коробчатого профиля в условиях Старобинского месторождения

Борисов А.С.

Белорусский национальный технический университет

Процесс крепления горных выработок – один из самых трудоемких и продолжительных процессов проходки, а все более и более сложные условия добычи делают необходимым поиск новых эффективных путей охраны горных выработок. Новые типы рамных крепей должны удовлетворять следующим требованиям: высокая прочность; низкая стоимость; высокая несущая способность; снижение трудоемкости возведения крепи.

Наиболее остро для горнодобывающей отрасли стоит проблема снижения стоимости и трудоемкости крепления. Это связано с тем, что возведение рамной крепи из специального взаимозаменяемого профиля (СВП) производят вручную, что при площади поперечного сечения выработки более 11 м² трудоемко, т.к. масса верхняка крепи, который необходимо смонтировать на высоте ≥ 4 метра, достигает от 120 до 150 кг.

Применение рамной крепи в условиях Старобинского месторождения позволило выявить ряд ее недостатков: высокая стоимость СВП; для предотвращения снижения несущей способности крепи необходима тщательная забутовка закрепного пространства, что трудоемко; узлы податливости крепи редко совпадают с направлением смещений вмещающих пород, сложно монтируются, имеют низкий запас прочности; элементы крепи загружены неравномерно; сложен монтаж крепи.

Оптимальным вариантом замены арочных крепей будут полигональные крепи из коробчатого профиля. Преимущества использования полигональных крепей по сравнению с арочными, при одинаковых размерах выработки, состоят в следующем: не требуется применение дорогостоящих изогнутых конструкций; масса отдельных элементов полигональной крепи, меньше массы элементов арочной крепи; полигональные крепи проще монтируются, их проще приспособить к наклонному и крутому залеганию пластов; расходные материалы для возведения полигональных крепей стоят дешевле СВП.

Следует уделить внимание заполнению элементов полигональной крепи бетоном, что превращает ее в трубобетонную крепь, это позволяет повысить несущую способность крепи в 2-2,5 раза, снизив материальные затраты на коробчатый профиль.

Применение полигональных крепей позволит снизить затраты на крепление подземных горных выработок, сохранив их в безопасном состоянии и упростит процесс возведения рамного крепления.

**Возможность применения электрического метода обогащения
сильвинитовой руды Гарлыкского месторождения**

Куптель Г.А., Джуммиев Д.Б., Жумакулыев М.А.
Белорусский национальный технический университет

Производство минеральных солей удобрений составляют одну из важнейших задач химической промышленности. Ассортимент минеральных солей, используемых в сельском хозяйстве, самой химической промышленности, металлургии, фармацевтическом производстве, строительстве, быту, составляет сотни наименований и непрерывно растет.

Основным сырьем для получения калийных удобрений является сильвинит. Из сильвинита получают и основное калийное удобрение – хлорид калия. Получение хлорида калия из сильвинита осуществляется методами галургии, флотационным, электрическим и другими. Наиболее перспективным и малоизученным методом является электрический метод обогащения сильвинита.

Электрический или электростатический метод обогащения основан на действии электрического поля на заряженные частицы. Заряжаются частицы благодаря электризации в электрическом поле или на заряженном электроде, трением и другими способами.

Поскольку калийные соли добываются сухими, а их обычное обогащение осложняется необходимостью ведения процесса в насыщенных растворах, то значительную перспективность имеют сухие методы обогащения и в том числе электрическая сепарация.

Состав руды Гарлыкского месторождения почти аналогичен с составами руды Старобинского и Верхнекамского месторождений. Исключением является высокое содержание хлористого магния в рудах Гарлыкского месторождения. При этом если высокая содержания хлористого магния плохо влияет на качество конечного продукта при способах обогащения флотации и галургии то при электрическом методе вообще не влияет. Сухой климат и относительно дешевая электрическая энергия в условиях Туркменистана, делает весьма перспективным обогащение сильвинита электрическим способом.

Предпосылки применения гравитационного метода обогащения сильвинитовой руды Гарлыкского месторождения

Куптель Г.А. Сарыев М.Д.

Белорусский национальный технический университет

Основным методом изучения обогатимости руд является фракционный анализ, задачей которого является количественная оценка распределения свободных минеральных зерен и сростков по фракциям различной плотности и крупности.

Метод фракционного анализа основан на различии удельных весов составляющих сильвинитовую руду KCl , $NaCl$, $MgCl_2$ и глинистых минералов, соответственно равных 1980; 2160; 2316 и 2400 - 2800 $кг/м^3$.

Доломит $2,8-2,95 CaCO_3 \cdot MgCO_3$ Магнезит $2,9-3,16 MgCO_3$.

Фракционному разделению обычно подвергаются классы руды крупнее 0,25 (0,2) мм, так как мелкие классы разделяются в тяжелых жидкостях не точно из-за флокуляции тонких частиц. Обогащение минералов данным методом возможно при разнице плотности 0,05 $г/см^3$ или 50 $кг/м^3$

Разделение классов крупности руды осуществляется в жидкостях с калиброванными величинами плотности 2000; 2030; 2050; 2100; 2150 и 2200 $кг/м^3$.

При разделении проб руды скважин № 1К и № 3К в тяжелых жидкостях:

а) выделена концентратная фракция (с массовой долей $KCl > 95\%$) с выходом равным 6,76 % при дроблении до крупности – 10,0 мм и с выходом – 8,46 % при дроблении до крупности – 0,63 мм;

б) степень раскрытия сильвинитовых зерен увеличивается с 27,46 до 64,59 % по мере снижения крупности дробления с – 10,0 до – 0,63 мм;

По результатам проведенных исследований (без флотационных опытов) может быть рекомендована флотационная крупность руды 0,8-1,0 мм

Вывод: применение данного метода позволяет снизить затраты на обесшламливание руды поскольку существенно снижает содержание и других компонентов (кроме хлорида калия), и можно отправить на флотацию более обогащенную руду и получить готовый концентрат с меньшими затратами.

Роль дисциплины «Горное право» в подготовке горных инженеров

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Деятельность современного специалиста, занимающегося вопросами геологии и разработки месторождений полезных ископаемых, всегда в той или иной степени будет связана с решением правовых вопросов недропользования.

Целью преподавания учебной дисциплины «Горное право» является изучение содержания основных законов и других нормативно-правовых актов, определяющих порядок и условия недропользования и формирование способности принятия решений, обоснованных в правовом отношении при недропользовании. Студентам следует помнить о динамичности процесса развития всех отраслей законодательства Республики Беларусь на современном этапе и проявлять интерес к выявлению в нем новых горно-правовых требований. При изучении данной дисциплины важно помнить, что горное законодательство – одна из самых динамичных отраслей белорусского законодательства, формируемая в наше время.

Задачи учебной дисциплины определяются потребностями общества и государства в подготовке горных инженеров. Функциональные задачи курса:

- сформировать представления о горном праве как о явлении, соответствующем потребностям общества и государства в подготовке горных инженеров;
- показать присущий горному праву динамизм, его стремление к соответствию достигнутому уровню развития общества в политической, экономической и духовной сферах жизни;
- раскрыть созидательную роль горного права, показав проявление и значение его экономической, регулятивной и охранительной функций;
- продолжить формирование высокого уровня профессионального правосознания и правовой культуры горного инженера;
- научить использованию созданных государством правовых инструментов, способов и средств, обеспечивающих защиту прав и охраняемых законом интересов.

Изучение дисциплины позволит овладеть необходимыми знаниями о правилах предоставления в пользование и порядке пользования недрами в Республике Беларусь, обеспечит возможность в практической деятельности осуществлять геологическое изучение, разведку и добычу углеводородного сырья в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь.

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Из общего объема производства щебня все более возрастает спрос на качественную продукцию с улучшенной формой зерна. Наилучшей формой считается кубовидная. Прочность и шероховатость зерен плоской формы соответственно в 6 раз и на 8,5% меньше, чем кубовидных. Вследствие меньшей шероховатости плоских зерен тормозной путь машин увеличивается на 10%.

Исправить форму зерен щебня можно путем грануляции в специальных аппаратах. Для этого применяют дробилки ударного действия. В последнее время наиболее широкое применение для вышеназванной цели получили центробежно-ударные дробилки, имеющие вертикальный всплывающий вал ротора. Центробежно-ударная дробилка (ЦУД) предназначена для мелкого дробления рудных и нерудных материалов любой крепости и прочности путем их удара о неподвижную массивную преграду. Относится к дробилкам мелкого дробления, принимающим материал исходной крупностью до 180 мм. Принцип действия центробежно-ударной дробилки основывается на разгоне в поле действия центробежных сил кусков материала в ускорителе и их вылете в камеру измельчения с большой скоростью, существенно превышающей критическую скорость разрушения материала, где происходит удар разогнанных кусков о куски материала в карманах камеры измельчения, образующих футеровку дробилки. Основное применение дробилок связано с переработкой горной массы в щебень с низким содержанием лещадных зерен (до 10%), так как дробилки используют принцип «свободного удара» (удара «камень о камень»), при котором происходит разрушение кусков на более мелкие исходя из плоскостей спайности минералов, границ срастания минералов в породе и внутренних трещин. Образующиеся зерна имеют форму, близкую к форме кристаллов, и практически лишены внутренних трещин, то есть их прочность на сжатие возрастает по отношению к прочности исходных кусков. Так на технологической линии № 5 РУП ПО «Гранит» (г. Микашевичи, Республика Беларусь) щебень фракции 16-32 мм после третьей стадии дробления направляется в центробежно-ударные дробилки ДЦ-1,6 (2 шт.) для снижения пластинчатости товарных фракций щебня 4-8 мм и 8-16 мм.

Таким образом, включение в технологическую линию дополнительной операции грануляции при помощи ЦУД позволило обеспечить выпуск продукта повышенного качества.

Безопасная установка фильтров в гидрогеологические скважины

Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

При транспортировке и установке фильтров в водоносный горизонт гидрогеологических скважин может нарушаться их целостность, в результате чего ухудшаются эксплуатационные показатели скважин. Предлагаемый метод предусматривает заполнение фильтрующего элемента водой с ее последующим замораживанием: в зимний период естественным путем, в теплое время года с применением специального замораживающего устройства.

Рассмотрим способ армирования фильтров льдом в зимний период, как наиболее простой и технологичный. В зимнее время года при устойчивых отрицательных температурах воздуха армирование льдом целесообразно выполнять на базе партии или экспедиции. В осенне-весенний период, при возможных оттепелях, работы по армированию следует проводить на буровой за сутки-двое до установки фильтра в скважину. Эффективность действия ледяного армирования определяется скоростью таяния льда в скважине. Скорость таяния зависит от температуры воды в скважине, от скорости потока воды, омывающей поверхность таяния, и может изменяться в широких пределах. Для схемы циркуляции жидкости при посадке фильтра в скважину экспериментально установлены значения времени таяния ледяного армирования и глубина спуска фильтра с армированием до момента начала восстановления проницаемости фильтра. Входным параметром для оценки метода служит температура промывочной жидкости в скважине, косвенно определяемая замерами на устье скважины при циркуляции жидкости в процессе бурения. Замеры выполняются термометром из комплекта лаборатории контроля качества глинистых растворов. Более точные измерения проводятся с помощью погружных инструментов. Например, температура жидкости в скважине составляет около 8°С, диаметр скважины 112 мм. А время таяния армирования составит около 15 ÷ 18 мин. Таким образом, если глубина посадки фильтра не превышает 200 м, армирование обеспечит защиту фильтра от кольматации до забоя. Если допускаемая глубина спуска фильтра существенно превышает глубину скважины, это означает, что в момент достижения забоя скважины ледяное армирование полностью не стаивает. Окончательное удаление льда происходит при освоении скважины. Скорость оттаивания льда существенно возрастает при увеличении скоростей потока воды, ее температуры и минерализации.

Предотвращение затопления калийных рудников

Халявкин Ф.Г., Егеров О.

Белорусский национальный технический университет

Обеспечение безопасных условий ведения горных работ при подземной отработке месторождений водорастворимых руд часто связано с проблемой предотвращения прорыва поверхностных и подземных вод в горные выработки. При строительстве и эксплуатации шахт подземные воды существенно затрудняют проходку стволов, подготовительных и капитальных выработок, а также ведение очистных работ.

Особенностью эксплуатации соляных месторождений, к которым относится и Старобинское, является возможность проникновения слабоминерализованных рассолов и пресных вод в выработки, и, как следствие, практически мгновенное оседание земной поверхности над затопленными участками (примером может служить ситуация сложившаяся на Березинском калийном руднике. В результате затопления рудника, от проседания поверхности образовалась своего рода воронка внушительных размеров.

Известно, что если вода проникла в рудник, то спасти его невозможно. Из-за опасности проникновения воды в шахту ограничивают применение систем разработки с обрушением вмещающих пород (отработка лавами). Перед отработкой на каждой панели производят расчет водозащитной толщи и если она недостаточна, то применяется камерная система разработки с жесткими целиками, при которой получают высокие потери. Зато данная схема предотвращает опасные деформации подработанной толщи пород и предотвращает проникновение подземных вод в выработанное пространство рудников.

Установлено, что породы основной части водозащитной толщи обладают высокими водоупорными свойствами, обеспечивающими безопасность при подработке их столбовыми системами с самой высокой степенью извлечения из недр. Также изучение зон трещиноватости над отработанным пространством лав позволило уточнить минимально необходимую мощность водозащитной толщи, которая должна составлять не менее 35 м.

Также установлено, что мощность водозащитной толщи имеет прямую зависимость от напора на слабопроницаемый пласт. Если учесть, что на Старобинском калийном месторождении напор варьирует в пределах от 100 до 300 м, то пределы необходимой минимальной водозащитной толщи должны составлять 35 – 70 м.

**Комплексная оценка технологических свойств калийной руды
новых участков Старобинского месторождения**

Алешко А.М., Турко М.Р., Миськов Е.М.
ОАО «Белгорхимпром», г. Солигорск

Минерально-сырьевая база калийной промышленности Беларуси представлена разнообразными рудами, в основном среднеобогатимыми. Причем, при относительно простом минеральном составе (сильвин, галит, галопелиты), сильвиниты характеризуются значительным разнообразием структур и текстур, изучение которых представляет большой практический интерес с точки зрения их переработки.

В свою очередь, эффективность управления процессом переработки руды без снижения извлечения полезного компонента при ухудшении ее качества во многом зависит от разработки алгоритма прогнозно-технологической оценки: методов исследования структурно-вещественного состава, определения степени раскрытия сильвина, как в горном массиве, так и в продуктах технологической переработки руд на всех этапах рудоподготовки.

В связи с изучением обогатимости сильвинитовой руды новых участков Старобинского месторождения (Березовский участок, Нежинский участок, Дарасинский блок) проведен комплекс лабораторных исследований в части изучения: химического, гранулометрического, минералогического составов руды; исследования раскрытия минералов методом фракционного анализа в тяжелых жидкостях; определения возможности флотационной переработки калийного сырья. Выполнена прогнозная оценка основных показателей обогащения сильвинитовой руды технологических проб, представительных для исследуемых калийных горизонтов [1].

Комплексная оценка технологических свойств исследуемых керновых проб руды, позволяет утверждать о возможности переработки руд новых участков Старобинского месторождения флотационным способом отдельно по горизонтам или в смеси с рудами других горизонтов данных участков с получением технологических показателей не ниже достигнутых в настоящее время на обогатительных фабриках ОАО «Беларуськалий».

Литература:

1. Провести исследования и систематизировать данные по обогатимости сильвинитовых руд Первого, Второго и Третьего калийных горизонтов всех шахтных полей: отчет о НИР (заключит.) / ОАО «Белгорхимпром»; руководитель темы М. Р. Турко. – Минск, 2011. – 196 с.

**Моделирование процесса принятия решения
при оперативном управлении горными работами.**

Гец А.К.

Белорусский национальный технический университет

Анализ существующих методов оперативного управления калийными рудниками показывает актуальность вопросов улучшения организации управления горными работами с целью более надежного выполнения плана, повышения технико-экономических показателей работы, повышения добычи при стабильном качестве руды, ритмичности работы шахты и обогащательной фабрики.

Основной задачей оперативного управления горными работами калийного рудника является формирование решений по ведению горных работ со стабильным качеством руды и выполнением плана по объёму добычи.

Одним из вопросов, решаемых при оперативном управлении, является определение режимов работы забоев и объёмов добычи из них.

На основе традиционных инженерных методов, основанных на опыте и интуиции руководителей, ряд задач не может быть эффективно решен из-за следующих причин, снижающих эффективность оперативного управления горными работами рудника: несовершенство средств и методов сбора и передачи информации, трудности представления развития горных работ в пространстве, времени, многообразии и взаимосвязи, стохастического характера протекания технологических процессов, слабого прогноза влияния принимаемых решений на дальнейшее развитие горных работ и режим работы обогащательной фабрики.

Разработка метода оптимального оперативного управления горными работами калийного рудника требует комплексного решения вопросов сбора, передачи, обработки и представления информации, имитационного моделирования и математического программирования процессов рудника, как системы очистных и подготовительных забоев и транспортных звеньев.

Для реализации этого метода необходимы: разработка методики синтеза имитационных моделей всех звеньев технологического процесса и исследование статистических параметров этих моделей, выбор и обоснование критериев управления и синтез математической модели оптимального управления работой забоев, исследование и обоснование структуры информационного обеспечения системы управления.

Ихтиофаунистическая характеристика нижнедевонских отложений Беларуси

Плакс Д. П.

Белорусский национальный технический университет

Нижнедевонские отложения широко распространены на территории Беларуси («Геология Беларуси», 2001). Они представлены образованиями нижней части лохковского и верхней части эмского ярусов. Первые распространены только на отдельных участках Подляско-Брестской впадины и Вольнской моноклинали, вторые – в Оршанской впадине, на Латвийской и Жлобинской седловинах, восточных слонах Белорусской антеклизы, северо-западных склонах Воронежской антеклизы, ограниченно в северных и северо-западных районах Припятского прогиба. Отложения верхнего лохкова, прагиена и нижнего эмса в пределах республики не установлены. Отложения нижней части лохковского яруса в местах своего распространения представлены доломитовыми мшанково-криноидными, брахиоподово-криноидными и водорослевыми известняками с прослоями доломитовых мергелей, глин и алевролитов, являющимися в основном образованиями мелководного морского бассейна с нормальной соленостью вод. Эти отложения содержат разнообразную и многочисленную ихтиофауну, таксономический состав которой представлен телодонтами, остеостраками, гетеростраками, акантодами, плакодермами, хрящевыми и костными рыбами. Из вышеуказанных таксонов ихтиофауны чаще всего встречаются изолированные чешуи различных акантодов и телодонтов. Гетеростраки представлены разрозненными фрагментами тессер, пластинок и чешуй. По количеству найденных скелетных элементов и таксономическому разнообразию гетеростраки уступают акантодам, в меньшей степени – телодонтам. Остеостраки, плакодермы, хрящевые и костные рыбы еще более малочисленны, как по числу найденных скелетных элементов, так и по количеству установленных таксонов. Отложения верхней части эмского яруса на территории страны представлены песчаниками, алевролитами, глинами, мергелями, доломитами, водорослевыми и строматолитовыми известняками, являющимися образованиями мелкого, временами слегка опресненного эпиконтинентального моря. Позвоночные в них представлены телодонтами, остеостраками, гетеростраками, акантодами, плакодермами, хондрихтиидами, костными рыбами. Наиболее часто в отложениях яруса встречаются чешуи акантодов, отдельные пластинки плакодерм, реже – чешуи и зубы саркоптеригий, гораздо реже – дискретные пластинки, чешуи, тессеры и изолированные дентиновые бугорки гетеростраков. Находки чешуй телодонтов, хрящевых рыб и актиноптеригий в отложениях этого возраста очень редки и малочисленны.

Современные технологии горных работ с применением гидромеханизации

Семёнова М.В., Былицкий С.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Гидромеханизированный способ открытой разработки в Республике Беларусь нашел широкое применение при добычи песка и гравия на песчаных и песчано-гравийных месторождениях, месторождениях торфа и других полезных ископаемых на естественно обводненных месторождениях. Практическое применение нашла гидромеханизированная разработка полезных ископаемых земснарядами без предварительного и с предварительным рыхлением.

При разработке земснарядом разрушение породы происходит за счет всасывания породы из-под воды посредством землесоса, который располагается на понтоне. Земснарядный способ производства горных работ в некоторых случаях является единственно возможным способом механизации.

Недостатки: относительно высокая энергоемкость работ, применимость способа лишь в определенных условиях залегания месторождения, сезонный характер использования (невозможность эксплуатации карьерного поля в зимнее время).

Достоинства гидромеханизированной разработки месторождений: а) поточность технологического процесса; б) сокращение объемов капитальных работ и как результат более низкие сроки строительства карьера; в) высокая производительность труда, простота, незначительные вес и габариты оборудования; г) попутное обогащение полезного ископаемого. Основное преимущество использования данного метода заключается в том, что этот метод наиболее существенно учитывает геологическую структуру месторождения и позволяет использовать в большей степени уже существующее состояние месторождения (подстраиваясь под него) и не меняя кардинально его структуру. Использование гидромеханизированного способа добычи полезных ископаемых позволяет существенно сократить материальные затраты, обеспечить более высокие показатели добычи, снизить стоимость продукции. А снижение стоимости единицы продукции позволяет сделать продукцию более конкурентноспособной.

Работа выполнена под руководством проф. С.Г.Оника.

Объемное моделирование поверхности с применением геоинформационных систем

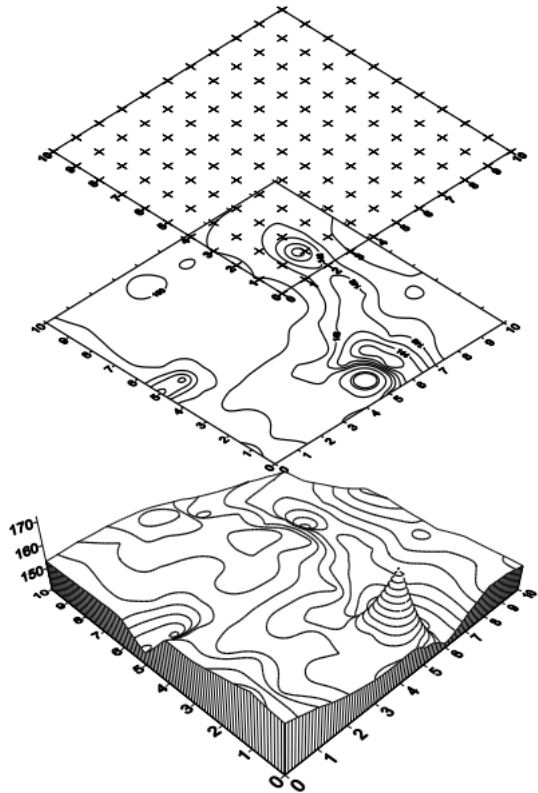
Семенович Н.Н., Бовкунович В.Н., Соловей А.С.
Белорусский национальный технический университет

Уникальной способностью выявлять скрытые взаимосвязи и тенденции, которые трудно или невозможно заметить, используя привычные бумажные карты, обладают современные геоинформационные системы, к числу которых относится Surfer.

Эффектным и удобным для анализа является представление нескольких карт в виде объемной модели (рисунок). Причем это может быть как различное представление одних наборов данных, например, трехмерное изображение в сочетании с цветной картой изолиний, так и серей разных наборов, например, площадное распределение одного параметра на разные моменты времени или нескольких различных параметров.

Все эти возможности представления изображений могут быть очень полезны при сравнительном анализе влияния различных методов интерполяции или их отдельных параметров на вид результирующей поверхности при описании месторождений полезных ископаемых.

Полученные изображения можно дополнить необходимой графической или текстовой информацией, используя для этого команды основного меню или необходимые пиктограммы на соответствующей панели.



Применение программы Surfer для оцифровки структурных карт

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

Геоинформационная система Golden Software Surfer в настоящее время является отраслевым стандартом построения графических изображений функций двух переменных.

С помощью ПО Surfer можно составить цифровую модель на основе отсканированного растрового изображения структурной карты.

Данный метод применяется, когда требуется построение компьютерной модели, с дальнейшим подсчётом различных параметров по имеющимся оцифрованным данным.

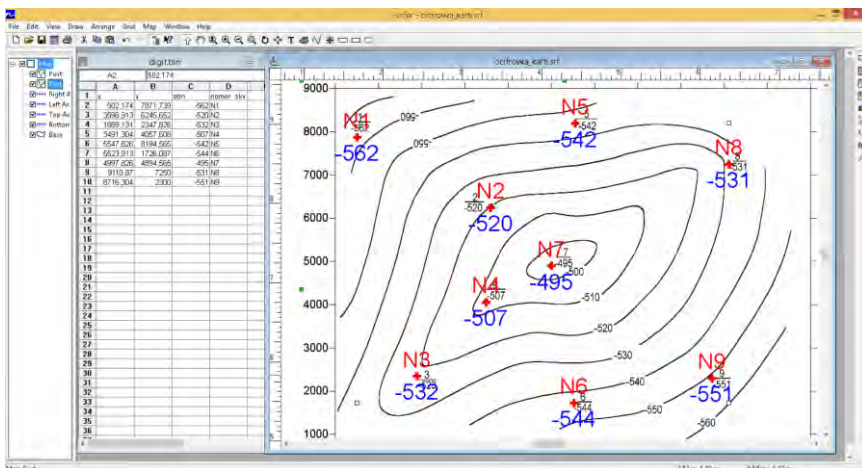


Рисунок. Результаты оцифровки растрового изображения структурной карты

Построение карты на основе растрового изображения включает в себя следующие этапы:

1. Загрузка и масштабирование растровых изображений;
2. Оцифровка растрового изображения;
3. Построение карты по оцифрованным данным.

Биофизика горных пород и медицинская геология

Поликарпова Н.Н., Евтух А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Название «медицинская геология» было предложено как одно из новых приоритетных направлений наук о Земле на XXXII сессии Международного геологического конгресса, в 2004 г. Медицинская геология – стратегически значимое направление в геологии. Медицинская геология изучает воздействие геологических объектов и геологических процессов на различные живые организмы и, прежде всего, человека. Медицинская геология – широкое научное направление, в рамках которого развиваются медицинская минералогия, медицинская геохимия и др.

В медицинскую геологию органично вписывается «биофизика горных пород» – дисциплина, зарождение которой связано с идеями профессора Б.А. Богатова. Биофизика горных пород нацелена на выяснение механизмов взаимодействия горных пород и составляющих их минералов с биологическими объектами. В истории науки известны многочисленные эксперименты по выявлению воздействия различных минеральных веществ и особенно кристаллов минералов на организм человека с лечебной целью. Большой опыт в литотерапии накоплен традиционной восточной медициной. С конца XX существенно возрос интерес в этом направлении в странах СНГ. В России, Украине, Казахстане, Беларуси (Центр народной медицины «Сантана») открывается ряд специализированных предприятий, занимающихся целенаправленным изучением лечебных свойств минералов, и выходит в свет не один десяток научных трудов, посвященных этой тематике. В них доказывается, что наиболее благоприятным для человеческого организма является лечебное воздействие природных веществ, а не продуктов их химической дезинтеграции. Несмотря на большой интерес к применению природных минеральных веществ в лечебных целях, механизмы их воздействия на живые организмы практически неизвестны. Ряд исследователей считает, что в простых, реальных кристаллах заложена какая-то сила, наличие которой обуславливается не свойствами самой материи, а её формой и агрегационным состоянием. Экспериментальным путем с помощью высоковольтной фотографии С.Д. Кирлиан показал отчетливое структурированное свечение испускаемое кристаллами.

Нами исследовалось бесконтактное воздействие изолированных образцов различных горных пород и минералов (массой от 100 до 500 г) на процессы прорастания семян и последующего двухнедельного роста в лабораторных условиях овса, пшеницы, и др. Анализ ростовых процессов используемых культур однозначно указывает на наличие в исследуемых условиях полевого воздействия минеральных объектов на биологические.

Биоэффекты СВЧ-излучений

Поликарпова Н.Н., Иокша В.Л., Игольник А.А.
Белорусский национальный технический университет

Влияние СВЧ-полей, создаваемых мобильными телефонами, на человека и другие биологические объекты еще недостаточно изучены. Исследователями установлено что микроволновые поля в зависимости от времени воздействия, частоты и мощности излучения могут оказывать как отрицательное, так и положительное (например, стимуляции развития семян) воздействие на организмы. Выяснением особенностей различных видов электромагнитного воздействия на семена растений занимаются многие исследователи. Возможные эффекты микроволнового поля на растительные и животные живые клетки объясняются механизмами различного характера: энергетического, биохимического, биофизического, информационного. Изучая механизмы воздействия микроволнового поля на биологические ткани растений, исследователи пришли к выводу, что стимуляция прорастания семян и развития растений связана с усилением питания клеточной ткани за счет улучшения транспортных свойств сети капилляров. Однако не указывается, чем вызвано это улучшение.

В настоящее время хорошо известно такое фундаментальное явление, как влияние слабых внешних полей на живые организмы. Наряду с развитием представлений о влиянии электромагнитных полей на системы и процессы в живой клетке или организме, высказываются суждения о том, что часть биологических эффектов может быть связана с действием этих факторов на свойства самой воды. Вода, по мнению В.И. Лобышева, является сенсором слабых физических и химических воздействий, вызывающих изменение её физико-химических свойств и биологической активности. Это утверждение доказывается экспериментами, в которых показано, что вода после соответствующей обработки сохраняет измененные свойства в течение длительного времени. Практически установлено, что любое достаточно продолжительное физическое воздействие на воду сопровождается появлением биологической активности, которая может сохраняться длительное время. Физических факторов, которые обеспечивают получение активированной воды очень много и прежде всего это различные электрические и магнитные поля.

В проведенной нами серии экспериментов было обнаружено, что используемая для замачивания семян и полива растений вода, подвергнутая излучению мобильных телефонов, работавших в различном режиме (4 телефона, вокруг стеклянного стакана со 100 мл. воды, активированные 10-15 мин в вибрационном режиме, в беззвучном или с использованием мелодии) вызывает различные ростовые эффекты. Среди них отмечались как процессы стимулирования, так и ингибирования.

Возможности складирования обезвоженных глинисто-солевых шламов

Кологривко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследования инженерно-геологических свойств галитовых и шламовых отходов показывают, что, шлам имеет низкие прочностные и деформационные характеристики. Это обстоятельство не позволяет в прямом виде использовать шламовые отходы для складирования в солеотвалы, в частности – для формирования солеплиты на поверхности отработанного шламохранилища ЗРУ ОАО «Беларуськалий» в целях снижения техногенной нагрузки в Солигорском промышленном районе.

Однако разработанная в ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси» технология обезвоживания глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий» с использованием полимерных флокулянтов, позволяет разделить дисперсию глинисто-солевых шламов на жидкую и твердую фазы.

Технология обезвоживания глинисто-солевого шлама позволяет получить продукт с влажностью около 30 %, который имеет физико-химические и механические свойства, позволяющие транспортировать его и складировать совместно с галитовыми отходами.

При изучении возможностей складирования галитовых и шламовых отходов на поверхности отработанного шламохранилища ЗРУ, принимая во внимание современное состояние и развитие хвостового хозяйства, анализировались пять технологически приемлемых вариантов формирования солеотвала с построением соответствующих геомеханических (механико-математических) моделей и соответствующих им численных расчетных схем, на базе которых выполнены исследования по изучению прочности и устойчивости системы «солеотвал-шламохранилище».

Выполненные модельные исследования, а также полученные результаты исследований возможностей складирования обезвоженных глинисто-солевых шламов, позволили установить возможные технологические схемы складирования отходов на поверхности отработанного шламохранилища.

Так, например, при достижении отметки второго этапа намыва +207,25 м возможно рассмотреть случай формирования солеотвала из обезвоженных глинисто-солевых шламов. Наиболее рационально складировать в отвал смесь галитовых и шламовых отходов при содержании в смеси шлама 17-20 %. Шлам и галитовые отходы должны поступать в отвал уже перемешанными.

**Системный подход к снижению геоэкологических последствий
в процессе эксплуатации калийных месторождений**

Кологривко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследования по оценке геоэкологической ситуации на калийных предприятиях показывают, что на современном этапе их развития проводится большой комплекс исследований по снижению негативного влияния техногенеза на геологическую среду. Вместе с тем, эти исследования направлены, в основном, на ликвидацию локальных последствий негативного влияния калийного производства и не решают комплексно вопросов прогнозирования геоэкологических последствий с целью их снижения или предотвращения. В свою очередь результаты геоэкологических ущербов являются катализаторами социальных и экономических последствий.

Снижение геоэкологических последствий в процессе эксплуатации калийных месторождений может быть реализовано только при системном подходе к прогнозированию результатов техногенных воздействий.

Так, снизить геоэкологические последствия в процессе ведения подготовительных и очистных работ возможно минимизацией эксплуатационных потерь калийной руды за счет внедрения бесцеликовой выемки калийных пластов с использованием технологических схем подготовки и отработки участков шахтных полей ограниченных размеров, в том числе на локальных участках, для условий ограниченных объемов шахтного строительства, для сложных условий разработки, принимая во внимание применение эффективных дегазационных мероприятий и мероприятий по разгрузке массива от горного давления.

Минимизацию рисков затопления калийных рудников следует рассматривать за счет эффективных средств предотвращения неконтролируемых водопритокков в горные выработки, которыми должны стать предупредительные мероприятия, в частности, сооружение гидроизоляционных перемычек, позволяющих изолировать потенциально опасные участки.

Снижение геоэкологической нагрузки в районе работ калийных предприятий в процессе обогащения калийных руд следует рассматривать за счет разработки новых способов складирования отходов обогащения при организации хвостовых хозяйств, позволяющих сократить рост площадей, используемых для размещения этих отходов. Снизить техногенную нагрузку можно за счет уменьшения изъятия дополнительных площадей под солеотвалы, используя, при этом, отработанные шламохранилища в качестве оснований при расширении солеотвалов. Одновременно снижение нагрузки в районе работ калийных предприятий возможно за счет реконструкции действующих шламохранилищ калийного производства.

Инновационные
Технологии в геодезии
и картографии

Разработка систем координат для Ленинградской области и г. Санкт-Петербурга

Подшивалов В. П., Василевский Е. А.
Белорусский национальный технический университет

Формирование картографо-геодезической основы ГИС обеспечивается в настоящее время библиотекой картографических проекций. Библиотека постоянно пополняется и включает в себя различные проекции, использование которых для создания координатной основы ГИС различного назначения наиболее удобно. Вместе с тем, анализ практического применения таких проекций для ГИС указывает на то, что реально используется весьма ограниченный их перечень.

В работе продемонстрирована возможность практической реализации общей теории формирования и алгоритмического описания класса проекций, удовлетворяющих критерию Чебышева-Граве о наилучших проекциях. Для этого рассмотрены различные варианты известных и новых проекций для формирования координатной основы ГИС г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Получены основные численные характеристики этих проекций и произведен их сравнительный анализ. В процессе исследования этих проекций использованы различные методы минимизации искажений. Так, для традиционных проекций: конической, поперечно-цилиндрической и азимутальной получены оптимальные значения частного масштаба длин на стандартной параллели, осевом меридиане и главной точке соответственно, как это имеет место в проекции Гаусса-Боага (UTM). При этом указано, что максимальные искажения применением только данного приема могут быть уменьшены в два раза. В ГИС рассматриваются различные территории, как по площади, так и по конфигурации границ, поэтому указывается на то, что в таких случаях рациональнее использовать координатное описание исследуемых территорий, полученное на основе проекций с изменяемой формой изоколы. Такие проекции получены на основе композиции конической и поперечно-цилиндрической проекций. Сравнительный анализ, различных вариантов проекций указывает на эффективность применение проекций с изменяемой формой изоколы для формирования координатной основы ГИС Ленинградской области и г. Санкт-Петербурга.

Так, для единой координатной основы Ленинградской области максимальные искажения в композиционной проекции не превышают величины $1 : 7\,000$, а г. Санкт-Петербурга – $1 : 600\,000$. Это существенно лучше по сравнению с конической, поперечно-цилиндрической или азимутальной.

Новый метод поиска грубых ошибок в спутниковых измерениях

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В существующих программных продуктах для обработки спутниковых GNSS-измерений уравнивание выполняется по методу наименьших квадратов (МНК). Важным условием использования МНК является отсутствие грубых ошибок в измерениях, т.к. при наличии таких ошибок значительно искажаются оценки определяемых параметров.

Для того чтобы исключить появление искажённых результатов, перед уравниванием по МНК необходимо выполнять поиск грубых ошибок измерений. В случае, когда нет возможности вычислить невязки в замкнутых геометрических фигурах и сравнить их с теоретическими, для поиска ошибок зачастую используется t -тест, предложенный американским учёным Allen J. Pore в 1976 г. Однако, использование данного метода не всегда приводит к приемлемому результату, что подтверждается многочисленными примерами. Причиной этого является особенность МНК, приводящая к распределению грубых ошибок в безошибочные измерения на этапе уравнивания. При этом при наличии нескольких грубых ошибок требуется после каждого исключения одного из измерений проводить повторное уравнивание и вычисление ковариационной матрицы поправок. Как известно, уравнивание двойных разностей фазовых измерений содержит большое количество избыточных измерений и повторное составление ковариационных матриц поправок после удаления грубых измерений, требует больших временных затрат.

В качестве альтернативы классическому способу поиска грубых ошибок можно предложить обобщённый метод многостепенной оптимизации (ОММО). Метод разработан на основе известного в зарубежной литературе метода IRLS (Iteratively reweighted least squares) и распространён на случай зависимых измерений в 2008 г. ОММО принадлежит к группе робастных, которые стали широко известны после работ Tukey (1960), Huber (1964), Hampel (1968). Преимуществом данных методов является значительное уменьшение влияния грубых ошибок на окончательное решение.

На примере обработки базовой линии, измеренной возле 15-го учебного корпуса БНТУ, представлена последовательность расчёта базовой линии по МНК с предварительным поиском и исключением грубых ошибок по ОММО с использованием t -теста и получением фиксированного решения при помощи LAMBDA-метода, предложенного голландским учёным P. Teunissen в 1993 г.

**Создание общей геодезической сети
вдоль государственной границы между Республикой Беларусь
и Республикой Польша для определения координат
пограничных знаков**

Карлович М.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Физический износ (разрушение) пограничных знаков, а также природные явления (весенние паводки, изменение русла рек, образование или размыв островов) являются основанием для проведения проверки сторонами сопредельных государств линии государственной границы.

Для определения координат и высот пограничных знаков, установленных на государственной границе, создается общая геодезическая сеть (ОГС), обеспечивающая единство геодезических определений и связь систем координат и высот, принятых в Республике Беларусь и сопредельном государстве.

В проект создания ОГС было включено 36 геодезических пунктов 1-2 класса государственной геодезической сети, одна половина которых расположена на территории Республики Беларусь, а вторая половина – на территории Республики Польша.

При определении координат пограничных знаков вместо традиционного метода, предполагающего триангуляцию и полигонометрию, проложение ходов белорусская сторона отдала предпочтение методам спутниковой геодезии.

Спутниковые измерения на пунктах ОГС, расположенных на территории Республики Беларусь производились шестью комплектами геодезической спутниковой двухчастотной аппаратуры фирмы Topcon (спутниковый приемник GB-500, антенна PG- A1 with GP).

Для преобразования (перевычисления) координат ОГС из системы координат ITRF-2005 отнесенной к эпохе 23.04.2008, принятой в Республике Беларусь в систему координат ETRF-2000, отнесенной к эпохе 2008, принятой в Республике Польша использовался трансформер, представленный EPN (EUREF Permanent Network) на сайте <http://www.epncb.oma.be/productsservices/>. В результате были получены эллипсоидные и геоцентрические координаты пунктов ОГС в ETRF-2000, отнесенной к эпохе 2008.

По результатам уравнивания составлен список координат пунктов ОГС, в принятой обеими сторонами форме, в которой даны эллипсоидные и геоцентрические координаты пунктов в ITRF-2005 (эпоха 23.04.2008) и ETRF-2000 (эпоха 2008).

**Инженерно-геодезические работы
при обеспечении первого цикла строительства АЭС в Бангладеш**

Подшивалов В. П., Иваненко М. Д.

Белорусский национальный технический университет

В выполнении работ на атомной станции «Руппур» в Республике Бангладеш один из авторов принимал непосредственное участие во время производственной практики. Строительство АЭС ведется по проекту Российской Федерации. Полевые измерения и их математическая обработка выполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. Использованы новейшие приборы для измерений, а также профессиональные программные комплексы фирмы «Кредо-Диалог» для математической обработки, формирования и представления баз геодезических данных. Методика и приборы для производства геодезических измерений применялись с учетом отсутствия надлежащей геодезической основы до начала строительства. Для создания внешней геодезической разбивочной основы использованы спутниковые системы позиционирования.

Особенностью производства работ на объекте является создание системы водопонижения. Выбор конструкции и закрепление на местности центров геодезических пунктов производилось с учетом сложных горно-геологических и гидрологических условий. Комплекс геодезических работ на этапе строительства котлованов и выноса в проектное положение основных зданий и сооружений АЭС выполняется в соответствии с требованиями проекта производства геодезических работ. При математической обработке результатов измерений и представлении геодезических данных использованы профессиональные сертифицированные программные продукты. В связи с тем, что район строительства АЭС относится к сейсмоактивной геологической зоне, отведено значительное место созданию высокоточной геодезической основы для выполнения комплекса работ по геодинамическому мониторингу площадки АЭС как на стадии выбора района и площадки строительства так и для и разработки проекта будущего объекта строительства. Мониторинговые исследования геодезическими методами предусмотрены с начала строительных работ. Конструкция центров пунктов геодезической мониторинговой сети предусматривает их глубокое заложение, конструкции двухтрубчатые, обеспечивающие стабильное положение как в период строительства, так и так и при эксплуатации АЭС.

**Особенности решения прикладных задач уравнивания
по методу наименьших квадратов
с применением псевдообратных матриц**

Гармаза О. Е.

Белорусский национальный технический университет

За последнее время применение метода наименьших квадратов расширено в силу следующих обстоятельств:

- во-первых, неслучайные погрешности измеренных величин в этом случае не накладываются на условия, требующие их подчинения нормальному распределению;

- во-вторых, допускается коррелированность погрешностей измерения.

В результате с помощью метода наименьших квадратов можно уравнивать коррелированные случайные величины, закон образования которых произволен. Однако необходимо, чтобы распределение имело конечные вторые моменты.

Очевидна возможность применения обобщенного метода наименьших квадратов к уравниванию опорных нивелирных сетей; более того, такая возможность представляется перспективной.

Практика вычислений подтвердила целесообразность расположения результатов измерений и различных промежуточных итогов в таблицах. В частности, удобно свести в таблицу коэффициенты и свободные члены системы линейных уравнений. Если используемые элементы принадлежат одной системе, с величинами, заключенными в строки и столбцы прямоугольной таблицы, матрицы, можно производить действие в соответствии с правилами для линейных уравнений.

Поскольку в процессе практического применения метода наименьших квадратов приходится иметь дело с линейными уравнениями, применение для этих целей матриц представляется не только оправданным, но и совершенно необходимым.

Особенность уравнивания нуль-свободных нивелирных сетей состоит в том, что результаты измерения являются разностями (превышениями) искомым величин, т.е. высот точек. Без уравнивания разности (превышений) трудно иным способом дать оценку точности как этих разностей, так и погрешностей измеряемой величины. Значения последних при отсутствии исходных высот однозначно определить нельзя, так как решение приводит к вырожденной квадратной матрице, определитель (детерминант) который равен нулю, что и вызывает необходимость применять псевдообратные матрицы.

**Современные технологии геодезического обеспечения
дорожного строительства**

Мартинкевич И. Ю.

Белорусский национальный технический университет

Совершенствование технологий дорожного строительства для Республики Беларусь является актуальной задачей. Дорожная инфраструктура на территории нашей страны должна отвечать европейским стандартам. Одной из важных характеристик дорог являются их геометрические параметры, обеспечивающие комфортные условия движения транспортных потоков в определенных диапазонах интенсивности и скоростного режима. Обеспечение проектных геометрических параметров дорог достигается надлежащим применением соответствующих методов инженерно-геодезического сопровождения всех этапов дорожного строительства.

Рассмотрены задачи инженерно-геодезического обеспечения дорожного строительства: на этапе проектирования – состав инженерно-геодезических изысканий; на этапе строительства – работы по восстановлению дорожной трассы и всех ее элементов, разбивка земляного полотна и сопряжений с рельефом местности и ситуацией на ней, геодезические работы при устройстве верхнего строения дороги, примыканий и сопряжений автомобильных дорог. При этом отмечены проблемные вопросы, с которыми приходится сталкиваться в процессе геодезического обеспечения проектирования, строительства, реконструкции и ремонта автомобильных дорог.

На основе анализа возможностей современных технологий, которые находят все большее распространение при решении геодезических задач, определены те, которые могут быть использованы при строительстве второй кольцевой дороги вокруг г. Минска. Это – спутниковые системы позиционирования для формирования координатной основы, электронные тахеометры и цифровые наземные сканеры для производства топографической съемки в цифровом формате, исполнительных съемок дорожного покрытия, оценки его качества в процессе строительства, а также для мониторинга дорожного покрытия при планировании очередности и объемов производства работ по его ремонту.

При использовании современных программных комплексов по геодезическому обеспечению автоматизированных технологий проектирования линейных сооружений актуальным является вопрос алгоритмического описания пространственного положения оси трассы на всем ее протяжении.

**Особенности уравнивания разностей высот
по методу наименьших квадратов
с применением псевдообратных матриц**

Гармаза О. Е.

Белорусский национальный технический университет

В комплексе работ по наблюдению за вертикальными смещениями зданий и сооружений ответственной является математическая обработка результатов измерений – уравнивание высотного обоснования, выполняемого по методу наименьших квадратов. По результатам уравнивания нескольких циклов нивелирования для опорной сети оценивают устойчивость реперов и выполняют прогнозирование осадок. Для определения осадок сооружений необходим комплекс мероприятий. Ключевым звеном являются результаты повторных нивелирных измерений, называемые эпохами. В зависимости от решаемой задачи эпохи могут содержать месячные, трёхмесячные, полугодовые и годовые циклы. Задача состоит в обработке эпох наблюдений с целью определения осадок сооружений.

Предположим, что из двух эпох наблюдения известны уравненные отметки пунктов. Их разность характеризует осадку сооружений. Уравнивание выполняется как с применением исходных пунктов, так и без них (нуль-свободная нивелирная сеть). До недавнего времени уравнивали нуль-свободную сеть, используя превышения, выполненные в каждой эпохе. Более современный подход заключается в том, что за измеренные величины берут не превышения, а разности превышений между эпохами.

Преимущества этого подхода заключается в следующем:

1. Вместо того, чтобы уравнивать сеть дважды по эпохам, уравнивание по разностям можно выполнять один раз. Это обстоятельство не решающее, поскольку само уравнивание сети, как правило, занимает мало машинного времени;

2. При уравнивании нуль-свободных нивелирных и плановых сетей актуальной проблемой является выбор начальных координат (отметок определяемых пунктов). В ряде работ доказывается, что от начальных отметок зависят результаты уравнивания нуль-свободных сетей. Но если брать в уравнивание разности эпох, то начальные отметки общеизвестны и они равны нулю, что позволяет давать однозначные решения при уравнивании.

Без уравнивания разности превышений трудно иным способом дать

оценку точности как этих разностей, так и величины осадок. Это обстоятельство является решающим в защиту уравнивания разностей эпох.

УДК 511.2:528.9

Деформационный мониторинг зданий, находящихся в зоне строительства новых объектов

Михайлов В.И., Кононович С.И., Чиберкус Ю.Н., Гейер В.В.
Белорусский национальный технический университет, ЗАО «Экомир»

При возведении новых зданий в стесненных условиях г. Минск возникает необходимость в деформационном мониторинге уже существующих сооружений. Это зависит от условий подстилающих грунтов, или когда фундаменты строящихся объектов находятся на расстоянии от двух до десяти метров от существующих.

С целью предотвращения возможных аварийных ситуаций нами проводился аналогичный мониторинг здания кинотеатра «Москва» в связи со строительством объекта «Современный многофункциональный торгово-развлекательный комплекс с гостиницей и паркингом». Для проведения наблюдений опорная геодезическая сеть бала создана на существующих зданиях и сооружениях в виде самоклеющихся пленок с марками. Всего установлено шесть исходных знаков и девять осадочных марок на дворовом фасаде здания кинотеатра. В ходе первого цикла наблюдений электронным тахеометром TCRA1201 выполнены 3D-измерения координат пунктов опорной сети и осадочных марок на здании кинотеатра. С этой целью тахеометр устанавливался в произвольной точке, приводился в рабочее состояние и измерения выполнялись в относительной системе координат. При этом их начальные значения равны: $X=0$, $Y=0$, $H=0$. Ориентация прибора давалась произвольной. Затем, с этой же станции определены координаты пунктов опорной сети и десяти марок, закрепленных на фасаде кинотеатра. Использование избыточного количества исходных пунктов позволило определять координаты точки стояния тахеометра с погрешностью до 1 мм.

При проведении деформационного мониторинга здания кинотеатра выполнено шесть циклов натурных наблюдений с интервалом один раз в месяц. Геодезические измерения показали, что в подавляющем большинстве случаев отклонения высотных отметок и горизонтальных смещений осадочных марок обследуемого здания от среднего значения не превышало 1,5-2,0 мм. Таким образом, анализ результатов высокоточных измерений деформаций осадочных марок свидетельствует о стабильном положении здания кинотеатра «Москва» на данном этапе строительства нового объекта.

УДК 511.2: 528.9

**Экспериментальные геодезические измерения крена
изотермической емкости при комбинированных
гидропневмоиспытаниях на ОАО «Гродно Азот»**

Михайлов В.И., Кононович С.И., Чиберкус Ю.Н., Невдах Ю.Н.,
Николаевич Е.М.

Белорусский национальный технический университет, ЗАО «Экомир»

Емкости для хранения жидкого аммиака на предприятиях азотного производства относятся к объектам особой важности; в каждой из них хранится до 10 тысяч тонн ядовитого вещества. Поэтому один раз в 10 лет каждая емкость диаметром 30 м и высотой 20 м подвергается комбинированным гидропневмоиспытаниям с замерами деформаций основания и крена при уровнях воды 0,0 м, 5,8 м, 11,8 м, 17,34 м. Масса воды в емкости составляет 1,25 максимальной массы аммиака, в связи с этим пневматическое испытание проводится при уровне воды 16,34 м и давлении азота в емкости соответственно 300, 600, 939 и 12600 мм в/ст. Нами рекомендовано выполнять геодезические работы через 10-12 часов, после достижения испытательного уровня воды

В качестве высотной основы для нивелирования использовались два стенных репера, заложенных в оградительной стене вокруг емкости. При этом допустимая равномерная осадка может быть не ограничена, а разность высот противоположных марок не должна превышать 30 мм.

Для наблюдений за деформациями использовались восемь осадочных марок, заложенных в торцевой части бетонного фундамента емкости, установленного на сваях. Геодезические измерения проводились цифровым нивелиром DNA 03 с использованием инварной кодовой рейки. Поскольку марки были заложены высоко, то нивелирование II класса выполнялось в режиме работы с перевернутой рейкой при одном горизонте в прямом и обратном направлениях.

За период испытаний выполнено восемь циклов геодезических измерений деформаций осадочных марок емкости. Их величины при максимальных нагрузках не превышали 1,5-2,0 мм. Таким образом, разность осадок диаметрально противоположных марок (крен) составляет всего 1/15 от предельного его значения.

Следовательно, динамика деформаций осадочных марок фундамента емкости имеет закономерный характер и изменяется в зависимости от количества воды и величины давления в резервуаре. Поэтому, экспериментальные геодезические измерения показали, что фундамент изотермической емкости характеризуется надежностью, и она может быть рекомендована к дальнейшей эксплуатации.

Современные методы геометризации памятников архитектуры

Рак И.Е.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня в Республике Беларусь очень многие исторические объекты требуют реставрации. Процесс реставрации сам по себе очень долгий, и чтобы зафиксировать геометрию разрушающихся элементов сооружения, необходимо выполнить обмерные работы и по их результатам создать обмерные чертежи.

Традиционные формы фиксации в виде альбома с фотографиями сохраняет только информацию о внешнем облике объекта. Такая информация не может дать точных представлений о геометрических свойствах объекта, так как съемка ведется на неметрические и некалиброванные камеры.

Существует и другая известная форма фиксации – чертежи. Они передают геометрию, но не передают полностью внешний вид объекта. Кроме того, создание чертежей трудоемко и дорогостояще. Появление новых геодезических приборов и развитие методов цифровой фотограмметрии позволяет использовать качественно новые формы фиксации различных сооружений.

На сегодняшний день наиболее совершенными приборами для сбора данных о геометрии объекта являются лазерные сканирующие системы, результатом работы которых является облако точек (набор точек с трехмерными координатами). Таким образом, в сжатые сроки можно получить наиболее полную и достоверную информацию о геометрии объекта на конкретный момент времени. Главным препятствием к использованию этих приборов является их высокая стоимость. Поэтому необходимо рассматривать другие методы получения изображения объекта. Один из них – съемка объекта стереофотограмметрическим методом.

Работы по обмеру фасадов зданий стереофотограмметрическим методом может быть разбиты на следующие этапы: полевые работы, обработка полевых материалов и построение чертежей. На первом этапе выполняется фотограмметрическая съемка объекта калиброванной цифровой камерой и координирование опорных точек. Координирование может быть выполнено как электронным тахеометром, так и оптическим теодолитом.

Белорусские геодезисты в закавказской триангуляции

Мкртычян В. В., Максимович Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Гора Арарат оставалась непокоренной до XIX века, так как монахи считали, что никто не должен пытаться достичь "священной вершины". На вершине Арарата (высота 5165 м) экспедиция во главе с выходцем из Беларуси Иосифом Ивановичем Ходзько установила медную дощечку с текстом: «1850 год, 6-18 августа, в благополучное царствование императора Николая I, при Кавказском наместнике князе Воронцове, взошли на Арарат начальник триангуляции полковник И.И. Ходзько, Н.В. Ханьков, П.Н. Александров, А.Ф. Мориц, П.К. Услар, П.И. Шароян и 60 нижних чинов». В то время гора Арарат была самой высокой точкой в мире, на которой выполнялись геодезические измерения. Кроме того выполнение геодезических работ на Кавказе в тот период считались неосуществимыми, это был край боевых действий. Предыстория этой экспедиции изложена ниже.

В 1844 г. граф Михаил Семёнович Воронцов, назначенный наместником и главнокомандующим войсками на Кавказе, поручил Ходзько составить проект триангуляции Кавказского края. Составленный им проект триангуляции был утвержден российским императором Николаем I.

Главной целью проекта было создание основы для топографических съемок и работ по размежеванию края. Он предполагал покрыть сетью треугольников весь Закавказский край, привязав к ним главные вершины Кавказского хребта. Проект состоял из 116 треугольников I-го класса с предположением построить 115 геодезических пунктов. Согласно проекту в течение шести лет, начиная с 1847 года весь Кавказский край должен был быть покрыт триангуляцией. Для выполнения этих работ в подчинение к нему были даны помощник, 8 обер-офицеров, 12 топографов, 80 служащих и 100 человек конвойной казачьей команды.

Наконец, 6 августа Ходзько в сопровождении двух солдат первым поднялся на вершину. С 7 по 12 августа неотлучно оставаясь на вершине, в очень тяжелых для работы условиях Иосиф Ходзько смог измерить 134 зенитных расстояния на все главные пункты триангуляции.

В 1853 году работы по развитию Закавказской триангуляции были успешно завершены. За выполнение этого ответственного задания, Ходзько был произведен 6 декабря 1852 года в генерал-майоры, и назначен начальником геодезического отряда.

**Иосиф Иванович Ходзько – герой турецкой войны,
автор кавказской триангуляции**

Мкртычан В.В.

Белорусский национальный технический университет

Иосиф Иванович Ходзько родился 6 (19) декабря 1800 г. в местечке Кривичи Раковской волости Вилейского повета Минской губернии. После основательного домашнего воспитания в возрасте 16 лет Иосиф Ходзько поступил на физико-математический факультет Виленского университета, где в 1821 г. с успехом окончил курс наук, занимаясь по преимуществу астрономией и геодезией. В 1821 году Ходзько был зачислен колонновожатым в свиту Его Величества по квартирмейстерской части.

Большие познания его в области астрономии и геодезии были замечены. В конце 1839 года Ходзько получил уведомление о своем назначении на Кавказ. В апреле 1840 г. Ходзько прибыл на новое место службы — в город Тифлис.

В 1844 г. граф Воронцов, главнокомандующий войсками на Кавказе, поручил Ходзько составить проект триангуляции Кавказского края. Составленный проект триангуляции был утвержден российским императором Николаем I. Проект состоял из 116 треугольников 1-го класса с предположением построить 115 геодезических пунктов. Ходзько был назначен начальником триангуляции и произведен в полковники.

Согласно проекту в течение шести лет, начиная с 1847 года, весь Кавказский край должен был быть покрыт триангуляцией. Для выполнения этих работ в подчинение к нему были даны помощник, 8 обер-офицеров, 12 топографов, 80 служащих и 100 человек конвойной казачьей команды. 6 августа Ходзько в сопровождении двух солдат первым поднялся на вершину г. Арарат. С 7 по 12 августа неотлучно оставаясь на вершине, в очень тяжелых для работы условиях Иосиф Ходзько смог измерить 134 зенитных расстояния на все главные пункты триангуляции.

В 1853 году работы по развитию Закавказской триангуляции были успешно завершены, были определены точное положение и высота 1386 пунктов, из которых почти половина была измерена лично Ходзько.

За выполнение этого ответственного задания, Ходзько был произведен 6 дек. 1852 года в генерал-майоры, и назначен начальником геодезического отряда.

При взятии крепости Карс Ходзько проявил храбрость и мужество при рекогносцировке крепостных укреплений и съемке прилегающей местности. За боевые отличия, отвагу и самоотверженность и за свои заслуги был награжден орденом Св. Станислава 1-й ст.

**Лазерное сканирование.
Новый метод создания трехмерных моделей местности
и инженерных объектов**

Кашура В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Несмотря на принципиальную новизну сканирования, как метода создания трехмерных цифровых моделей, его можно рассматривать как логическое продолжение развития безотражательных технологий и их использования в геодезических инструментах – электронных тахеометрах, лазерных рулетках, дальномерах.

Типовая система способна проводить работы по получению трехмерной цифровой модели с точностью от долей миллиметров до 5 см на расстоянии от нескольких десятков до 2500 м за время от нескольких секунд до десятков минут. Лазер имеет поле зрения от 40 (40°) до 360 (180°), и подходит для съемки и моделирования местности и инженерных объектов.

Система не требует применения отражателей, так как используется безотражательный принцип работы. Трехмерная конфигурация снимаемой поверхности регистрируется с одновременным выводом на дисплей в виде массива точек, имеющих три координаты и, как правило, показатели интенсивности отражения и/или «истинного цвета».

Точечный массив может быть преобразован в векторную трехмерную модель, и двухмерные рисунки с помощью различных программ, которые могут использоваться вместе со сканирующими и моделирующими системами.

Преимущества метода перед наземными видами съемки: мгновенная трехмерная визуализация, высокая точность, несравнимо более полные результаты, быстрый сбор данных, обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных объектов.

Материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки, а на участках большой площади или протяженности – ниже. Даже при сопоставимых расходах на съемку, полнота и точность результатов лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Сравнение временных затрат просто бессмысленно – счет идет на порядки.

Цифровой дежурный план г. Минска

Кашура В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Министерство строительства и архитектуры планирует ввести в действие разработанные РУП «Геосервис» топографические условные знаки единые на территорию Республики Беларусь ТКП 45-2011(02250) (инженерные изыскания для строительства, условные обозначения для инженерно-топографических планов масштаба 1:2000 – 1:200). В связи с этим использование планшетов масштаба 1:500 на твёрдой основе в г. Минске будет невозможно.

Полная замена планшетов на цифровую модель местности (ЦММ) масштаба 1:500 дежурного плана Минска даст экономический эффект, так как из сметной стоимости на геодезические работы будет исключён камеральный вид работ по созданию ЦММ с применением коэффициента 1,75 «Сборник базовых цен (СЦБ 19-2008) пункт 2.16 (е)».

Создание единой пространственной ЦММ на всю территорию города и использование её как платформы для ведения дежурного плана масштаба 1:500 Минска позволит значительно улучшить качество камеральных работ для геодезистов при создании ЦММ обновляемых участков. Проектные организации и творческие мастерские сократят сроки создания проектов, используя ЦММ как основной обновлённый топографической материал.

С введением ТКП 45-2011 (02250) «Инженерные изыскания для строительства, условные обозначения для инженерно-топографических планов масштаба 1:2000 – 1:200» возникнет неоднозначная ситуация по ведению государственного градостроительного кадастра (ГГК) Минска. Возникает определённая дилемма: локально заменять обновлённые участки на существующем ГГК Минска, что может привести к неоднозначности при «чтении» топографического плана масштаба 1:500, так как будут одновременно находиться старые и новые условные обозначения инженерных сетей.

КУП «Минский городской центр инжиниринговых услуг» совместно с РУП «БелНИЦзем» ведёт разработку СУБД и ГИС, чтобы иметь возможность перевода фонда формирования и ведения материалов инженерных изыскания на современный уровень учёта и контроля. Разрабатывается схема организации исходных данных для создания единого информационного пространства инженерного назначения дежурного плана масштаба 1:500 г. Минска.

**Выделение зон возможных возникновений аварий
на магистральных трубопроводах
с использованием ГИС-технологий**

Бодрая А.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в нормативных документах, регламентирующих процессы проектирования, указана необходимость расчета магистрального трубопровода при пересечении им зон активных тектонических разломов на основании данных, которые должны определяться при изысканиях. Также при проектировании магистральных трубопроводов должна выполняться оценка влияния ЛЭП. Однако в нормативных документах пока не нет прямых указаний и методических рекомендаций по определению напряжений в наиболее нагруженном сечении трубопровода с учетом изменения во времени геодинамических факторов.

Проблема эксплуатационной надежности таких объектов может быть решена только при создании целостной картины влияния тектонических и техногенных факторов на объект с применением ГИС-технологий. Поэтому разработан ГИС-проект «Зоны возможных возникновений аварий (ВВА) на линейных сооружениях на территории Республики Беларусь», включающий в себя выделенные впервые зоны ВВА, отражающие степень взаимообусловленного влияния на устойчивость магистральных трубопроводов таких факторов как близость ЛЭП, степень минерализации подземных вод и активность тектонических разломов.

Предлагаемый подход к идентификации зон ВВА на территории Беларуси включает 2 этапа. 1-й этап: выделение зон ВВА, подверженных взаимообусловленному влиянию близости к ЛЭП и типу минерализации грунтовых вод. В результате составлена карта, отражающая влияние этих факторов на устойчивость магистральных трубопроводов. Данная карта может эффективно использоваться при проектировании различных подземных инженерных сооружений для оценки рисков коррозии металлов. 2 этап: выделение зон ВВА на основе сеймотектонического районирования Беларуси ВОЗ и взаимообусловленного влияния ЛЭП и минерализации воды. С использованием ГИС-проекта составлены интерактивная карта классификации зон ВВА по степени влияния геодинамических факторов и карта расположения зон ВВА на магистральных газопроводах. Анализ карты показывает, что наблюдается ряд зон ВВА, где характер влияния значителен. В первую очередь, это районы Старобинского месторождения и Припятский прогиб, которые являются сейсмоактивными.

Современные методы создания обмерных чертежей памятников архитектуры

Рак И.Е.

Белорусский национальный технический университет

Геометризация памятников архитектуры выполняется весьма разнообразными способами: от альбома фотографий до лазерных сканирующих устройств, позволяющих получить значительный объем точек с трехмерными координатами. Однако наиболее эффективным – как по документальности, возможному объему получения информации, так и по точности получаемой информации – является стереофото съемка.

Работы по обмеру фасадов зданий стереофотограмметрическим методом могут быть разбиты на следующие этапы: полевые работы, обработка полевых материалов и построение чертежей. На первом этапе выполняется фотограмметрическая съемка объекта калиброванной цифровой камерой и координирование опорных точек. Координирование может быть выполнено как электронным тахеометром, так и оптическим теодолитом.

Обработку полученных снимков можно выполнять по различным технологиям с помощью различных программных продуктов, предназначенных для этих целей, но стоит обратить внимание на программные модули и технологии научно-технического предприятия «Фотограмметрия» г. Санкт-Петербурга.

На втором этапе для выполнения координатной привязки снимков предприятие «Фотограмметрия» предлагает к использовать собственную разработку – программу Coordinate Transformer. Эта программа позволяет объединять результаты измерений, выполненных с различных станций, ориентировать систему координат необходимым образом (обычно ось абсцисс должна идти параллельно фасаду). Далее выполняется исправление снимков за дисторсию, после чего, используя опорные точки, в программе PhotoTransformator, производится их строгое аналитическое трансформирование на плоскость фасада.

Для реализации третьего этапа – построения чертежей, – используется интегрируемый в систему AutoCAD модуль StereoTracer, который позволяет выполнить стереофотограмметрические измерения и составить чертеж.

Литература:

Войнаровский А.Е. Технология обмеров фасадов стереофотограмметрическим методом в системе AutoCAD // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 7 (17).

Юстировка соосности объектива зрительной трубы и оси перемещения фокусирующей линзы

Киричок О.И., Пожелаева К.А.

Белорусский национальный технический университет

Юстировка горизонтальности визирной оси нивелира двойным нивелированием с последующим устранением выявленного отклонения от горизонтального положения не учитывает кривизны визирной линии зрительной трубы прибора. Кривизна визирной линии в общем случае имеет параболическую форму, вследствие чего на коротких расстояниях в относительной мере является наиболее значимым.

Юстировка горизонтальности визирной оси нивелира в его рабочем положении даже с учетом кривизны визирной линии не позволяет исключить влияние кривизны на точность измерений, т.к. не изменяет величины самой кривизны.

Сама кривизна визирной линии 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 и в силу отсутствия методики определения величин смещения центра объектива с оси перемещения сетки нитей.

Авторским коллективом разработана методика определения величины смещения центра объектива с оси перемещения фокусирующей линзы, являющаяся одной из основ более точного способа юстировки положения визирной оси нивелира. Для реализации методики разработаны простые средства, позволяющие определять отклонения в полевых условиях.

Методика определения величины смещения центра объектива с оси перемещения фокусирующей линзы разработана на основе анализа формы крепления насыпного объектива в тубусе зрительной трубы. Обойма объектива, точнее, его резьбовая часть, и центр совокупности составляющих объектив линз в общем случае несоосны. Поворотом объектива в тубусе трубы возможно выведение его центра в плоскость, проходящую через ось перемещения фокусирующей линзы и перпендикулярную ей горизонтальную линию. Такая совокупность действий позволяет выполнять их в полевых условиях.

Исследование и разработка способов определений отклонений от плоскостности в строительстве

Позняк А.С., Смугляков В.А., Литвинова А.А.
Белорусский национальный технический университет

В соответствии с международными нормативно-техническими документами (ISO 1803, ISO 7976 и др.) отклонение от плоскостности определяется как расстояние между точками поверхности реальной формы и прилегающей плоскостью. Базовую плоскость определяют различными способами, например: как среднюю плоскость относительно четырех угловых точек; как плоскость, определенную методом наименьших квадратов; относительно базовых прямых (прямолинейность); относительно корпуса рассматриваемого объекта (принцип Дирихле); как плоскость, проходящую через три угловые точки.

В строительстве часто в качестве базовой плоскости принимают плоскость, проходящую через три точки, расположенные в углах строительной конструкции прямоугольной формы. Количество контрольных точек принимают равным пяти (четыре в углах и одна в центре), девяти или 16. Тогда уравнение плоскости, проходящей через три выбранные точки, не лежащие на одной прямой

$$\begin{vmatrix} x - x_1 & \dots & y - y_1 & \dots & z - z_1 \\ x - x_2 & \dots & y - y_2 & \dots & z - z_2 \\ x - x_3 & \dots & y - y_3 & \dots & z - z_3 \end{vmatrix} = 0.$$

Решая данное уравнение с использованием координат трех точек, полученных геодезическими методами, получаем уравнение плоскости

$$Ax + By + Cz + D = 0.$$

Отклонения остальных контрольных точек от плоскости, заданной полученным уравнением, вычисляются по формуле:

$$d = \frac{|Ax_i + By_i + Cz_i + D|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}},$$

где x_i, y_i, z_i – координаты любой контрольной точки.

Автоматизация расчетов по приведенным формулам выполнена в электронной таблице. К некоторым недостаткам предлагаемого способа следует отнести возможные разные знаки отклонений точек от плоскостности. В этом случае для выравнивания фактической поверхности и создания проектной плоскости необходимо правильно выбирать три опорные точки плоскости или учитывать знаки отклонений.

Определение кренов вентиляционных и дымовых труб

Позняк А.С., Войшнарвич К.В.

Белорусский национальный технический университет

Кафедрой «Инженерная геодезия» БНТУ выполнялись наблюдения деформаций дымовых и вентиляционных труб на различных химических предприятиях. Как правило, для определения величин и направлений кренов (изгибов) использовался способ периодических измерений горизонтальных и вертикальных углов с двух пунктов. Недостатком этого способа является то, что направления кренов на разных высотных горизонтах приходилось определять графически из построений частных и полных кренов в соответствии с принятыми масштабами. Для аналитического определения направлений кренов предложено использовать проекции частных кренов на оси прямоугольных геодезических координат, что позволило разработать и отладить компьютерную программу вычислений величин и направлений изгибов труб. Исходными данными для расчета являются: количество труб и наблюдаемых высотных горизонтов, дирекционные углы (a_1 и a_2) и горизонтальные расстояния (d_1 и d_2) с каждого пункта (p_1 и p_2) до нижних центров труб, углы наклона на каждый горизонт и частные крены в угловой мере (сек), полученные геодезическими методами. Результаты вычислений представляются в виде таблицы и графиков, в которых для каждого высотного горизонта указываются направление (a) и величина полного (результатирующего) крена (K).

Фрагмент таблицы величин и направлений изгибов труб (распечатка):

№ гори- зонта	Угол наклона		Частный крен		Высота Н, м	Полный крен		
	p_1 , гр.	p_2 , гр.	p_1 , сек	p_2 , сек		K , мм	a , гр.	
Т р у б а 1, $a_1 = 145^\circ$, $d_1 = 166$ м, $a_2 = 227^\circ$, $d_2 = 200$ м								
1	14	14	0	0	47	0	0	
2	22	18	55	0	68	45	227	
3	27	23	135	9	86	105	230	
4	33	28	213	46	109	150	237	
Т р у б а 2, $a_1 = 129^\circ$, $d_1 = 84$ м, $a_2 = 178^\circ$, $d_2 = 57$ м								
1	4	5	0	0	7	0	0	
2	24	33	39	153	40	45	288	
3	38	40	-31	132	50	60	321	

Данные подобных таблиц и графики характеризуют пространственное положение вентиляционных и дымовых труб, подверженных влиянию

химически агрессивной среды и других факторов, и могут быть использованы в работе строителями и работниками технического надзора за инженерными сооружениями.

УДК 528.08

Тригонометрическое нивелирование короткими лучами – анализ погрешностей.

Киричок О.И., Пожелаева К.А.

Белорусский национальный технический университет

Тригонометрическое нивелирование короткими лучами заключается в определении превышения по измеренному углу наклона и расстоянию между точками, при этом расстояние между прибором и рейкой должно быть небольшое (не более 25 м).

По формуле для нахождения погрешности определения превышения тригонометрическим нивелированием

$$m_h^2 = (m_d \operatorname{tg} v)^2 + \left(\frac{d}{\rho \cos^2 v} m_v \right)^2 + m_i^2 + m_u^2,$$

где m_h – погрешность определения превышения; m_d – погрешность определения горизонтального проложения; m_v – погрешность определения угла наклона; m_i – погрешность определения высоты прибора; m_u – погрешность высоты визирной цели, вычислены погрешности определения превышения тригонометрическим нивелированием и сведены в таблицу.

d, м	5	10	100	5	10	100	5	5	5
v'	10	20	70	10	10	10	10	20	10
m_d , мм	50	100	1000	50	100	1000	50	50	10
m_v''	10	10	10	10	10	10	10	10	10
m_h^2 , мм	0,10	0,40	23,52	0,06	0,24	23,50	0,06	0,06	0,06
m_h , мм	0,32	0,63	21,38	0,24	0,48	6,85	0,32	0,40	0,25

По данным таблицы видно, что при малых расстояниях от прибора до рейки средняя квадратическая погрешность определения превышения меньше миллиметра при малых углах наклона, причем погрешности измерения расстояний – 1/100. Это значит, что высокоточные измерения расстояний возможны с применением тригонометрического нивелирования, однако методика таких измерений требует разработки.

Герард Меркатор и его роль в развитии картографии. Современный взгляд

Атоян Л.В.

Белорусский национальный технический университет

В истории каждой науки есть ученые, достижения которых не теряют своей актуальности с течением времени. Выдающимся человеком своего времени является знаменитый фламандский географ, математик и основоположник научной картографии Герард Меркатор, жизнь и деятельность которого относится к XVI в. Он собрал все накопленные к тому времени в Европе географические знания и создал наиболее точные карты. Он проявил себя как изготовитель научных приборов, гравер и каллиграф. Столь же глубоки его интересы в математике, астрономии, космографии, истории, философии и теологии, а также в изучении земного магнетизма.

Но наиболее известен Меркатор как автор одной из основных картографических проекций, носящих его имя: равноугольной цилиндрической проекции. Впервые он применил эту проекцию при составлении навигационной карты мира на 18 листах в 1569 г. Проекция Меркатора отличается тем, что на картах не искажаются углы и формы, но сильно искажаются площади объектов. Все локсодромии в ней изображаются прямыми линиями. Масштаб на карте в этой проекции не является постоянным, он увеличивается от экватора к полюсам. Проекция Меркатора оказалась весьма удобной для нужд мореходства, особенно в старые времена. В настоящее время она применяется для составления морских навигационных и аэронавигационных карт. В измененном виде она используется и для топографических карт суши в США, Канаде, Франции, Германии и других странах. Она же является основой Google maps и большинства навигаторов, устанавливаемых в автомобилях.

Меркатор выполнял гравировальные работы, изготавливал глобусы Земли и Луны, астролэбии и другие астрономические приборы, преподавал географию и астрономию. Одновременно с этим он разработал математические основы картографии. Меркатор изготовил и издал множество карт, принесших ему известность и славу выдающегося картографа, но главным делом его жизни стал "Атлас, или Космографические размышления об устройстве мира и получении изображения", который был издан уже после его смерти. Помимо трудов Меркатора его имя увековечено в названиях обсерватории в Южной Америке, кратера на Луне, морских судов и др. Во многих европейских городах Герарду Меркатору установлены памятники.

Проектирование дорог

Методика определения контрольных отметок продольного профиля автомобильной дороги на пересечении большого водотока

Яцевич И.К., Пастушенко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Подмостовой габарит нормируется по классу реки по условиям судоходства на участке пересечения реки автомобильной дорогой. Реки Республики Беларусь могут иметь класс IV-VII.

Расчетный судоходный уровень определяют путем обработки данных многолетних наблюдений на ближайшем водомерном посту гидрометеослужбы.

Для этого получают данные о ежедневном изменении уровня воды в паводок в году N. Их наносят на график. Он описывается уравнением параболы.

$$H_i = H_n - at^2, \quad (1)$$

где: H_n – максимальный уровень воды в паводок в год N;

t – время (дни) между датой наблюдения максимального уровня H_n и датами наблюдения предыдущих и последующих более низких уровней;

a – эмпирический коэффициент для данного водомерного моста.

Определяют по статистическим данным среднюю продолжительность навигации T (в сутках) на данном участке реки. Судоходство начинается в году N при уровне H_{ci} . Этот уровень превышен в течение t_{ci} дней:

$$t_{ci} = KT, \quad (2)$$

где: K – коэффициент, зависит от класса реки.

Из формулы (1) при $t = 0,5t_{ci}$ получаем в году N судоходный уровень $H_{сп}$. Аналогичным образом определяем судоходные уровни для всего периода наблюдений.

Полученный ряд судоходных уровней ранжируем по убыванию, определяем вероятность превышения каждого члена ряда. На клетчатку вероятностей наносят полученные судоходные уровни, получают графическую зависимость судоходных уровней от вероятности превышения.

По классу реки назначаем расчетную вероятность превышения по условиям судоходства (2-5%) и определяем расчетный судоходный уровень на водомерном посту. Его переносят на мостовой переход по уклону водной поверхности реки.

Проектирование плана трассы левоворотных соединительных ответвлений транспортной развязки типа «Труба»

Яцевич И.К., Жук Д.В.

Белорусский национальный технический университет

На переходной кривой происходит уширение проезжей части до b_n , $b_n = 10,0$ м, уменьшение ширины обочины до $1,75$ м. переход от двухскатного поперечного профиля к односкатному с уклоном i_b на круговой кривой:

$$R = R_1 + 0,25 b_n,$$

длина переходной кривой:

$$L = L_1 R/R_1 \quad (1)$$

Пикетное положение конца трассы второстепенной дороги (точка N)

$$Pk_2(N) = Pk_2(0) + C_2 + PA + L_1 + R(90 + 0,5\alpha - 2\beta) \pi/180, \quad (2)$$

Пикетное ЛПО1 разбивается как продолжение пикетажа второстепенной дороги в точке N.

Пикетное положение конца трассы ЛПО1 (точки A1л1) на главной дороге определяется по формуле (2), а в пикетаже ЛПО1 по формуле (3)

$$Pk_1(A1л1) = Pk_1(0) \pm (C_1 + PA1л1) \quad (3)$$

$$Pk_{ЛПО1}(A1л1) = Pk_2(N) + R_1(90 + 0,5\alpha) \pi/180 + L_1 \quad (4)$$

В формулах (2), (3), (4) приняты обозначения:

$Pk_2(0)$, $Pk_1(0)$ – пикетное положение точки в пересечениях осей второстепенной дороги № 2 и главной № 1;

C_2 , C_1 – расстояния от осей главной и второстепенной дорог до точки P пересечения осей полос движения, сопрягаемых ЛПО1;

PA , $PA1л1$ – расстояние от точки P до начала криволинейной части дороги № 2 и до конца трассы ЛПО1;

α – угол пересечения осей дорог № 1 и № 2;

L , L_1 – длины переходных кривых трассы дороги № 2 и ЛПО1;

R , R_1 – радиусы трассы дороги № 2 и ЛПО1.

В формуле (4) принято условие, что пикетаж трассы ЛПО1 является продолжением пикета второстепенной дороги. Такое условие позволяет проектировать продольный профиль ЛПО1 как продолжение продольного профиля второстепенной дороги. Начало трассы ЛПО2 на главной дороге определяется по методике проектирования ППО транспортной развязки «клеверный лист», принимая расстояние между осями ЛПО1 и ЛПО2 равным $M_{лп} = 0,5b_n + P = 5,0 + P$, где P – сдвигка круговой кривой при введении переходной кривой $L_2 = L$.

Современные технологии устройства цементобетонных покрытий

Агатенко Я.Ю., Гайдукевич А.Г.

Белорусский национальный технический университет

В Беларуси протяженность цементобетонных дорог составляет более 1200 км. Стоимость строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием дорожке по сравнению с асфальтобетонными. Однако срок жизни асфальтобетонных дорог составляет 15-18 лет, а цементобетонных – 25-30 лет. При строительстве МКАД-2 используется как зарубежная, так и отечественная техника. Одной из зарубежных фирм, выпускающих технику для цементобетонных покрытий, является Wirtgen. Wirtgen производит холодные фрезы, стабилизаторы грунта, холодные и горячие ресайклеры, бетоноукладчики. Бетоноукладчики со скользящей опалубкой – это машины, предназначенные для непрерывной укладки цементобетонных покрытий при строительстве автомобильных дорог, а также взлетно-посадочных полос аэродромов. Модели бетоноукладчиков со скользящими формами достаточно просты в использовании и имеют высокие показатели окупаемости. Бетоноукладчик SP 850 со скользящими формами для укладки асфальтобетонных слоев шириной до 10 м, в базовом исполнении оборудованный поперечной и продольной выглаживающими плитами. SP 850 Vario – машина с плавно регулируемой шириной укладки от 3 до 6 м; с помощью дополнительной секции можно увеличить рабочую ширину до 8,5 м. Бетоноукладчик SP 1500 со скользящими формами особенно пригоден для укладки цементобетонных покрытий при строительстве аэродромов и автомобильных дорог. SP 1500 L – лёгкий строительный поезд для укладки двухслойных цементобетонных покрытий. SP 1600 – большой бетоноукладчик со скользящей формой для укладки полос шириной до 16 м. Он может укладывать два слоя за один проход, при этом бетон для верхнего и нижнего слоев легко загружается спереди.

SP 150 – самый малый бетоноукладчик со скользящей формой для укладки монолитных профилей сбоку. Форма может монтироваться справа или слева. Малый бетоноукладчик SP 250 используется для устройства монолитных профилей с помощью боковых скользящих форм, которые могут навешиваться справа или слева.

Работа выполнена под руководством доцента Мытько Л.Р.

Анализ аварийности на пересечениях в одном уровне

Кудин Е.А., Игнатенко Д.В.

Белорусский национальный технический университет

На пересечениях в одном уровне наблюдается снижение скоростей движения, происходит перераспределение потоков по направлениям, меняется режим движения транспортных потоков, проезжающих через пересечение. Возрастает поток информации, поступающей к водителю: дорожные знаки, указатели направлений, действия водителя впереди идущего транспортного средства, маневры автомобилей пересекающих потоков и т.д.

По этим причинам на пересечениях в одном уровне в разной степени усложняются условия движения потоков автомобилей, что приводит к увеличению вероятности возникновения аварийных ситуаций, к росту числа дорожно-транспортных происшествий.

Возникновению происшествия способствуют, как правило, не одна, а несколько причин, действующих совместно. Такими причинами могут быть: плохая видимость на пересечении, затрудняющая правильно оценить ситуацию на кольцевой проезжей части, неправильная планировка пересечений и направляющих островков, отсутствие у водителей полной информации о направлениях, движения на пересечении, недостаточная освещенность пересечения, отсутствие разметки на проезжей части и т.д.

На кольцевых пересечениях благодаря организации кругового движения полностью или частично исключается пересечение, потоков автомобилей, нет встречного движения, относительные скорости движения автомобилей невелики. Маневры слияния и разделения оказываются наименее опасными из всех маневров, встречающихся на пересечениях в одном уровне. Поэтому кольцевые пересечения безопасны по сравнению с другими типами пересечений в одном уровне.

Количество и тип конфликтных точек (точки разветвления, слияния и пересечения потоков автомобилей) зависят от планировки кольцевого пересечения.

Для улучшения условий движения следует совершенствовать планировку въездов, увеличить число полос на въезде на кольцевое пересечение. Для упорядочения движения важным элементом организации движения, особенно на, кольцевых пересечениях с малыми островками, является разметка на въездах и на кольцевой проезжей части.

Применение беспилотных летательных аппаратов при проектировании и содержании автомобильных дорог

Божко Н.А., Баховчук А.М., Мытько Л.Р.
Белорусский национальный технический университет

Беспилотный летательный аппарат (БЛА) – лишь часть сложного многофункционального комплекса. Основная задача, возлагаемая на беспилотные летательные аппараты – проведение разведки труднодоступных районов, в которых получение информации обычными средствами, включая авиаразведку, затруднено или же подвергает опасности здоровье и даже жизнь людей. Помимо военного использования применение комплексов БЛА открывает возможность оперативного и недорогого способа обследования труднодоступных участков местности, периодического наблюдения заданных районов, цифрового фотографирования для использования в геодезических работах и в случаях чрезвычайных ситуаций. Полученная бортовыми средствами мониторинга информация должна в режиме реального времени передаваться на пункт управления для обработки и принятия адекватных решений. Состав бортового оборудования мини-БЛА позволяет обеспечить решение широкого круга задач по мониторингу местности и труднодоступных для человека районов в интересах народного хозяйства. Применение в состав бортового оборудования телевизионных камер позволяет в условиях хорошей метеовидимости и освещенности обеспечить высокое разрешение и детальный мониторинг подстилающей поверхности в режиме реального времени. Применение цифрового фотоаппарата позволяет использовать БЛА для проведения аэрофотосъемки в заданном районе с последующей детальной дешифровкой. Применение БЛА в гражданском секторе в настоящее время находится в ожидании решения некоторых технических и организационных проблем, без чего невозможно стабильное использование БЛА. Основные проблемы связаны с использованием воздушного пространства, выделением частотного диапазона для управления БЛА и передачи информации с борта на землю и наоборот и, наконец, с развитием рынка гражданских услуг, который находится в стадии становления. Преимуществами использования БЛА перед обычной аэрофотосъемкой являются: высокая рентабельность; возможность проведения аэрофотосъемки с небольших высот (100-150 м); получение снимков высокого разрешения (2-5 см/пиксель); оперативность выполнения съемки.

Повышение безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах

Волчек А.С., Тимошенко М.С.

Белорусский национальный технический университет

Ежегодно на автомобильных дорогах общего пользования Республики Беларусь происходит более 5000 аварий, в которых погибает около 1000 человек, более 4000 человек получают ранения.

Обеспечение безопасности дорожного движения зависит от многих факторов:

- уровня организации дорожного движения;
- состояния улично-дорожной сети;
- конструкции и технического состояния транспортных средств;
- подготовленности и психофизиологического состояния участников дорожного движения;
- своевременного обнаружения транспортного средства.

Повышение информативности транспортного средства является одним из условий его своевременного обнаружения, а самый простой способ привлечения внимания других участников дорожного движения – включение ближнего света фар в любых условиях освещенности. Экспериментально проверено, что при идеальных условиях освещенности легковой автомобиль на прямом горизонтальном участке шоссе становится заметным для наблюдателя на расстоянии 1–1,5 км. Включенный на транспортном средстве ближний свет фар увеличивает дистанцию его уверенного обнаружения примерно на 1000 м. Для водителей, движущихся навстречу друг другу со скоростью 90 км/ч, обеспечивается запас в 20 секунд для оценки ситуации и принятия решения.

Использование ближнего света фар в светлое время суток позволяет значительно снизить дорожно-транспортный травматизм по причине наездов на пешеходов, при лобовых и боковых столкновениях транспортных средств.

Еще одним из способов повышения безопасности дорожного движения является визуализация дорожных знаков. Существуют устройства и разработаны программы для визуализации знаков в салоне транспортного средства. Установленные вдоль дороги дорожные знаки, а также сигналы светофоров обнаруживаются во время движения транспортного средства с помощью видеокамер. Далее распознаются обнаруженные дорожные знаки и сигналы светофоров системой автоматического распознавания, отображаются для водителя опознанные дорожные знаки и сигналы светофоров.

Анализ транспортного потока в городской зоне

Тимошенко М.С., Драгун А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Транспортный поток — это совокупность транспортных средств, одновременно участвующих в движении на определенном участке улично-дорожной сети.

При учете транспортных средств определяется интенсивность движения (число транспортных средств, проходящих через поперечное сечение дороги в единицу времени) и состав транспортного потока. Состав транспортного потока определяется по относительному количеству отдельных групп подвижного, находящихся в общем потоке транспортных средств.

Анализ интенсивности и состава движения позволяет устанавливать соответствие дорог данной технической категории, определять грузонапряженность автомобильных дорог, дает возможность контролировать износ дорожной одежды в межремонтные сроки, а также определять уровень безопасности дорожного движения и разрабатывать меры для его повышения.

Анализ транспортного потока (АТП) может основываться на:

- статистических данных,
- моделировании дорожно-транспортных ситуаций при помощи специального компьютерного обеспечения;
- комплексном подходе.

Был проведен эксперимент на одном из оживленных перекрестков г. Минска: ул. Лобанка – пр-т Притыцкого – ул. Кунцевщина. Целью эксперимента было получение статистических данных по количеству автомобилей, соблюдающих правила дорожного движения и включающих фары ближнего света при неблагоприятных погодных условиях в светлое время суток. Поскольку включение фар ближнего света является наиболее простым способом повышения безопасности движения, анализ городского потока был проведен именно по такому критерию.

Наблюдение длилось около 20 минут, за которые удалось насчитать 368 автомобилей. Общественный транспорт в расчет не принимался. 283 машины были обозначены, они использовали противотуманные фары, ближний свет или дневные ходовые огни. С включенными габаритными огнями – 51 машина. 34 машины – никак не обозначены.

За время наблюдения не было замечено ни одной аварии на этом перекрестке, однако статистика дорожно-транспортных происшествий за этот день говорит об увеличении числа аварий по городу в среднем на 7%.

**Оценка уровня безопасности автомобильных дорог.
Развитие механизмов независимой экспертизы**

Адашкевич В.И., Шейко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Концепция «аудит безопасности» впервые появилась в 80-е годы в Великобритании на основе развития методов расследования причин ДТП и практики их устранения.

Впоследствии практика успешно зарекомендовала себя в Новой Зеландии, Австралии, Канаде, Дании, Нидерландах, Швеции, Норвегии. Сегодня это страны с самыми высокими уровнями безопасности дорожных сетей.

Независимая оценка уровня дорожной безопасности подразумевает оценку уровня дорожной безопасности существующей или строящейся автомобильной дороги и дорожных сооружений, организации дорожного движения независимыми квалифицированными экспертами.

Результат аудита дорожной безопасности как системы контроля качества на всех стадиях технологического цикла развития дорожных проектов – повышение безопасности эксплуатации дорожной сети для всех категорий дорожных пользователей путем снижения вероятности совершения ими ошибок в процессе дорожного движения. При этом аудит уровня дорожной безопасности направлен на предупреждение ДТП еще до того, как они произошли, в отличие от традиционных методов повышения безопасности сети дорог, основанных на выявлении участков концентрации ДТП.

Оценка уровня дорожной безопасности выполняется на различных стадиях жизненного цикла дороги (от проектирования до эксплуатации).

Рекомендации, подготовленные в результате независимой оценки уровня дорожной безопасности, предоставляются на рассмотрение заказчику и исполнителям работ на соответствующем технологическом этапе: планировщику, проектировщику, подрядчику, эксплуатирующей организации.

С целью определения эффективности данных рекомендаций необходимо организовать оценку уровня дорожной безопасности (аудит) на тестовых участках дорожной сети, характеризующихся опасными условиями движения, в частности, в местах концентрации ДТП, в течение нескольких лет. Результаты такого тестирования покажут эффективность данного подхода и вышеуказанной методики и целесообразность ее повсеместного применения.

Финансирование дорожной отрасли Республики Беларусь как инвестиции в будущее

Зиганшина А.Т., Пилецкая С.С., Бородич А.А.
Белорусский национальный технический университет

Финансирование дорожной отрасли – одно из стратегических направлений развития экономики любого государства. Наличие качественных и безопасных транспортных сооружений делает страну более привлекательной для бизнеса, социально-культурных связей.

Общая протяженность автомобильных дорог в Республике Беларусь на сегодняшний день составляет 70 860 км местных дорог, и 15 636 км – республиканских.

В настоящее время финансирование дорожного хозяйства Беларуси производится по Программе "Дороги Беларуси". Общий объем финансирования Программы составляет 23 343 млрд. рублей, из них республиканских автомобильных дорог – 14 646 млрд. рублей, местных автомобильных дорог – 8 697 млрд. рублей.

Опыт финансирования дорожного хозяйства в США, Германии, Японии свидетельствует об использовании целевых финансовых ресурсов, сформированных в дорожных фондах за счет ряда дорожных налогов и сборов, объем которых во много раз больше, чем в России и Беларуси. В условиях ограниченного бюджетного финансирования дорожного хозяйства необходимо эффективно использовать существующую финансовую базу и сочетать бюджетные и внебюджетные источники, что позволит в дальнейшем создать механизм эффективного смешанного финансирования дорожной отрасли и увеличить темпы развития дорожной сети.

Программа оказала благоприятное воздействие на экономику республики. Более половины денежных средств, направляемых на строительство, реконструкцию, содержание и ремонт автомобильных дорог, израсходовано на оплату продукции и услуг иных отраслей (дорожно-строительной индустрии, дорожного машиностроения, нефтеперерабатывающей промышленности), что создало предпосылки для их развития. Экономическая эффективность Программы обосновывает целесообразность ее одобрения и оказание ей государственной поддержки.

**Экономическая эффективность использования арендной техники
в дорожно-строительных организациях**

Белозорова Ю.А., Игнатенко Д.В., Бородич А.А.
Белорусский национальный технический университет

В условиях стремительного развития строительного рынка Республики Беларусь у компаний, выполняющих строительные-монтажные работы, зачастую возникают вопросы, связанные с обеспечением производства необходимыми машинами и механизмами. При отсутствии на балансе предприятия того или иного вида оборудования рассматривается возможность его приобретения за счет собственных средств, в кредит, в лизинг или привлечения арендной техники.

В процессе исследования изучены и проанализированы предложения фирм, предоставляющих услуги аренды, лизинга и приобретения дорожно-строительной техники с экономической и эксплуатационной точки зрения, а также предложения банковских организаций по кредитованию.

В результате выявлены следующие преимущества и недостатки каждого вида приобретения оборудования:

- лизинг: отсутствие значительных единовременных затрат на приобретение оборудования, возможность проведения ускоренной амортизации, техника числится на балансе предприятия, увеличивая размеры его активов, однако окончательная стоимость машин и механизмов с учетом лизинговых платежей существенно превышает первоначальную;

- кредит: для приобретения требуются денежные средства в размере всего до 30% от полной стоимости техники, однако необходима подготовка комплекта документов для получения кредита; высокие процентные ставки банков, увеличивающие конечную стоимость оборудования в разы;

- аренда: возможность получить современное высокоэффективное оборудование, отвечающее самым современным разработкам машиностроительной индустрии, однако присутствует зависимость от арендодателя, который может при конфликтной ситуации изъять оборудование из строительного процесса, остановить работы на объекте, а также высокие арендные платежи.

Приобретение техники за счет собственных средств намного выгоднее для предприятия, но если их недостаточно, то выбор метода приобретения оборудования зависит от срока и эффективности его эксплуатации.

Внедрение системы платных автомобильных дорог в Республике Беларусь

Стрельчук А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Платные автомобильные дороги давно стали синонимом комфортной быстрой езды. Практически по всем платным автомобильным дорогам разрешена скорость более 100 км/ч, что существенно снижает расход топлива и вполне может окупить затраты на переезд, что актуально в мировой экономической практике.

Транспортная функция платных дорог – перераспределение потоков в сети дорог на участках с высокой интенсивностью движения, что повышает работоспособность всей системы; поэтому платные дороги имеют огромное социально-экономическое значение для республики.

В результате расчетов с учетом многих экономических и технических факторов определено, что общая сумма потерь народного хозяйства страны, связанных с техническим состоянием всех автомобильных дорог Беларуси, в 2013 году составила более 526 млрд. рублей в текущих ценах. Динамика финансирования дорожной отрасли за последние годы показывает неутешительные результаты: протяженность автомобильных дорог возросла в 1,2 раза, а финансирование сократилось в 1,3 раза. Для решения проблем, связанных с инвестированием в дорожное хозяйство республики, с 1 августа 2013 год введена система оплаты за проезд по некоторым автомагистралям «BellToll».

В Европе и США платные автомобильные дороги появились около 70 лет назад, и в настоящее время функционирует более 100 компаний, в управлении которых находится свыше 23 тыс. километров платных дорог. Ежегодные доходы этих компаний оцениваются в 19,85 млрд. евро.

В Республике Беларусь по состоянию на 1 августа 2014 года протяженность платных участков автомобильных дорог составила 1189 км. В соответствии с программой по развитию и содержанию автомобильных дорог на 2015—2019 годы будет возведено более 1,15 тыс. км дорог, сеть платных дорог планируется увеличить на 70%.

Проанализировав мировой опыт внедрения платных дорог, можно сделать вывод, что эти дороги лучше обустроены, оснащены средствами пассивной безопасности, комфортны, обеспечены объектами социальной инфраструктуры. Внедрение сети платных дорог в Беларуси уже приносит свои результаты в области развития дорожной отрасли. В будущем, имея развитую сеть автомобильных дорог, соответствующих мировым стандартам, Беларусь обеспечит прочные и надежные транспортные связи, привлекая не только перевозчиков, но и туристов.

Методика измерения шума в придорожной полосе

Шкурдюк П.А., Шохалевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Придорожная полоса – участок земли, примыкающий к полосе отвода автомобильной дороги, в границах которого устанавливается особый режим землепользования для обеспечения безопасности дорожного движения и населения.

Выделим методы измерения: обзорный метод, технический метод, прецизионный метод, метод синхронного усреднения, объективный метод.

Оценка уровня шумового воздействия транспорта на окружающую среду производится при наличии в зоне влияния дороги мест, чувствительных к шумовому воздействию, таких как: территорий населенных пунктов, санитарно-курортных зон, территорий сельскохозяйственного назначения, заповедников, заказников и др.

Шумовые характеристики автотранспортных потоков определяются для всех стадий проектирования расчетными методами. Лишь для настоящего периода они могут быть определены также и методом натурных измерений. Исходными данными для расчета шумовых характеристик автотранспортных потоков являются: интенсивность движения автотранспорта в часы пик дневного времени и наиболее шумный час ночного времени, натуральные ед./ч; суммарная доля грузового и общественного транспорта в потоке, %; средняя скорость движения автотранспорта в потоке, км/ч.

Для повышения точности расчета необходимо учитывать ряд дополнительных параметров рассматриваемых магистралей: продольный уклон проезжей части; тип верхнего покрытия проезжей части; ширина разделительной полосы; число полос движения транспорта; длительность светофорного цикла вблизи перекрестков (разрешающая/запрещающая фаза светофора); тип застройки по обе стороны магистрали.

При расчете уровней шума на площадках отдыха, детских учреждений, жилых домов, на территориях больниц и санаториев расчетные точки выбирают на ближайшей к источнику шума границе площадок на высоте 1,5 м над уровнем их территории. Расчетные точки на территориях, прилегающих к жилым и общественным зданиям, выбирают на расстоянии 2 м от фасадов зданий на уровне середины окон первого и последнего этажей зданий. При наличии экранирующих сооружений ряд расчетных точек выбирают в зоне акустической тени за экранами.

Факторы, влияющие на снижение уровня транспортного шума

Волчек А.С., Мишкевич Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Источниками транспортного шума на автомобильной дороге являются двигатели автомобилей и взаимодействие шин с дорожным покрытием, которое зависит от шероховатости покрытия, нагрузки на колесо, скорости движения и характеристик самой шины на контакте с покрытием, рисунка протектора, износа протектора, качества резины и технологических процессов при ее изготовлении.

К настоящему времени установлена взаимосвязь различных факторов и их влияние на общий уровень транспортного шума, а также разработана систематизация всех факторов по четырем группам:

1. транспортные факторы, создающие уровень шума;
2. дорожные факторы, определяющие уровень шума;
3. природно-климатические факторы, влияющие на уровень шума;
4. защитные факторы, снижающие уровень шума.

К защитным от шумового воздействия автотранспорта факторам относятся шумопонижающие технические мероприятия шумозащитного зонирования. В общем случае методы снижения транспортного шума можно классифицировать по следующим трем направлениям:

- уменьшение шума в источнике его возникновения;
- снижение шума на пути его распространения;
- применение средств звукозащиты при восприятии звука.

Значительное снижение уровней транспортного шума может быть достигнуто за счет снижения интенсивности и шумности транспортных потоков. Разделение транспортного потока, например, пополам, в общем случае ведет к снижению уровней транспортного шума на 3 дБА.

Одним из перспективных методов снижения шума наземного транспорта является использование шумопоглощающих дорожных покрытий. Так, бетонное покрытие на 2-3 дБА более шумное, чем асфальтобетонное.

Устройство лесополос шириной 10-25 м позволяет снизить уровень шума, в пределах создаваемой ими звуковой тени, на 5-6 дБА.

Звукоизоляция – это самая дешевая из всех видов шумозащиты, и при этом достигается акустическая эффективность (15-20 дБА), особенно в высокочастотном и среднечастотном диапазоне. Шумозащитные экраны представляют собой препятствие между источником шума и защищаемой зоной. Наиболее часто для шумозащитных экранов применяют железобетон, дерево, прозрачный пластик, металлы и другие звукопоглощающие материалы.

Инновационный подход нормирования элементов трассы автомобильной дороги

Селюков Д.Д., Зезетко В.Ф., Круглов Ю.Д.
Белорусский национальный технический университет

Трасса относится к элементам автомобильной дороги, имеющим наибольший жизненный цикл, поэтому к ней предъявляются требования по обеспечению

безопасности движения при проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции;
охраны окружающей среды;
стадийности строительства;
гармоничного вписывания в ландшафт местности;
оптимальной функциональной напряженности водителя при управлении транспортным средством;
минимальной стоимости автомобильных перевозок при экономически эффективных затратах на строительство;
движение транспортного потока без заторов;
безопасности в условиях неблагоприятных для движения метеорологических факторов и др.

Элементы трассы автомобильной дороги (прямые и кривые в плане и продольном профиле) в действующих технических нормативных правовых актах нормируют, применяя технический подход, который пришел на смену субъективному подходу.

Требования, предъявляемые сложной социально-детерминированной функциональной биомеханической системой «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения» (далее ВТСУДД) к элементам трассы автомобильной дороги и перечисленные выше, нельзя учесть при нормировании элементов трассы автомобильной дороги, применяя технический подход. Это нельзя, поскольку технический подход не учитывает психофизиологические возможности водителя и воздействие водителя на органы управления транспортным средством. Учитывая это, и противоречивость требований различных направлений проектирования, затрудняет принятие проектного решения, удовлетворяющего всем им одновременно.

Для удовлетворения требований к элементам трассы автомобильной дороги системы ВТСУДД доминантой является «водитель», а учет требований нами предлагается применять системно-функционально-деятельностный подход.

Сбор энергии для нужд дорожной отрасли

Селюков, Д.Д., Сыч, Д.С., Шохалевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Существуют способы и устройства для сбора рассеянной и солнечной энергии, которые питают устройства (дорожные знаки, освещение дорожных развязок в одном и разных уровнях, дорожное покрытие на мостах и путепроводах, автобусные остановки и др.), установленные вдоль автомобильной дороги, и служат для нужд дорожной отрасли. К ним относят электрический генератор, ветрогенератор и фотоэлектрические элементы.

Кристаллические материалы способны вырабатывать электрический заряд, пропорциональный приложенному механическому напряжению. Система сбора энергии пьезоэлектрическим генератором использует этот признак кристаллического материала. Она содержит множество пьезоэлектрических устройств, встроенных в дорожное покрытие, для сбора энергии проезжающих их транспортных средств.

Сбор солнечной энергии заключен в размещении вдоль автомобильной дороги на её элементах (барьерные дорожные ограждения, шумозащитные дорожные ограждения, барьеры и др.) фотоэлектрических элементов, преобразующих солнечную энергию в электрическую энергию.

Ветрогенераторы устанавливаются вдоль автомобильной дороги, и они используют ветровые потоки, создаваемые транспортными средствами при движении по автомобильной дороге ветровые потоки.

Для предупреждения в зимний период обледенения дорожного покрытия на мостах и путепроводах их необходимо подогревать. Для обогрева дорожного покрытия нужна не только электроэнергия, но и материал дорожного покрытия, который при прохождении электрического тока нагревался, не теряя при этом прочности. Для решения этой задачи в состав верхнего слоя цементобетонного покрытия необходимо вводить углеродные нанотрубки.

Собранную рассеянную и солнечную энергию можно накапливать, передавать и локально использовать.

В Республике Беларусь не уделяют внимания сбору энергии для нужд дорожной отрасли, а ведь сбор рассеянной энергии от движущихся транспортных средств по автомобильной дороге и солнечной энергии вдоль автомобильной дороги сократил бы затраты на потребление электроэнергии от гидроэлектростанций, тепловых и атомных электростанций.

Определение топографических характеристик малого водотока с использованием GPS

Кононова Е.И., Иванович Ю.Н., Козлов А.В.

Белорусский национальный технический университет

К топографическим характеристикам малого водотока относятся площадь водосбора и площади леса, болот, озер, длина главного лога, общий уклон лога и его уклон у водопропускного сооружения.

Площади водосбора, леса, болот, длину главного лога определяют по топографическим картам крупного масштаба. При отсутствии таких карт, а также при слабо выраженном рельефе местности выполняют полевые работы, прокладывая теодолитный ход по водоразделу, начиная от водораздельной точки на трассе. Полученный план водосбора разбивают на отдельные простые фигуры, вычисляют их площади и суммируют, определяя площадь водосбора.

Площадь водосбора разбивают на отдельные треугольники с общей вершиной. В качестве такой вершины можно принять одну из известных водораздельных точек таким образом, чтобы прямая, соединяющая общую вершину с водораздельной точкой, не пересекала линию водораздела дважды и более раз.

Площадь водосбора вычисляется по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ \frac{1}{2} [x_B \times (y_i - y_{i+1}) + x_i \times (y_{i+1} - y_B) + x_{i+1} \times (y_B - y_i)] \right\}, (1)$$

где x_B, y_B - координаты вершины треугольников;

x_i, y_i - координаты водораздельных точек;

n - число водораздельных точек.

При сложной конфигурации водосбора, целесообразно разделить эту площадь на отдельные части и для каждой из них вычислить по этой схеме площади.

Положение главного лога на площади водосбора определяют, прокладывая ход по логу с помощью GPS.

Длину главного лога вычисляют по формуле:

$$L_0 = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}, (2)$$

где n - число снятых по логу точек;

x_i, y_i - координаты точек.

Уклон лога у сооружения определяется, зная отметки по логу выше трассы на 200 м и ниже на расстояние 100 м.

Проектирование поперечного профиля второстепенной дороги перед пересечением с главной

Кононова Е.И., Бродницкий С.М., Микуленок В.А.
Белорусский национальный технический университет

Поперечный профиль второстепенной дороги при сопряжении с кромкой покрытия главной дороги должен быть односкатным с поперечным уклоном, равным продольному уклону кромки проезжей части главной дороги. Поэтому на второстепенной дороге предусматривается отгон поперечного уклона второстепенной дороги, т.е. переход от двухскатного поперечного профиля проезжей части с уклоном $i_{п}$ к односкатному с уклоном $i_{в} = i_{гл}$.

Проектирование отгона поперечного профиля включает назначение уклона виража, длины отгона и определение относительных и абсолютных отметок кромок проезжей части и оси.

Поскольку предельный уклон главной дороги не должен превышать 40‰, то и максимальный уклон виража $i_{в} = 40‰$.

Длина отгона виража обычно принимается равной длине тангенса криволинейной кромки проезжей части второстепенной дороги. При угле пересечения $\alpha \neq 90^\circ$ положение криволинейной кромки правой и левой полос проезжей части не совпадают. Это имеет место и при $\alpha = 90^\circ$, когда различны величины радиусов круговых кривых. Радиус R назначается по категории дороги, с которой осуществляется правый поворот.

После назначения длины отгона необходимо вычислить продольные уклоны кромок проезжей части на отгоне виража.

Для этого необходимо вначале вычислить пикетное положение и отметки начала и конца криволинейных кромок проезжей части.

Далее вычисляем продольные уклоны i_1 и i_2 сопрягающихся кромок проезжей части пересекающихся дорог, как отношение разницы отметок ΔH к длине криволинейной части.

Длины кривых K_1 и K_2 определяются в зависимости от принятого радиуса поворота и углов поворота.

Полученный продольный уклон i сопоставляется с допустимым уклоном $i_{доп}$ равным 50‰ на подъеме и 60‰ на спуске. Если это требование не выполняется, то начало отгона поперечного профиля смещают за пределы криволинейной части на величину $\Delta l_{отг}$, вычисляемую по формуле:

$$\Delta l_{отг} = (\Delta H - i_{доп} \cdot K) / (i_{доп} - i).$$

Веренько В.А., Артюх С.В.

Белорусский национальный технический университет

При выборе конструкции покрытия и материалов для его устройства важно иметь не только обобщенные некоторые показатели сроков службы и уровней надежности, но и их четкую связь, позволяющую на стадии проекта и лабораторных исследований свойств выбрать оптимальный вариант. Сроки службы материала покрытия и дорожной одежды определяются процессами кинетики накопления повреждаемости от действия транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов. В результате обобщения теоретических и экспериментальных исследований была получена зависимость общего уровня надежности материала покрытия и срока службы. Здесь подразумевается именно проектный (виртуальный) срок службы, который носит вероятностный характер. Поэтому связь двух вероятных параметров (уровня надежности и проектного срока службы) вполне корректна.

Для определения сроков службы необходимо:

1. Определить коэффициенты запаса прочности и частные уровни надежности;

2. По частным уровням надежности найти общий уровень надежности для всей конструкции в целом. По полученным значениям определяется срок до момента начала ремонтных мероприятий.

Срок до момента начала ремонтных мероприятий на дорожном покрытии для расчета технико-экономической эффективности (T_{sl}) определялся по формуле:

$$T_{sl} = T \cdot \left(\frac{P}{P_n} \right)^2, \quad (1)$$

где T – нормативный срок службы, принятый для расчетов 12 лет;

P_n – нормативный уровень надежности, соответствующий сроку службы T , и равный для 12 лет 0,94. По частным уровням надежности находят общие уровни надежности для всей конструкции в целом. По полученным значениям определялся срок до момента начала ремонтных мероприятий.

Усталостная долговечность асфальтобетонных покрытий

Веренько В.А., Матвицевский И.А.

Белорусский национальный технический университет

Усталостная долговечность материалов – один из важнейших критериев, обеспечивающих их надежную и долговечную работу в составе конструкций, особенно подверженных многократным нагрузкам в широком температурно-временном поле, к которым можно отнести и дорожные одежды. При выборе материалов для устройства дорожных покрытий важно иметь методику сравнительной оценки их свойств с точки зрения усталостной долговечности. В теории и практике оперируют понятиями: долговременная прочность, циклическая долговечность, непосредственно усталостная долговечность. Материалы дорожных покрытий сочетают свойства коагуляционных, конденсационных и кристаллизационных структур. В подобных системах расположение различных связей, вяжущего матрицы и вторичной структуры неравномерно по объему материала, прочность и деформативность структурных агрегатов и кластеров также очень неоднородна. С точки зрения механики деформирования и разрушения, структуру подобных материалов можно представить в виде феноменологической модели с комплексным набором упругих, вязких и пластических связей, чередующихся по последовательной и параллельной схемам. В предлагаемой модели каждая связь (упругая, вязкая или пластическая) имеет собственные механические характеристики, в результате материал в целом обладает спектром упруго-вязкопластических свойств. Изменение температуры, величины нагрузки и режима нагружения, может приводить к замене одних связей другими (упругих вязкими). В зависимости от температуры, режима нагружения, состава материала, в процесс деформирования будет вовлекаться различное число упругих и вязкопластических связей. Соответственно материал в различной степени будет проявлять свойства упругого или вязкого тела. В случае если деформируются только упругие связи, наблюдается полная обратимость деформации, разрушение происходит по механизму хрупкого тела, отсутствует влияние времени действия нагрузки. И наоборот, вязкопластические связи ответственны за появление остаточных деформаций, влияние температуры и времени нагружения. Накопление повреждаемости в структуре асфальтобетона может происходить по двум схемам: разрыв упругих связей (пружин); достижение предельной деформации вязкопластических связей.

Использование противогололедных добавок при проектировании асфальтобетонного покрытия

Нарыжнов П.В., Джораев Д.

Белорусский национальный технический университет

Зимняя скользкость – ледяные образования и снежные отложения на поверхности дороги, приводящие к снижению коэффициента сцепления колеса автомобиля с поверхностью дороги и ухудшению ровности, что является причиной происходящих дорожно-транспортных происшествий.

Все мероприятия по борьбе с зимней скользкостью можно разделить на три группы по их целевой направленности:

- снижение отрицательного воздействия образовавшейся зимней скользкости и повышение коэффициента сцепления колеса с дорогой путём россыпи по обледеневшему покрытию минеральных фрикционных материалов (фрикционный, химико-фрикционный и другие);

- удаление с покрытия образовавшегося ледяного или снежного слоя с применением химических, механических, тепловых и других методов (химический, механический и другие);

- предотвращение образования снежно-ледяного слоя или ослабление его сцепления с покрытием путём профилактической обработки покрытия противогололёдными химическими веществами или введения противогололёдных реагентов в состав покрытия.

В работе рассматривается третья группа мероприятий. Мероприятия этой группы направлены на предупреждение образования и профилактики зимней скользкости путем введение в верхний слой хлоридов (физико-химический метод).

Физико-химический метод заключается в придании поверхности покрытия гидрофобных свойств путем введения в состав материала соответствующих химических веществ, изготавливаемых на основе хлористого кальция или натрия (до 5% от массы), водорастворимого шлака (до 7% от массы) и других веществ, уменьшающих адгезию льда.

Работа затрагивает вопросы, связанные с предотвращением образования снежно-ледяного слоя, оценке целесообразности использования этого метода в зависимости от различных факторов (климатические факторы, интенсивность движения, срок службы и так далее). Экспериментальная часть заключается в получении зависимостей между адгезией льда, содержанием вяжущего и противогололедной добавки. Так же важным является вопрос оценки влияния на окружающую среду.

**Учет теплочувствительности органических вяжущих
в технологическом процессе приготовления
и транспортировки асфальтобетонных смесей**

Нарыжнов П.В., Барейша А.В.

Белорусский национальный технический университет

При выборе марки битума для асфальтобетона необходимо учитывать не только дорожно-климатическую зону эксплуатации покрытия, но и обязательно изменение свойств битума в технологическом процессе. При этом в зависимости от его продолжительности, марочную вязкость битума необходимо уменьшать путем применения менее вязких марок битумов заводского приготовления или, при отсутствии такой возможности, производить разжижение исходного битума до требуемой вязкости.

В процессе приготовления, хранения в накопительном бункере и транспортирования асфальтобетонной смеси битум в виде тонких пленок на поверхности минерального материала находится при высоких температурах. Это создает благоприятные условия для интенсивного протекания в нем термоокислительных и других процессов, приводящих к старению битума.

Интенсивность старения битума при выдерживании смеси в бункере в процессе транспортировки определяется температурным режимом смеси, ее составом, типом дисперсной структуры битума, толщиной битумной пленки на зернах минерального материала и степени ее структурированности.

В зависимости от группового состава и структуры вязкие битумы при одинаковой вязкости могут иметь различные когезию, адгезию и теплоустойчивость.

При выдерживании битума в тонких пленках при высоких температурах процессы старения протекают настолько интенсивно, что в течение нескольких часов битум переходит в другую марку с более высокой вязкостью, что необратимо сказывается на его теплочувствительности и как следствие на температурной устойчивости асфальтобетона в целом

В итоге асфальтобетон в покрытии содержит битум с меньшей глубиной проникания иглы (пенетрацией), чем было принято при подборе его состава. Таким образом, уже на технологической стадии тепловой подготовки битума можно значительно ухудшить его теплоустойчивость, что является одной из главных причин существенного сокращения срока службы асфальтобетонных покрытий.

**Технические предписания по эксплуатации автомобиля
для повышения безопасности дорожного движения**

Борис В.С.

Белорусский национальный технический университет

К техническим предписаниям по безопасной эксплуатации автомобилей нужно отнести обязательное включение фар в светлое время суток. Республика Беларусь рискует остаться единственной среди стран со схожим климатом, где эта мера не является обязательной.

С переходом на зимнее время у нас рано темнеет, часто бывают туманы, дожди, мокрый снег и видимость на дорогах существенно ухудшается. По данным метеорологов пасмурных дней с ноября по апрель в Беларуси значительно больше, чем солнечных и ясных. Важность соблюдения технических предписаний и рекомендаций по безопасной эксплуатации автомобилей, в том числе, производителей шин и автомобилей по допустимости использования на его осях разных типов шин разных производителей, т.е. комбинированной ошиновки, является одним из необходимых условий безопасности дорожного движения. Так же одним из возможных изменений в правила дорожного движения является снижение предельной допустимой скорости движения в городах.

Ввести в правила дорожного движения необходимость обязательно включать ближний свет фар при движении объясняется тем, что не каждый водитель может определить, насколько ухудшилась видимость на дороге. Водители зачастую думают об экономии топлива, но при езде с постоянно включенными фарами ближнего света машина потребляет в среднем всего лишь на 1 процент больше топлива.

Был проведен ряд исследований. Выводы всех исследований: движение с включенным ближним светом фар в светлое время суток сокращает риск попасть в ДТП для отдельно взятого водителя автомобиля в среднем на 13%. Законодательное введение требования об обязательном пользовании фарами ближнего света сокращает общее количество ДТП с несколькими участниками в светлое время суток в среднем на 10-15%. При этом было отмечено, что обязательным условием является выполнение данного требования как минимум 85-90% водителей.

Положительные результаты научных исследований убедительно показали: «дневной» свет на автомобилях необходимо узаконить, что и было сделано в части европейских государств.

Геонформатика в дорожной отрасли

Юнчиц А.С., Аксенович К.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Дорожная отрасль является одной из важнейших отраслей экономики. Автомобильные дороги являются очень капиталоемкими, но в то же время и очень рентабельными сооружениями. В настоящее время наличие развитой сети автомобильных дорог является немаловажным фактором развития материального производства и сферы услуг. Одна из особенностей дорожной отрасли по сравнению с другими отраслями производства заключается в том, что её основные сооружения являются сложными инженерными линейно-протяженными сооружениями с ярко выраженной географической природой. Поэтому основная техническая документация по автомобильным дорогам должна представляться графически на картографической основе или в виде условных схем и чертежей. Обеспечение эффективной работы системы управления дорожным хозяйством является важнейшей задачей дорожной отрасли. Ее решение в основном базируется на развитии информационных систем. Стратегической отраслевой задачей является объединение всех информационных систем в единую отраслевую территориально-распределительную автоматизированную систему. Геоинформационные системы (ГИС) предназначены для аккумуляции большим количеством разномасштабной картографической информации, анализа взаимосвязей объектов в пространстве, управления атрибутивными характеристиками объектов. Дорожные сети являются сложными объектами, имеющими протяженность не только в пространстве, но и во времени. Существование любой дороги обусловлено необходимостью получения услуг. Эта необходимость ставит задачу по созданию дороги определенного класса, проводятся технико-экономические изыскания. Дорожные сети являются сложными объектами, имеющими протяженность не только в пространстве, но и во времени. Развитие дорожных сетей во времени есть жизненный цикл. Дорожная сеть не существует сама по себе, она является следствием потребностей окружающего мира в транспортных услугах. Для целостного анализа требуется определить ближнюю и дальнюю среду, а также круг лиц, принимающих жизненные решения в дорожной сети.

Перспективы применения возобновляемых источников энергии в дорожной отрасли

Лупач Е.С, Аксенович К.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В США около 4,3 миллионов километров автодорог общего пользования; и неправильно не использовать такую огромную поверхность в целях сбора энергии солнца. Компания Solar Roadways, создала прототип солнечной панели для дорог, однако стоимость ее оказалась очень высокой, порядка \$7000, и, по подсчетам, для покрытия всех дорог в США понадобится \$35 трлн. Ознакомившись с этими цифрами, Университет Род-Айленда предложил четыре возможных варианта решения для создания дорожных солнечных батарей.

Заснеженные дороги являются главной проблемой властей в районах с сильными снегопадами, ведь им приходится тратить немалые средства на приобретение снегоуборочного оборудования и других средств для удаления снега и льда на дорогах. Для решения этой проблемы предлагаются два варианта дорожных систем, работающих на солнечных батареях, которые на данный момент находятся в стадии разработки. Главным достоинством обеих систем для очищения дорог от снега является нулевое воздействие на окружающую среду. Кроме того, эти системы, по словам разработчиков, можно будет использовать в качестве альтернативного источника электроэнергии.

Разработкой своей концепции превращения дороги в интерактивную систему под названием Solar Roadways (Солнечные пути) занимаются американские инженеры. К слову, данный проект сейчас находится лишь на стадии промышленного прототипа. Суть амбициозного проекта заключается в замене традиционного дорожного покрытия интерактивными панелями, в которые будут встроены солнечные батареи. Эти панели выступают в роли огромной солнечной электростанции, которая будет снабжать энергией и саму дорожную инфраструктуру, и придорожные заведения, строения, небольшие города. В нашей стране уже ведутся разработки по совмещению детекторов движения на улицах со светофорами. Смысл их в том, чтобы светофоры могли сами регулировать, сколько горит красный, а сколько зеленый свет, исходя из данных о числе машин на разных направлениях. Кроме того, на основе светодиодов можно устанавливать управляемые знаки, которые могут менять свое содержание в зависимости от ситуации на дорогах и погоды.

Применение бетонных покрытий при строительстве МКАД-2

Мartiнович П.А., Кошель А.К.

Белорусский национальный технический университет

Новое строительство дорог в Беларуси, скорее можно назвать исключением из правил, нежели правилом. Однако с 2014 года это исключение становится закономерностью. О необходимости строительства МКАД-2 начали разговаривать еще с 2010, в 2011 низкими темпами начали отсыпку земляного полотна дороги.

При проектировании автомобильной дороги, как правило, на всей территории СНГ возникает вопрос о материале верхнего слоя автомобильной дороги. Развитие в Республике Беларусь в последние несколько лет отрасли производства цемента определило верхний слой МКАД-2, как цементобетонный.

Покрытие из тяжелого бетона на автомобильных дорогах, является одним из лучших. К существенным плюсам строительства автомобильных дорог из цементобетона можно отнести долговечность покрытия, срок интенсивной эксплуатации – в районе 30 лет, в сравнении для асфальтобетонного покрытия – 8-12 лет.

Строительство всего МКАД -2 разделено на два этапа, первый – от М-3 Минск-Витебск до М-6 Минск-Гродно протяженностью 46,8 км; строительство первого этапа разделено на 5 очередей. Отсутствие практического опыта строительства бетонных дорог на территории современной Беларуси, требовало устройства экспериментального участка бетонного покрытия. Летом – осенью 2014 года экспериментальный участок был успешно построен и испытан.

Однако строительство бетонной дороги не ограничивается строительством бетонного покрытия, для качественного использования и длительной эксплуатации покрытия необходим ряд сопутствующих работ – это и строительство развязок, устройство деформационных швов бетонного покрытия, устройство обочин, установка ограждений и освещений.

Методика определения интенсивности движения по ускоренному варианту

Мартинович П.А., Бабич В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Эффективная работа автомобильного транспорта в большой степени зависит от транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог.

Важными транспортно-эксплуатационными показателями являются: интенсивность движения, пропускная способность, уровень загрузки дороги движением, скорость транспортного потока, плотность потока. Указанные параметры, наряду с показателями безопасности движения автомобилей, не только отражают эксплуатационное состояние дорог в различные периоды года, но и позволяют оценить эффективность мероприятий по ремонту дорог и организации движения.

Исследования, проведенные в различных странах, показывают, что интенсивность движения изменяется в течение часа, суток, недели, месяца, по сезонам в течение года и по годам. Причем наиболее резкие колебания интенсивности наблюдаются на подходах к городам и населенным пунктам.

Интенсивность движения и состав транспортного потока можно определять различными способами. Фиксируется количество транспортных средств, прошедших по дороге за единицу времени по каждой полосе движения, с разделением грузовых автомобилей на группы в зависимости от их массы.

Для определения интенсивности движения необходимо проводить учет транспортных средств в течение 24 часов. Но в отдельных случаях интенсивность движения требуется определить срочно.

Для ускоренного определения ориентировочного значения интенсивности движения подсчитывают количество транспортных средств, проходящих по автомобильной дороге в течение одного часа. При предполагаемой интенсивности движения по дороге до 500 авт./ч продолжительность регистрации транспортных средств составляет 30 минут, от 500 до 1500 авт./ч – 15 минут. Для перевода в часовую интенсивность полученное значение транспортных средств необходимо умножить соответственно на 2 или 4. Данные, полученные при определении часовой интенсивности, используют для расчета суточной интенсивности движения транспортного потока.

Способы повышения сцепных качеств дорожных покрытий

Минова О.Е., Спургияш Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшей задачей службы содержания автомобильных дорог является поддержание высоких сцепных качеств дорожных покрытий в течение всего срока эксплуатации. Сцепные качества дорожных покрытий меняются, поэтому применяют методы, позволяющие повысить шероховатость находящихся в эксплуатации автомобильных дорог.

Улучшение сцепных качеств дорожного покрытия оказывает существенное влияние на снижение величины материального ущерба, уровня травматизма и количества ДТП.

Повышение сцепных качеств дорожных покрытий влияет на скоростной режим транспортного потока.

Имеется широкий круг мероприятий, направленных на повышение сцепных качеств дорожных покрытий. Одним из них является укладка нового слоя дорожного покрытия с высокими сцепными качествами, к которым относится в первую очередь щебнемастичный и дренирующий асфальтобетон, имеющий высокий коэффициент сцепления. Дренирующий асфальтобетон имеет в своем составе относительно крупные фракции каменного материала и износоустойчив к воздействию шипованных шин колес автомобилей. Дренирующий асфальтобетон обеспечивает такое же хорошее сцепление и в зимних условиях, как и обычный асфальтобетон.

Другим методом повышения сцепных качеств дорожных покрытий является фрезерование бороздок на поверхности проезжей части. Эти бороздки имеют ограниченный срок службы, так как они быстро истираются или забиваются грязью. Наиболее часто для повышения шероховатости дорожных покрытий укладывают слой поверхностной обработки с высокими сцепными качествами.

Для борьбы с зимней скользкостью наиболее широко используется россыпь песка с размером частиц 0,2...5 мм, имеющих кубическую форму и острые грани.

Повышение сцепных качеств дорожного покрытия особенно актуально на участках дорог, где уровень риска попасть в ДТП высок или требуется обеспечение высокой величины коэффициента сцепления (пересечения в одном уровне, кривые в плане и др.).

Автор работы выражает благодарность к.т.н., доценту Мытько Л.Р. за помощь в выполнении исследований.

Использование электронных образовательных ресурсов как одно из решений задач модернизации образования

Минова О.Е., Орлов Р.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время основное внимание в области информатизации образования фокусируется на проблемах создания эффективных электронных образовательных ресурсов (ЭОР). На смену ставшим уже традиционными текстографическим электронным продуктам приходят высоко интерактивные, мультимедийно насыщенные ЭОР. Очевидно, что преподавателю ожидать от информатизации повышения эффективности и качества образования можно лишь при условии, что новые учебные продукты будут обладать некоторыми инновационными качествами.

К основным инновационным качествам ЭОР относятся:

- обеспечение всех компонентов образовательного процесса: получение информации; практические занятия; аттестация (контроль учебных достижений);

- интерактивность, которая обеспечивает резкое расширение сектора самостоятельной учебной работы за счет использования активно-деятельностных форм обучения;

- возможность удаленного (дистанционного), полноценного обучения.

Современный электронный образовательный ресурс обладает указанными выше инновационными качествами благодаря использованию новых педагогических инструментов, перечень которых включает:

- интерактив. Содержание предметной области представляется учебными объектами, которыми можно манипулировать, и процессами, в которые можно вмешиваться. Интерактив дает возможность воздействия и получения ответных реакций;

- мультимедиа. Мультимедиа обеспечивает реалистичное представление объектов и процессов;

- моделинг – имитационное моделирование с аудиовизуальным отражением изменений сущности, вида, качеств объектов и процессов, дающее адекватное представление фрагментареального или воображаемого мира. Моделинг реализует реакции, характерные для изучаемых объектов и исследуемых процессов;

- коммуникативность – возможность непосредственного общения, оперативность представления информации, удаленный контроль состояния процесса.

Самозаживляющийся биобетон

Шаповаленко В.И., Белоозерова Ю.А.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время самым распространенным материалом в строительстве является цементобетон. У цементобетона много достоинств, но в результате температурных колебаний в нем возникают микротрещины. Зимой в микротрещины попадает вода, замерзает; образуется лед, который начинает увеличивать трещину. Процесс замерзания и оттаивания повторяется за зиму несколько раз, постепенно разрушая цементобетон. Кроме того, через трещины вода попадает к бетонной арматуре, вызывая коррозию металла. Таким образом, бетонные конструкции постепенно разрушаются.

Проблемой ликвидации микротрещин в бетоне и восстановления его поверхности занимаются многие научные организации.

Доктор Хэнк Йонкерс из Дельфтского университета несколько лет разрабатывает материал под названием «биобетон». Он представляет собой смесь обычного бетона и специальных добавок в виде таблеток, содержащих культуры так называемых экстремофилов. Это бактерии, способные жить в условиях очень высоких или низких температур, высоких давлений или отсутствия воды. Для биобетона предложили использовать бактерии, живущие в щелочной среде. Споры этих бактерий и субстрат для них упаковываются в таблетки, которые замешивают в бетон при приготовлении. Со временем, когда вода проникает в бетонные структуры и начинает разъедать бетон, споры активируются и во вновь образующихся трещинах начинают развиваться бактерии. В естественном состоянии они производят кальциевые отложения. То же самое происходит и в трещинах бетона: используя в качестве «пищи» лактат кальция, который находится в таблетках, эти бактерии размножаются и забивают трещину новыми кальциевыми отложениями. В результате получается материал, способный чинить мелкие структурные разрушения без вмешательства человека. В лаборатории исследователи получили зарастание трещин толщиной в 0,5 мм. Такого размера трещины в два-три раза превышают размеры допустимых трещин в бетонных конструкциях. Если технология будет действовать в промышленных условиях, она даст огромную экономию на ремонте и замене бетонных конструкций.

Однако новый материал пока нельзя применять с некоторыми видами строительных смесей, покрытий и красок. Бактерии также восприимчивы к экстремальным погодным условиям.

**Инновационные
материалы и технологии
в дорожном строительстве**

Керамический щебень для автомобильных дорог

Ковалев Я.Н., Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015–2019 годы потребует для своего выполнения значительного количества строительных материалов и, особенно, щебня. Известно, что основные карьеры щебня расположены на юге республики, и транспортировка его в северные и северо-западные районы потребует значительных финансовых затрат. Вместе с тем, в стране практически повсеместно имеются значительные запасы глинистого сырья, используя которые на действующих заводах, может быть организовано производство высокопрочного керамического щебня или гравия, известных под марками керамдор, дорзит, клинкер, термолит, керамлит.

Названные материалы представляют собой щебень или гравий, полученный путем обжига до спекания гранулированных или отформованных в виде щебня глинистых композиций во вращающиеся или туннельных печах. Частицы керамического щебня должны иметь плотную структуру (плотность не менее 1,8 г/см³), обеспечивающую его высокую прочность (до 100 МПа) морозостойкость (F100). Характер поверхности частиц должен обуславливать хорошее сцепление с органическими вяжущими материалами и цементным камнем.

Спекание и образование плотного материала обуславливаются сложными физико-химическими процессами, протекающими при обжиге глин. Свойства керамического черепка определяются количественным и качественным образованием жидкой и кристаллической фаз, их соотношением в материале, характером взаимодействия фазовых превращений при обжиге и связаны с химико-минералогическим составом исходных глин.

Если сопоставить характер спекания глин и их устойчивость при обжиге с химическим составом, то, прежде всего, отмечается зависимость этих свойств от содержания в глинах SiO₂. При этом не столь характерно абсолютное содержание SiO₂ в глине, как отношение его к сумме Al₂O₃ и плавней.

$$KM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + \text{плавни}}$$

Кремнеземистый модуль (KM) для глин грубой керамики является одним из существенных факторов, характеризующих их спекание и отношение к обжигу. Лучшим сырьем для керамдора, не требующим никаких добавок, являются глины с KM = 3–4,5, т.е. керамдоровые глины относятся к категории тонкопесчанистых пылеватых пород.

**Проблема содержания бетонных покрытий автомобильных дорог
в условиях резко континентального климата Казахстана**

Ковалев Я.Н., Пшембаев М.К.

Белорусский национальный технический университет,
КаздорНИИ, г. Алматы

На современных автомобильных дорогах увеличение интенсивного грузового движения со значительными осевыми нагрузками обуславливает повышенные требования к уровню безопасности движения и пропускной способности в различные периоды года. Общеизвестно, что в этом контексте особую озабоченность вызывает необходимость научно-обоснованного содержания бетонных покрытий в переходные периоды года: от осени к зиме и от зимы — к весне. Именно на эти периоды приходятся основные расходы на борьбу со скользкостью и снежно-ледяными отложениями на автомобильных дорогах Казахстана. При этом государство несет огромные потери за счет существенного снижения скорости движения автомобилей при потенциальной опасности роста дорожно-транспортных происшествий вследствие резкого уменьшения коэффициента сцепления колёс автомобиля с дорожным покрытием. На основе этого исходного посыла, обеспечение эксплуатационной надежности работы автомобильных дорог в переходные периоды представляет собой актуальную технико-организационную проблему, особенно в регионах с резко-континентальным климатом, отличающимся значительными градиентами температур воздуха и неравномерной влажностью внешней среды. Решение такой комплексной проблемы применительно к условиям Казахстана требует разработки эффективных мероприятий содержания бетонных покрытий автомобильных дорог.

Зимнее содержание бетонных покрытий затрагивает вопрос термодинамики их разрушения особенно при использовании химических антигололедных реагентов

Исходя из научно-технической гипотезы о возможности повышения эффективности защиты бетонных покрытий автомобильных дорог в регионах с резко-континентальным климатом на основе принятия превентивных физико-химических воздействий и организационных мероприятий, одной из основных задач исследования по указанной проблеме является термодинамический анализ работы поверхностного слоя бетонных покрытий и разработка системы инновационных мероприятий по их защите в условиях климата Казахстана.

Структурообразование асфальтобетона в процессе уплотнения

Малахов С.В., Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

В зарубежных и отечественных исследованиях процессов структурообразования асфальтобетона при уплотнении выполнена количественная оценка структурно-механических изменений, происходящих в уплотняемых асфальтобетонных смесях. Процесс формирования асфальтобетона делят на три этапа, на которых происходят качественные изменения, что отражается на количественных изменениях структурно-реологических смесей и уплотненного асфальтобетона. На первом этапе характерно увеличение плотности и прочности уплотняемой смеси за счет уплотняющего усилия, способствующего сближению частиц минеральной части асфальтобетонной смеси (увеличение плотности, увеличение среднего числа контактов между частицами в единице объема, рост плотности упаковки минеральных частиц, увеличение прочности всей высококонцентрированной дисперсной систем). На втором этапе значительного сближения минеральных частиц не происходит; под воздействием внешних уплотняющих усилий возможны угловые перемещения частиц, образования и упрочнения единичных контактов без значительного увеличения их количества. Также увеличивается средняя сила сцепления в контакте между частицами и их прочность; это объясняется перераспределением частиц и увеличением контактов силы взаимодействия между ними из-за увеличения вязкости пленочного битума в контактной зоне. На третьем этапе минеральные частицы под действием уплотняющей нагрузки также не в состоянии сближаться или поворачиваться, что вызывает в уплотняемых смесях изменения структурно-реологических свойств. Плотность уплотняемой смеси изменяется весьма незначительно и происходит только за счет частичного разрушения минеральных частиц по микроплощадкам в контактной зоне. Среднее число контактов между частицами остается таким же, как и на втором этапе. Средняя сила сцепления в контакте между частицами снижается. Наблюдается доминанция процессов деструкции минеральных частиц в контактной зоне за счет микроскопических разрушений по микроплощадкам. Прочность уплотняемой высококонцентрированной системы снижается. Таким образом, уплотнение асфальтобетонных смесей носит статистический характер, который в различных микрообъемах уплотняемого материала протекает одновременно, налагаясь один на другой. Интегральные свойства высококонцентрированной дисперсной системы определяются преобладанием тех или иных процессов в соответствии с этапами уплотнения. Сделан вывод, что для активного регулирования свойствами уплотняемых смесей процесс уплотнения следует

заканчивать на втором этапе.

УДК 391.316

Вязущие контактного твердения для устройства покрытий дорог низких категорий

Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Теоретической основой предлагаемой технологии получения материала для покрытий дорог низких категорий является способность силикатных дисперсных веществ, переведенных в нестабильное состояние, образовывать камнеподобное водостойкое тело в момент приложения механической нагрузки. Дисперсные гидросиликаты кальция (ГСК) являются наиболее характерными представителями таких вязущих контактно-конденсационного твердения. Следует отметить, что технология получения этих вязущих не связана с высокотемпературными процессами, а синтез ГСК реализуется при тепловлажностной обработке доступного дешевого сырья на серийном оборудовании, что определяет их практическую значимость. Все методы получения дисперсных ГСК нестабильного состояния можно разделить на две группы – «снизу – вверх» и «сверху – вниз». Метод «снизу – вверх» предусматривает получение ГСК из раствора исходных солей методом осаждения. Метод «сверху – вниз» предусматривает синтез дисперсных ГСК в системе: молотый кварцевый песок – негашеная известь – вода. Мы использовали данный метод синтеза. Для этого песок подвергли помолу на измельченном комплексе КИ-04, используя центробежно-ударный механизм измельчения. С помощью сепаратора были выделены три фракции молотого песка, удельные поверхности этих фракций составили соответственно 1,0, 0,73 и 0,23 м²/г. Вязущее (ГСК) из смеси состава: песок (фракция < 20 мкм) – 40% масс., известь (72% СаО) – 20% масс. и трепел (фракция < 60 мкм) – 40% масс. получали путем кипячения водной суспензии при В/Вяз = 4 в течение 4 часов. По окончании кипячения в вязущее из ГСК добавляли грубомолотый песок (фракция < 120 мкм) при соотношении Вяж/П = 2 : 1, влажность полученной смеси составляла 16–18%. Прочность образца (цилиндр – диаметр – 50 мм, высота – 50 мм) сразу после прессования при различных давлениях прессования составила: при давлении прессования (20 МПа) – 6 МПа, а при давлении прессования (40 МПа) – 11 МПа. Через 28 суток воздушного хранения предел прочности на сжатии тех же образцов увеличился до 9,0 МПа и 15 МПа соответственно.

Полученную смесь можно укладывать на поверхность дорог одним или двумя слоями (по 5–7 см) и укатывать сначала легкими, а затем тяжелыми катками. После уплотнения смеси она становится водостойкой.

**Исследование состояния грунта земляного полотна
методом радиолокационного измерения**

Бабаскин Ю.Г., Ермакович А.А.

Белорусский национальный технический университет

Сущность радиолокационного измерения, относящегося к неразрушающим методам контроля, заключается в отражении электромагнитных волн, посылаемых антенной георадара, от границ пород с различными электрофизическими свойствами. Отраженные сигналы расшифровываются, и составляется георадиолокационное изображение поверхностной среды (РЛИПС), представляющее собой цветовую матрицу, в которой цвет соответствует нормированной амплитуде сигнала. Таким образом, были проведены георадарные измерения, результаты которых представлены в виде РЛИПС грунтов по относительным значениям плотности и влажности. Метод радиолокационных измерения применялся при исследовании состояния грунтов автомобильной дороги М6 Минск-Гродно на участке протяженностью 135 м по трем сечениям проезжей части шириной 7,5 м. По данным радиолокационных изображений построена непрерывная ситуация изменения плотности и влажности. Результаты полевых исследований проведены на глубинах: 1, 2, 4, 7, 9, 10 м. На глубине 0...1 м определялись пустоты по цементобетонными плитами, на глубине 2...4 м определялись сопутствующие факторы, приводящие к деформации верхних слоев, на глубине 7, 9, 10 м (что составляло примерно половину высоты насыпи в месте обследования) определяли факторы, приводящие к деформации земляного полотна, что в итоге сказывалось на возникновении и прогрессировании продольных трещин цементобетонного покрытия.

На основании анализа распечаток радиолокационного изображения грунтов по сечениям построены эпюры, характеризующие относительную плотность и относительную влажность грунтов под дорожным покрытием.

После обработки экспериментальных данных были обнаружены плотные слои грунта, предположительно глинистого на глубинах 4, 7, 9 метров. Наличие этих слоев подтверждено повышенной степенью влажности грунта над ними, что свидетельствует о концентрации воды над этими слоями, ввиду их малой фильтрационной способности. В начале обследуемого участка обнаружено снижение плотности и повышенная влажность на всем участке, что вызвало образование большого количества, как продольных, так и поперечных трещин и проникновения через них воды. Установлена зависимость плотности и влажности от места расположения, чем ближе к обочине, тем выше плотность грунта и меньше влажность, а у разделительной полосы плотность ниже и выше влажность.

Применение доломитового щебня в дорожном строительстве

Бабаскин Ю.Г., Батманов К.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Доломит относится к осадочным органогенным карбонатным горным породам. Он характеризуется плотностью $2,8 \text{ г/см}^3$, твердостью 4. Крупное месторождение доломита «Руба» с разведанным запасом свыше 900 млн. т. находится в Витебской области. Эта горная порода широко применяется в сельском хозяйстве в качестве доломитовой муки, дорожном строительстве при производстве минерального порошка. В последние годы проводятся работы по использованию доломитового щебня (ГОСТ 8267-93) в качестве конструктивных слоев дорожных одежд без применения вяжущих материалов по способу заклинки, что позволяет получить модуль упругости, равный 200...250 МПа. Из-за неоднородности физико-механических свойств, марка доломитового щебня изменяется от 13 до 130 МПа, с преобладанием марки по прочности 40, 60 МПа и марки по морозостойкости F25, F50. Кроме того, эта порода характеризуется высоким водопоглощением и относится к малопрочным каменным материалам.

Для улучшения свойств доломита в БелдорНИИ разработаны способы модификации его поверхности различными активаторами на основе фосфатов, сульфатов, сульфидов и фторидов.

К одному из существующих способов упрочнения слабых горных пород относится химический способ, заключающийся в добавлении в доломитовую породу щелочных компонентов NaOH, KOH в количестве 2, 5, 8%. Взаимодействие доломитизированных карбонатных пород позволило выдвинуть гипотезу о возможности образования в системе «доломит-щелочь» твердеющей структуры.

Для повышения водо- и морозостойкости щебня из доломита рекомендуется предусматривать предварительную гидрофобизацию его поверхности активирующей смесью, состоящей из жидкого битума (гудрона) и ПАВ анионного типа (карбонатные кислоты или смолы твердых топлив). Кроме того, было предложено модифицировать поверхность каменного материала водным раствором солей фосфорной кислоты, способных вступать в ионообменные реакции с образованием водонерастворимых соединений с доломитом.

Для повышения прочности доломитового щебня предложен способ направленного разрушения материала, для чего разработана центробежно-ударная дробилка. В основе положен принцип разрушения материала по плоскостям минимальной спайки и окатывания до кубовидной формы.

Сравнение методик определения максимальной плотности и оптимальной влажности грунта СоюздорНИИ и AASHO

Круглов Ю.Д., Зубарь М.В.

Белорусский национальный технический университет

Стандартное уплотнение грунта в лабораторных условиях производят на приборе СоюздорНИИ. В США Американская ассоциация дорожных работников (AASHO) предложила новый способ повышенного уплотнения грунтов. Он предусматривает массу уплотняющей гири 4,5 кг, высоту ее падения 45 см, уплотнение образца грунта в пять слоев 25 ударами гири на каждый слой. Этот метод теперь принят в США и ряде других стран как стандартный. Требования к плотности, установленные этим методом, выполнимы при условии использования машин для уплотнения повышенной массы и мощности и обеспечения оптимальной влажности грунта. В США для уплотнения грунтов применяют кулачковые катки массой до 100 т на пневматических шинах массой до 300 т. Полученные величины оптимальных плотности и влажности грунта на приборе СоюздорНИИ не являются наилучшими, так как, повышая при уплотнении число ударов или массу груза, можно получить более высокую оптимальную плотность, меньшую оптимальную влажность грунта и соответственно более прочную структуру.

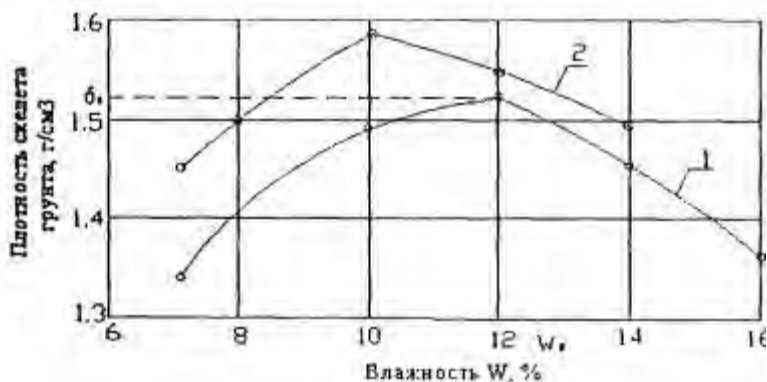


Рис. 1. Кривые для определения оптимальной плотности и влажности.

- 1- Зависимость, полученная на приборе СоюздорНИИ;
- 2- Зависимость, полученная на приборе повышенного уплотнения (AASHO).

Теоретические предпосылки основ уплотнения земляного полотна

Курилович В.П., Зубарь М.В.

Белорусский национальный технический университет

Грунт представляет собой сложное тело, в состав которого входят твердые частицы, вода и воздух. Прочность грунта зависит от относительного содержания скелета и воды, т.е. от плотности и влажности грунта. Соотношение по массе и объему трех компонентов выражается уравнением:

$$\frac{\rho_d}{\rho_u} + \frac{W * \rho_d}{100} + \frac{V}{100} = 1,$$

Где ρ_d - плотность сухого, $г / см^3$; W - влажность грунта, %; V - объем воздуха, %; ρ_u - плотность частиц грунта; g - плотность твердой фазы грунта, $г / см^3$; 1 - единичный объем грунта ($1 см^3$)

Отсюда плотность сухого грунта, характеризующая степень уплотнения земляного полотна:

$$\rho_d = \frac{1 - \frac{V}{100}}{\frac{1}{g} + \frac{W}{100}} = \frac{\rho_u \left(1 - \frac{V}{100}\right)}{1 + \frac{W * \rho_u}{100}},$$

Из условия следует, что степень плотности сухого грунта ρ_d , при одинаковой истинной плотности частиц грунта ρ_u , будет тем выше, чем меньше объем воздуха и влажность грунта.

На практике доказано, что для получения наиболее плотной структуры необходимо, чтобы влажность грунта была такой, при которой объем заземленного воздуха находился в пределах 4...6%. При таком объеме воздуха грунт характеризуется минимальными водопроницаемостью, морозным пучением, набуханием, а также максимальным модулем упругости и сопротивлением сдвигу. При меньшей влажности, объем пор, занятых воздухом, выше; устойчивой структуры не создается.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для любого вида грунта существует определенная влажность, называемая оптимальной, при которой достигается максимальная плотность грунта с минимальной затратой энергии на его уплотнение. Для соблюдения оптимального режима уплотнения до начала возведения земляного полотна проводят лабораторные испытания: определяют оптимальную плотность и влажность грунта, а также потребную для уплотнения механическую работу.

**Сущность коррозионного разрушения структуры
дорожного асфальтобетона**

Шишко Н.И.

Белорусский национальный технический университет

В результате работы асфальтобетонного покрытия структура битумосодержащего материала подвергается различным видам нагрузок и деформаций. Проезжающий автомобильный транспорт, атмосферные осадки и перепады температур с течением времени оказывают свое негативное влияние на прочность дорожных асфальтобетонов.

Основными видами коррозионных деформаций являются шелушение, выкрашивание частиц асфальтобетона, а также выбоины на асфальтобетонном покрытии. Все эти виды деформаций проявляются в наибольшей степени после длительного воздействия воды на поверхности асфальтобетона. Немаловажную роль здесь играют и температуры окружающей среды: частые переходы через ноль оказывают ускоряющий эффект на появление коррозионных разрушений в структуре дорожного асфальтобетона.

Разрушительное действие воды проявляется в порах битумосодержащих материалов, где происходит отслаивание пленок битума с поверхности минерального материала. Это влечет за собой снижение прочности асфальтобетона и появлению коррозионных деформаций. Коррозионная стойкость асфальтобетона напрямую зависит от пористости материала.

Еще один фактор, оказывающий непосредственное влияние на коррозионную стойкость асфальтобетона, – это динамическое воздействие воды. Под воздействием проезжающего автомобильного транспорта, шины которого «накачивают» воду в поры покрытия, происходит ускоренное накопление коррозионных деформаций. В результате водонасыщенный асфальтобетон подвергается гидродинамическому давлению воды изнутри. Экспериментально доказано, что чем большую жесткость имеет вяжущий материал, тем большему разрушению будет подвергаться асфальтобетон при динамическом увлажнении.

Современные способы оценки водоустойчивости дорожных асфальтобетонов основаны на методах, использующих статическое воздействие воды, что не отвечает реальным условиям работы битумосодержащего материала в покрытии автомобильной дороги и дает, как следствие, не совсем верные результаты в оценке устойчивости асфальтобетона к коррозионным деформациям.

Обеспечение экономрежима уплотнения при устройстве асфальтобетонных покрытий

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Уплотнение является наиболее важным фактором в выполнении дорожного покрытия горячими асфальтобетонными смесями. Соответствующее уплотнение смеси увеличивает срок службы покрытия до разрушения от усталости, уменьшает остаточную деформацию.

Четыре основных фактора влияют на способность уплотнительного оборудования уплотнять асфальтобетонную смесь: свойства материалов смеси, переменные значения условий окружающей среды, условия на участке укладки и тип используемого уплотнительного оборудования.

Тип используемого для уплотнения асфальтобетонной смеси оборудования, очевидно, имеет значительное влияние на плотность, которую можно получить при определенном количестве проходов.

После каждого прохода катка необходимо контролировать изменение плотности. Самым распространенным методом является использование плотномера рассеянного гамма-излучения. Оценка плотности производится путем передачи гамма-лучей в смесь и измерение величины радиации, отражаемой обратно к устройству за данное количество времени. Получаемые данные могут быть соотнесены с относительной плотностью слоя. Показания плотномера рассеянного гамма-излучения следует снимать после каждого прохода катка для определения скорости увеличения плотности. Но этот метод считается опасным, так как идет радиоволновое облучение. С целью получения достоверных результатов по плотности, степени уплотнения и температуре укладываемого асфальтобетонного слоя компания TransTech Systems вот уже более 10 лет занимается производством и постоянным улучшением прибора PQI Pavement Quality Indicator (Индикатор качества покрытия), который позволяет контролировать плотность – как в процессе укладки асфальтобетона, так и в процессе его эксплуатации.

Принцип работы прибора – электромагнитный. Он основан на использовании электрических волн для измерения диэлектрической константы за счет инновационного метода создания тороидального (кольцевого) электрического поля с помощью сенсорной плиты. Электронная система прибора PQI преобразует получаемые сигналы в значения плотности материала и выдает результаты на дисплей. После калибровки можно постоянно получать прямые показания значения плотности.

Применение асфальтогранулята для устройства асфальтобетонных покрытий

Кажуро С.М., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня в Республике Беларусь известен ряд материалов, которые применяются для устройства дорожных конструкций; известны их характеристики и разработанные для них технологии применения в дорожном хозяйстве. Одним из основных материалов, применяющихся в строительстве, является щебень. От качественных характеристик щебня в значительной мере зависят потребительские свойства (ровность, коэффициент сцепления и т. д.) и долговечность автомобильных дорог. Особенно это относится к щебню, применяемому для устройства верхних слоев дорожной одежды, непосредственно воспринимающих высокие механические нагрузки от движущегося транспорта, находящихся под воздействием природных факторов (переменный температурно-влажностный режим, многократное замораживание — оттаивание, действие солнечной радиации и т. п.) и противогололедных средств.

В последнее время на рынке стройматериалов появляются новые материалы. Возникает проблема использования новых дорожно-строительных материалов, получаемых при переработке отработанных асфальтобетонных дорожных покрытий, при устройстве покрытий дорожных одежд.

Ряд предприятий наладил выпуск асфальтогранулята как в дробильных установках, так и при холодном фрезеровании дорожных покрытий. Применение этих материалов при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд позволит экономить гранитный щебень, являющийся дефицитным материалом в размере не менее 25% потребляемого объема. Опыт утилизации старого асфальтобетона, например, в Германии, показывает, что применение асфальтогранулята, полученного в дробильных установках, при изготовлении, например, новых асфальтобетонных смесей дает существенный экономический эффект. Для обоснованного применения асфальтогранулята при устройстве дорожных покрытий требуется разработать и оптимизировать технологию проведения работ по использованию асфальтогранулята. Имеющиеся машины и механизмы требуют отладки технических режимов работ. Разработка соответствующих технологий и нормативной документации позволит нормировать процесс применения новых дорожно-строительных материалов и оптимизировать технологию работ.

Изучение характеристик цементобетона с крупным и мелким заполнителем из асфальтогранулята

Васильева Е.И., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью данного исследования было изучение потенциала использования асфальтогранулята в цементобетоне для повышения прочности бетона и уменьшения вероятности хрупкого разрушения. В бетонах, изготовленных из асфальтогранулята, вяжущее образует тонкую пленку на границе раздела цементного раствора и заполнителя, которая может быть использована для задержки распространения трещин, так как трещины развиваются вокруг, а не проходят через частицы заполнителя.

Для исследования свойств бетонов было изготовлено четыре смеси с различным сочетанием крупного и мелкого заполнителя из асфальтогранулята, щебня и песка.

Результаты исследований механических свойств полученных бетонов показали:

1) Стандартные технологии и оборудование могут быть использованы для перемешивания, укладки и ухода за бетоном, изготовленным из асфальтогранулята;

2) Бетон, изготовленный из асфальтогранулята, показывает систематическое снижение как прочности на сжатие, так и прочности на раскалывание при растяжении. Прочность бетонов, содержащих как крупный так и мелкий заполнитель из асфальтогранулята снизилась больше всего. Прочность бетона только с крупным заполнителем снизилась меньше;

3) У бетонов с большим содержанием асфальтогранулята меньше прочность и выше жесткость;

4) Бетон, изготовленный только из крупного заполнителя из асфальтогранулята, показывает умеренное снижение прочности и значительное увеличение вязкости. Таким образом, более практично будет включать в бетон асфальтогранулят частично вместо крупного щебеночного заполнителя.

5) Бетон, изготовленный из асфальтогранулята, более вязкий, чем бетон без него, что имеет практическое значение.

Можно предложить несколько способов для уменьшения потери прочности из-за включения асфальтогранулята, таких как улучшение прочности и модуля упругости асфальта при старении, улучшение сцепления между вяжущим и заполнителем путем изменения их поверхности стыка и др.

**Исследование асфальтогранулята в качестве крупного заполнителя
в составе цементобетона**

Васильева Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Одним из возможных путей повышения эффективности применения асфальтогранулята является его использование в цементобетоне. В лабораторных условиях было произведено исследование механических свойств асфальтогранулята в качестве крупного заполнителя в бетоне.

Для изучения свойств цементобетона с крупным заполнителем из асфальтогранулята было изготовлено шесть замесов с различным водоцементным отношением и пропорциями смеси. Результаты сравнивались со свойствами бетонов, изготовленных со щебнем в качестве крупного заполнителя.

Из лабораторных исследований, проведенных с целью оценки эффективности использования асфальтогранулята в качестве крупного заполнителя бетона, следует:

1) Крупный заполнитель из асфальтогранулята имеет меньший удельный вес и меньшее водопоглощение, чем заполнитель из щебня. Низкий удельный вес асфальтогранулята связан со значительным содержанием «асфальтового раствора» низкой плотности. Низкое водопоглощение асфальтогранулята связано с наличием вяжущего, что предотвращает полное поглощение воды заполнителем;

2) Бетонная смесь из асфальтогранулята менее подвижна, чем соответствующая бетонная смесь, изготовленная из щебня при одном и том же водоцементном отношении;

3) Прочность на сжатие и изгиб у бетона нарастает с возрастом, для данного водоцементного отношения и пропорций смеси, бетоны, приготовленные из щебня, имеют прочность выше, чем такие же из асфальтогранулята в любом возрасте;

4) Прочность бетона из асфальтогранулята зависит от адгезионной прочности «асфальтового раствора» и частиц заполнителя;

5) Максимальная прочность бетона, изготовленного из асфальтогранулята, примерно равна 25 МПа. Низкие показатели прочности вызваны слабой связью «асфальтового раствора» и частиц заполнителя.

Результаты исследования показали, что использование асфальтогранулята в качестве заполнителя в бетоне возможно. Привычной практикой может стать получение из асфальтогранулята заполнителя для бетонов средней и низкой прочности.

Технология и свойства дорожного асфальтобетона с торфоактивированными минеральными заполнителями

Будниченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

Из большого разнообразия извлекаемых природных ресурсов, торф, как природное горючее ископаемое, широко распространен в Беларуси, он отличается сложностью своего состава и наличием широкого класса органических соединений (битумов, углеводов, гуминовых веществ, целлюлозы). Торф, как многофункциональный сырьевой источник, представляет большой интерес для различных отраслей промышленности и народного хозяйства.

Уникальные свойства торфа представляют интерес для его применения в дорожном строительстве. Он эффективно может использоваться в качестве стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетон. Является также актуальной возможность применения торфа в асфальтобетоне, как активирующей добавки, с целью увеличения прочности адгезионной связи в системе «битум – минеральный заполнитель». Для подтверждения возможности использования торфа в качестве стабилизирующей и активирующей добавки в асфальтобетон, были поставлены задачи:

- оценить реологическое поведение асфальтовязущего вещества (битум + минеральный порошок) с различными стабилизирующими добавками, включая торф, что позволит судить об их влиянии на структуру и реологические свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов;

- выполнить сравнение результатов испытаний щебеночно-мастичных асфальтобетонов, приготовленных с использованием традиционной и торфяной стабилизирующих добавок;

- провести оценку влияния продуктов термического распада торфяной крошки на адгезионные свойства обрабатываемого минерального материала с битумом и на физико-механические характеристики асфальтобетона.

Экспериментальные исследования, проведенные в данных направлениях, позволили сделать следующие заключения:

- использование торфа в качестве стабилизирующей добавки в щебеночно-мастичном асфальтобетоне показало полное соответствие физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей требованиям СТБ 1033-2004, а также наличие прямого экономического эффекта при замене импортных стабилизирующих добавок торфом;

- проведенный анализ физико-механических характеристик образцов асфальтобетона показал положительное влияние активации продуктами термической деструкции торфа на его свойства. Установлена устойчивая тенденция улучше-

ния всех прочностных показателей и улучшение коррозионной стойкости асфальтобетона.

УДК 691.168

Вопросы структурообразования асфальтобетона и деструктивных процессов при его эксплуатации

Ковальчук А.А., Будниченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

Накопленный опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий свидетельствует о том, что повысить их долговечность и надежность работы можно за счет оптимизации структуры асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов. При этом необходимо учитывать постоянно возрастающую интенсивность дорожного движения, увеличивающиеся нагрузки на ось транспортных средств. Возрастает капитальность конструкций дорожных одежд. В силу более глубокой переработки нефти изменяется в состав и структура дорожных битумов, что ухудшило их деформативные и адгезионные свойства. Более широко применяется разнообразное техногенное сырье. Не менее важным является более полноценный учет влияния на асфальтобетонные покрытия климатических факторов, эксплуатационных воздействий, обусловленных использованием более эффективных противогололедных реагентов. Принципиально изменяются конструктивные особенности, энерговооруженность и технологические возможности дорожно-строительных машин и механизмов нового поколения, что отражается на современных технологических приемах производства дорожно-строительных работ. С этими обстоятельствами связана необходимость использования более эффективных многокомпонентных асфальтобетонных смесей.

Нормативные документы и рекомендации, регламентирующие методику проектирования составов асфальтобетонных смесей, применяемые технологические приемы пока не учитывают принципы структурообразования асфальтобетона на всех технологических этапах, не отражают особенности и многообразие существующих типов и видов асфальтобетонных смесей, эксплуатационное назначения конструктивных асфальтобетонных слоев дорожной одежды.

Современная технология позволяет использовать машины, оборудование, поверхностно-активные добавки с принципиально новыми технологическими возможностями, что позволяет направленно регулировать строительно-техническими, технологическими и эксплуатационными свойствами асфальтобетона. Этому препятствует отсутствие надежной теории, объясняющей структурообразование асфальтобетона и деструк-

тивные процессы, происходящие при его эксплуатации в современных условиях.

УДК 625.07

Реагентные и нереагентные способы активации минеральных материалов для асфальтобетона

Матейко А.А., Якимович Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет

В общем объеме применяемых дорожно-строительных материалов значительное место принадлежит асфальтобетону. Этот материал широко используется при строительстве дорожных покрытий, обеспечивая их высокие транспортно-эксплуатационные свойства (ровность, беспыльность, ремонтпригодность и др.). Однако до сих пор асфальтобетонные покрытия не отличаются высокой долговечностью.

К настоящему времени известно, что структура асфальтобетона определяется пространственным расположением зерен минеральной составляющей и интенсивностью их взаимодействий с вяжущим веществом – битумом. Следовательно, для увеличения прочности структуры, должна быть достигнута достаточно высокая адгезия органических вяжущих к поверхности минеральных компонентов асфальтобетона. Реализовать это можно либо путем мощного физико-механического воздействия, либо путем направленного применения поверхностно-активных веществ, модифицирующих зону контакта битума с минеральными материалами. Существует много методов реагентной и нереагентной обработки для органических вяжущих, минеральных материалов и их смесей. Анализ применения известных способов модификации поверхностей минеральных материалов, показывает существенное улучшение при этом адгезионных свойств каменных частиц при контакте с битумом. Однако у нереагентных способов активации имеются недостатки, связанные со сложностью аппаратно-технологического воспроизведения процесса. Поэтому наиболее простой является обработка минеральных материалов химическими веществами различной природы, т.е. применение реагентных методов.

Для усиления адгезионных контактов в системе «поверхность минерального материала – битум» представляет значительный интерес предварительная обработка минеральных материалов в процессе «сухого» перемешивания органическими активирующими веществами до введения основного вяжущего – жидкого битума. При этом адгезионные свойства минеральных частиц, имеющих промежуточный буферный слой на своей поверхности, будут выше, чем непосредственный контакт

чистой поверхности минеральных частиц с традиционно вводимым битумом.

УДК 625.855.3, УДК 691.168

Сравнительный технико-экономический анализ способов производства асфальтобетонных смесей

Потапов Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Снижение энергопотребления для Республики Беларусь является жизненно важной задачей, что общепринято и узаконено соответствующими постановлениями Правительства. Одним из основных путей решения данной проблемы в промышленности строительных материалов является энерготехнологическая перестройка существующих предприятий (в первую очередь крупнотоннажных), к которым, безусловно, относится производство асфальтобетонных смесей (АБС). Одним из путей улучшения теплотехнологии получения асфальтобетона, понижающим её энергоёмкость и упрощающим состав оборудования асфальтобетонного завода, является применение капсулированного битума, т.е. битума заключённого в оболочку. При этом, кроме решения обозначенных выше прикладных задач, возможно улучшение ряда свойств битумов за счёт их взаимодействия с полимером, образующим капсулирующую оболочку при обеспечении должной степени их совместимости.

Проведённые исследования по химической совместимости битума и полиэтилена высокого давления, предварительные результаты исследований свойств асфальтобетона (тип А) на капсулированном битуме свидетельствуют, что все показатели соответствуют требованиям СТБ 1033. Это даёт основание для продолжения работ по развитию весьма перспективного направления, позволяющего надеяться на серьёзное улучшение технологии производства горячих АБС и значительную экономию энергоресурсов.

На данном этапе разработки проект требует подробных экономических и технических исследований для подтверждения положительного результата. Капсулированный битум облегчает взаимодействие дорожников и нефтепереработчиков: накапливается капсулированный битум в течении всего года, а используется в течении строительства асфальтобетонных покрытий. При этом резко упрощается организация работы асфальтобетонных заводов, поскольку из их состава исключаются хранилища вязкого битума, котельные и прочее оборудование для его разогрева. Ожидаемый экономический эффект использования капсулированного битума (КБ) предполагается получить за счёт значительного

упрощения и снижения стоимости производства асфальтобетонной смеси, а также, упрощения доставки КБ на любой завод независимо от расстояния и погоднo-климатических условий.

УДК 625

Прогнозирование и устранение пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях

Русак Э.Э.

Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации автомобильных дорог под влиянием транспортных нагрузок и погоднo-климатических факторов их конструктивные элементы изнашиваются, деформируются и повреждаются. В итоге возникают различные дефекты.

Дефекты дорожных покрытий (дорожных одежд) – это отклонения геометрических параметров, текстуры и структуры дорожной одежды от нормативных требований. В зависимости от характера, местоположения и величины дефекты подразделяются на различные виды.

Под влиянием света, тепла, кислорода воздуха битумные материалы, используемые для покрытий дорог, стареют. В процессе старения одни их составные части улетучиваются или окисляются, другие агрегируют и уплотняются. Пластичность битумов уменьшается, увеличивается хрупкость, появляются трещины.

Возникновение пластических деформаций на асфальтобетонных покрытиях происходит под влиянием транспортного потока, интенсивности движения транспортных средств, скорости движения, остановки, стоянки и массы транспортного средства.

Появлению пластических деформаций на асфальтобетонных покрытиях содействует такой климатический фактор, как солнечная радиация. Он оказывает воздействие на дорожное покрытие в виде высоких и низких температур, что приводит летом к высокому нагреванию поверхности дорожной одежды и в свою очередь приводит ее в пластичное состояние, а в зимний период приводит к промерзанию дорожной одежды и увеличению ее хрупкости.

Методы устранения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях подразделяются на:

- организационно-технические мероприятия по снижению темпов образования пластических деформаций;
- методы ликвидации пластических деформаций без устранения причи-

ны их образования;

- методы устранения причины образования пластических деформаций;
- методы предупреждения образования пластических деформаций.

УДК 625

Мероприятия по энергосбережению при подготовке битума на асфальтобетонном заводе

Снежко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Битум является самым дорогим (за исключением различных добавок) и сложным по своим физико-химическим свойствам компонентом асфальтобетонной смеси. Асфальтобетонная смесь, а именно её свойства, в свою очередь оказывает первостепенное значение на качество асфальтобетонных слоёв покрытий автомобильных дорог, являющихся самыми ответственными в конструкции дорожной одежды. Поэтому, одним из шагов на пути к более экономичному производству асфальтобетонных смесей является модернизация битумного хозяйства.

Для повышения энергоэффективности битумного хозяйства можно выделить следующие организационные и технические мероприятия:

- 1) Работа с битумом «с колёс»;
- 2) Использование битумохранилищ наземного типа;
- 3) Пооперационный контроль расхода энергии;

Работа с битумом «с колёс» подразумевает уменьшение складских запасов органических вяжущих на асфальтобетонных заводах и сокращение сроков хранения. Всё это позволяет значительно сократить расходы энергии на поддержание температуры битума 90...95°C. Чем меньше масса хранящегося вяжущего и чем меньше время хранения, тем более значительного экономического эффекта можно достичь.

Наземные хранилища значительно экономичнее по расходу тепловой энергии на процесс получения, хранения и тепло-влажностной подготовки битума.

Расход энергии на обезвоживание битума значительно сокращается из-за защищённости битума от попадания влаги в наземных битумохранилищах. В ямных битумохранилищах обводнение достигает 7...10 % в основном за счет попадания в битум грунтовых и поверхностных ливневых вод. Длительность цикла обезвоживания с увеличением процентного содержания влаги в битуме возрастает и, например, при обезвоживании 10...12 т битума с обводненностью 7...10 % достигает 18...20 и более часов. При этом нагреватели в котле работают в непрерывном режиме, а активный выход паровых пузырьков из объема битума и их разрушение с выбросом пара

в атмосферу начинается только при достижении битумом БНД 60/90 температуры 110...115°C. Всё это требует колоссальных затрат энергии.

УДК 625.

Конструктивные элементы дороги

Пахолак Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильная дорога изображается в виде трех проекций: горизонтальной, вертикальной и профильной. Горизонтальная проекция называется план дороги, вертикальная – продольный профиль, профильная проекция – поперечный профиль.

В поперечном профиле выделяют проезжую часть, обочины, дорожное полотно.

Проезжая часть может быть однополосной, двухполосной и многополосной. Одно- и двухполосная проезжая часть на прямом участке проектируется двухскатной с поперечным уклоном, направленным в сторону обочины. На закруглениях с малым радиусом устраивают односкатный поперечный профиль проезжей части – вираж.

Ширина полосы движения зависит от габаритов транспортных средств и скорости движения. Ширина проезжей части зависит также от числа полос движения и их ширины. Ширина полос движения проезжей части и обочин нормируется в зависимости от категории дороги и расчетной скорости.

В настоящее время основным нормативным документом является технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-19-2006 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования».

В зависимости от расчетной интенсивности движения автомобильные дороги делятся на шесть технических категорий: Ia, Ib, Iv, II, III, IV, V, VIa, VIб.

Расчетная интенсивность – количество автомобилей, которое будет проходить через поперечное сечение автомобильной дороги в единицу времени в конце срока службы, принимаемое 20 лет.

Для каждой технической категории установлена расчетная скорость. Расчетная скорость – скорость движения одиночного легкового автомобиля, на которую рассчитываются основные элементы автомобильной дороги.

Важными конструктивными элементами на дороге являются искусственные сооружения: мостовые переходы, путепроводы, малые водопропускные сооружения. Мост – инженерное сооружение через водное пространство, обеспечивающее беспрепятственное перемещение транспортных средств и пешеходов. Основными элементами моста являются опоры, пролетное строение и мостовое полотно. Водопропускные трубы – сооружения для

пропуска поверхностных вод. Водопропускная труба как сооружение состоит из тела трубы, двух оголовков, укрепления русла и откосов.

УДК 625

Организация дорожного движения

Пахолак Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Организация дорожного движения – система мероприятий, направленная на наиболее эффективное передвижение транспортных средств по улицам и дорогам.

Регулирование движения с помощью дорожных знаков. Дорожные знаки – предметы стандартных типов, размеров и окраски, устанавливаемые на автомобильных дорогах и улицах для информирования участников дорожного движения об условиях и режимах движения.

Регулирование движения светофорами. Светофор – устройство для подачи световых сигналов о разрешении или запрещении движения в определенных направлениях транспортных средств и пешеходов на улицах и автомобильных дорогах.

Регулирование движения регулировщиком. С помощью регулировщика можно решать нестационарные задачи регулирования движения, реализовывать наиболее оптимальные решения в конкретной дорожной ситуации.

Служба организации движения. Эта служба призвана: выявлять опасные участки дороги с помощью графиков коэффициентов аварийности, устанавливать причины снижения пропускной способности, принять меры к устранению обнаруженных недостатков.

Автоматизированные системы управления дорожным движением. В качестве устройств для получения информации применяют различные датчики. Они сигнализируют об изменении интенсивности движения и состояния поверхности покрытия. Обработка этих данных позволяет установить особенности движения на отдельных участках и указать оптимальную скорость движения.

Связи дорожных организаций с органами ГАИ. Согласования производятся при выполнении всех видов ремонта, связанных с закрытием хотя бы одной полосы движения или устройством объездов. При мелких видах ремонта согласование не производят, однако органы ГАИ ставятся в известность об их проведении.

Дорожно-измерительные станции. Дорожно-измерительные станции включают ряд приспособлений и устройств, целью которых является поставка дорожным службам и пользователям дорог информации о существующих и прогнозируемых атмосферных условиях на дороге, информирует

о возможных опасностях на дороге. Все измерительные станции связаны с центральной станцией, которая собирает данные и на их основе выполняет оценку погодных и дорожных условий.

УДК 625

Геосинтетические материалы в дорожном строительстве

Есман Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Геосинтетики являются классом строительных материалов, поставляемых в сложенном компактном виде (рулоны, блоки, плиты и др.) и предназначенных для создания слоёв различного назначения в транспортном, гражданском и гидротехническом строительстве.

В настоящее время в мире производят несколько классов геосинтетических материалов: нетканые и тканые геотекстилы, геосетки (георешетки), водонепроницаемые геомембраны, геокомпозитные двух- и многослойные материалы.

Геосинтетики применяются при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог общего пользования, при назначении конструктивно-технологических решений по другим объектам транспортного строительства, в частности, автомобильным дорогам промышленных и сельскохозяйственных предприятий, временным автомобильным дорогам, площадкам для остановки и стоянки автомобилей и т. д.

В дорожном строительстве основными направлениями использования геосинтетических материалов являются: разделение и стабилизация земляного полотна при устройстве временных дорог; армирование грунтовых дорог и рабочих площадок на слабых грунтах; укрепление дорожных оснований; увеличения срока службы дорожного покрытия; укрепление поверхностного слоя дорожного покрытия и распределение нагрузки; дренаж дорожного основания; устройство насыпей поверх слабых грунтовых оснований; разработка систем укрепления крутых склонов; противозерозионная защита и др. Использование геосинтетиков практически в любом случае сокращает объёмы земляных работ и использование привозных материалов. В некоторых случаях только они могут обеспечить единственно возможное решение той или иной инженерной проблемы. Геосинтетики способствуют снижению индустриального влияния на окружающую среду и сокращают использование природных ресурсов в строительстве.

В Республике Беларусь применение геосинтетиков только набирает обороты. В настоящий момент реализовываются проекты реконструкции автомобильных дорог М-5 Минск-Гомель и Р-23 Минск-Микашевичи, в конструкции дорожных одежд которых заложены прослойки из геосинтетиче-

ских материалов. Это позволяет значительно сократить количество используемых материалов, экономит время, упрощает процесс реконструкции и тем самым снижает стоимость работ в целом.

УДК 625

О необходимости повышения качественных характеристик пористого асфальтобетона

Свирков В.П.

Белорусский национальный технический университет

Резкое увеличение количества перевозимых грузов и появление автомобилей с нагрузкой на ось 12 и более тонн способствует преждевременному и интенсивному разрушению дорожных покрытий.

Одной из причин, вызывающих преждевременное разрушение покрытий автомобильных дорог является низкое качество асфальтобетонов нижних конструктивных слоев. Наиболее распространенными асфальтобетонами для устройства этих слоев являются пористые асфальтобетоны, область применения которых охватывает автомобильные дороги с I по V категории. Основной причиной их разрушения является неспособность пористых асфальтобетонов выдерживать современные транспортные нагрузки. Это связано с тем, что нормативные требования к зерновым составам и физико-механическим свойствам пористых асфальтобетонов носят весьма условный характер. С ростом нагрузки на ось транспортного средства увеличивается и глубина действия возникающих напряжений, однако данная тенденция не учитывается при назначении нормативных требований к пористым асфальтобетонам. При переработке нормативных документов ужесточение требований к асфальтобетонам (требования к прочностным характеристикам, ограничение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в щебне, применение модифицирующих добавок и т.д.) касается плотных асфальтобетонов т.е. асфальтобетонов для верхних слоев покрытий и не затрагивает пористые.

Таким образом, предъявляемые на сегодняшний день, требования к пористым асфальтобетонам справедливы для дорог низких категорий, а для пористых асфальтобетонов для устройства нижних слоев магистральных дорог требования должны быть пересмотрены с учетом напряженно-деформированного состояния дорожной одежды. Основной задачей, решаемой на данном этапе в отношении пористых асфальтобетонов, следует определить как повышение их сдвигоустойчивости и усталостной прочности (трещиностойкости) за счет оптимизации зернового состава асфальтобетона и толщины битумной пленки по заданному критерию прочности, а также за счет введения в состав пористого асфальтобетона модифицирую-

щих добавок. При этом в качестве модифицирующих добавок целесообразно использовать добавки отечественного производства, разработанные в БелдорНИИ.

УДК 625.855.063

Классификация способов регулирования формирования структуры эмульсионно-минеральных смесей

Вавилов П.В.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

На основании анализ теоретических положений формирования эмульсионно-минеральных смесей (далее – смесей), технических нормативных правовых актов, технической литературы и первоисточников предлагается следующим образом классифицировать способы ускорения формирования структуры материалов из смесей:

1. Внешнее воздействие. Под внешним воздействием следует понимать, например, доуплотнение по истечении некоторого периода времени, пропитку кольматирующими составами, устройство слоев износа и т.п.;

2. Активация. Теоретические основы активационной технологии битумо-минеральных материалов и технические методы активации дорожных композиционных материалов изложены Я.Н. Ковалевым в [1];

3. Оптимизация состава. В настоящее время существует необходимость в регламентированной методике подбора состава смесей, учитывающей влияние ее каждого компонента на физико-механические и эксплуатационные свойства материала из смеси, в т.ч. различных добавок;

4. Оптимизация количества воды. Вода не просто присутствует на всех этапах существования смесей, но и принимает активное участие во всех происходящих процессах. На практике количество воды определяется консистенцией готовой смеси при пробном замесе;

5. Нагревание. Повышение температуры ускоряет адсорбционные и коагуляционные процессы, испарение воды, влияет на вязкость связующего вещества и т.д. На практике это достигается увеличением температуры какого-либо технологического процесса или компонента смеси, или путем введения экзотермических добавок;

6. Регулирование вязкости. Время формирования пленки пропорционально вязкости вяжущего, размеру глобул битума и обратно пропорционально межфазному натяжению на границе битум-вода. С технической точки зрения наиболее эффективно снижение вязкости используемого битума, что достигается его пластификацией, либо введением коалесцентов;

7. Регулирующие добавки. В качестве добавок используются ПАВ, неорганические соли металлов, тонкодисперсные минеральные материалы.

Литература:

1. Ковалев, Я.Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов / Я.Н. Ковалев. – Минск: Беларуская Энцыклапедыя, 2002. – 334 с.

УДК 625. 865

Сравнительное исследование влияния мелкого заполнителя на кинетику твердения цементного камня с использованием электрохимической импедансной спектроскопии

*Бондаренко С.Н., **Рагойша Г.А., *Коликов А.О., **Чулкин П.В.

*Белорусский национальный технический университет,

** Белорусский государственный университет

Цементный бетон получают в результате затвердевания подобранной по определенным правилам смеси, состоящей из цемента, мелких и крупных минеральных заполнителей, а также затворителя – воды. В процессе твердения цементного теста протекают процессы химического связывания, удаления воды из зоны реакции и формирование пористой структуры цементного камня. Предполагается, что цементное тесто схватывается и твердеет, прежде всего, в тонких пленках на поверхности зерен заполнителя и в контактных зонах между этими зернами. В таких условиях усадочные напряжения воспринимаются зернами заполнителя и не происходит растрескивания всего объема твердеющего материала. *Заполнители, которые обычно занимают в бетоне до 80% объема*, позволяют не только сократить расход цемента – наиболее дорогого компонента цементобетона, – но также играют значительную роль в структурообразовании и формировании его свойств. На формировании свойств целевого цементобетонного конгломерата существенное влияние оказывает размер и форма частиц, состояние и величина их поверхности, а также химическая природа частиц мелкого заполнителя, определяющая характер заряда поверхности. Обычно роль мелкого заполнителя в структурообразовании бетона более значительна, чем роль крупного заполнителя.

Сравнительное электрохимическое изучение процессов твердения цементобетонных конгломератов, для которых в качестве мелкого наполнителя были использованы минеральные частицы различных размеров и химической природы, показало хорошую перспективу использования для изучения кинетики этих процессов импедансной спектроскопии [1,2].

Импеданс – сопротивление, которое изучаемая конгломератная система оказывает протеканию через нее переменного тока. Для сравнительного электрохимического изучения влияния на кинетику твердения цементного камня размера частиц и поверхностных характеристик мелкого заполнителя

были подготовлены три серии образцов гранитного отсева с размером частиц: от 2,5 до 1,25 мм, от 1,25 до 0,63 мм, от 0,63 до 0,32 мм и удельной поверхностью 0,29 м²/г; 0,35 м²/г; 0,41 м²/г соответственно.

Сравнения частотных характеристик спектров электрохимического импеданса образцов, приготовленных с мелкими заполнителями различной минералогической природы, одинакового гранулометрического состава выявило четкое различие для них модуля импеданса в зависимости от частоты переменного тока, что свидетельствует о различии кинетических параметров процессов твердения в изученных цементобетонных системах.

На образцах отсева дробления гранитного щебня различного фракционного состава с использованием электрохимической импедансной спектроскопии было показано, что существенное влияние на кинетику процессов твердения соответствующих цементных систем оказывает размер и, соответственно, величина удельной поверхности частиц мелкого заполнителя.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами показана возможность использования электрохимической импедансной спектроскопии для решения актуальных задач в области технологии цементобетона, в частности для подбора оптимального минералогического и гранулометрического состава мелкого наполнителя цементобетонной смеси.

Литература:

1. Бондаренко С.Н., Коликов А.О., Рагойша Г.А., и др. Материалы 5-й Международной конференции “Переработка минерального сырья. Инновационные технологии и оборудование“, Минск 24-25 сентября 2014. – Минск, 2014. – С. 24–28.

2. Бондаренко С.Н., Коликов А.О., Юшкевич А.В., Материалы 5-й Международной конференции “Переработка минерального сырья. Инновационные технологии и оборудование“ – Минск 24-25 сентября 2014. – Минск, 2014. – С. 83–85.

УДК 666.9.013-029.502

Получение и применение асфальтобетонных смесей с резинобитумным вяжущим гранулированным

Горский А.Ю., Кравченко С.Е.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрен и изучен широкий спектр свойств асфальтобетонных смесей, приготовленных с применением асфальтогранулята и традиционных материалов, что позволит прогнозировать уровень долговечности покрытий устроенных из асфальтобетонных смесей, содержащих в своем составе асфальтогранулят. Разработана технология приготовления горячих асфальтобетонных смесей содержащих в своем асфальтогранулят. Составлена оцен-

ка экономического эффекта от использования асфальтогранулята, в зависимости от объема его использования. Разработаны предложения по внесению изменений в технические нормативные правовые акты.

Исследование возможности применения асфальтогранулята при устройстве асфальтобетонных покрытий предполагает изучение мирового и отечественного опыта, а также решение следующих задач:

1. Анализ знаний ведущих мировых стран в области применения асфальтогранулята для устройства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог;
2. Исследование физико-механических характеристик асфальтогранулята отечественного производства;
3. Разработку состава асфальтобетонной смеси с применением асфальтогранулята для устройства конструктивных слоев асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

В работе рассмотрены теоретические и методологические основы определения усталостного ресурса асфальтобетона: методика построения диаграммы испытания асфальтобетонных образцов на циклические нагрузки в мягком режиме нагружения, упруго-вязко-пластическая модель асфальтобетона, законы ее деформирования при нагружении и разгрузке, методики определения образца, расчетного и остаточного сроков службы вновь устроенных и эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий.

УДК 543. 257

Оценка возможности использования продукта переработки дефеката, как компонента для формирования структуры некоторых дорожных материалов функционального назначения

Бондаренко С.Н., Вавилов П.В., Коликова Е.С., Юшкевич А.В.
Белорусский национальный технический университет

Дефекат – это один из видов техногенного сырья, который образуется на сахарных заводах после адсорбции из целевого продукта посторонних примесей на известняке. Конкретный состав дефеката зависит от качественного и количественного соотношения различных классов адсорбируемых органических соединений, входящих в состав свекловичного сока и, прежде всего, от количества извести.

Методами физико-химического, спектрального и рентгеновского анализа нами был изучен химический и компонентный состав представительной пробы дефеката одного из сахарных заводов Республики Беларусь. Полученные результаты показали, что среди оксидов элементов неорганической составляющей преобладает оксид кальция (от 45 до 50 масс. %), который связан не только в виде карбоната, но и частично, в виде алюмосиликата,

частично фосфата. Некоторое количество кальция находится также в составе сложных органических соединений. Сухие компоненты примерно на 80% состоят из CaCO_3 и едкой извести. Сюда же входят другие минеральные соли, а также азотистые вещества, безазотистые органические соединения, фосфатная компонента и сахар. Дефекат содержит до 0,6% азота, а фосфорной кислоты и калия в количестве десятых долей процента.

Такой химический и компонентный состав в принципе позволяет использовать дефекат в качестве исходного сырья для получения широкого спектра добавок, содержащих кальций и некоторые функциональные органические соединения, в материалы для строительной и дорожной отрасли. Конкретно эти добавки могут выполнять структурирующую и стабилизирующую функцию для дорожных асфальто- и цементобетонов, а также использоваться как органические активаторы и модификаторы в материалах для общегражданского строительства. При более широком рассмотрении области применения таких техногенных отходов могут быть самые разнообразные: химическая и фармацевтическая промышленность, металлургия, стеклоделие (в частности, при получении пеностекла). Нами установлено, что в составе дефеката присутствуют компоненты, которые потенциально являются исходными для формирования различных газообразователей комплексной природы. Комплексность газообразователей, полученных из такого типа техногенного сырья, определяется тем, что в составе дефеката содержится как карбонатный, так и углеродистый компоненты, которые традиционно используются для получения некоторых типов пеностекла различного функционального назначения.

Использование комплексных газообразователей перспективно для формирования оптимальной структуры пор пеностекла, поскольку позволяет регулировать процесс газообразования в более широком диапазоне технологических режимов спекания и получать целевой материал с высоким комплексом функциональных теплоизоляционных и эксплуатационных характеристик. Формирование такого рода газообразователей было реализовано нами в процессе обработки дефеката при определенных термических режимах, когда деструкция и минерализация (обугливание) органической составляющей дефеката происходит без интенсивного окисления; при этом образуются углеродсодержащие вещества с высоким содержанием углеродных атомов в неокисленном состоянии. Показано, что модифицированный продукт термодеструкции дефеката имеет достаточно большую удельную поверхность гидрофобной природы, что дает возможность его использования в качестве структурообразующей добавки к асфальтобетонам в дорожном строительстве.

Транспортные сооружения

**Совершенствование современных методов проектирования
транспортных сооружений
с использованием компьютерных технологий**

Петров М.П.

Белорусский национальный технический университет

BIM (Building Information Modeling) можно перевести как информационное моделирование здания или, если быть корректнее, создание модели сооружения с заложением в неё различного рода информации. В различных программных комплексах объём и разнообразие этой информации может варьироваться, поэтому остановимся на конкретной среде проектирования – Autodesk Revit.

Основным отличием Revit от предыдущего поколения САПР (к примеру, продукт тех же Autodesk, AutoCAD) можно назвать иной по своей сути принцип и процесс проектирования. В теории проектирование в Revit ведётся в той же последовательности, что и строительство. Другими словами, проектировщики как бы строят своё сооружение, только не в реальном мире, а в виртуальной среде программы. То есть, добавляя в проект колонну, вы добавляете именно колонну (а не совокупность линий, как это было раньше) с присущими ей уникальными свойствами. Спектр этих свойств в Revit обширен и включает в себя геометрические и механические свойства (размеры, прочностные характеристики, материал и др.), положение в пространстве, визуальные свойства (видимость и обозначение на различных чертежах, окраска), свойства объекта с энергетической точки зрения (теплопроводность, акустика, освещённость и многие другие), и другие. Причем характеристики объекта изменяются во времени: теплопроводность стен растёт, прочность балок уменьшается, появляется износ окраски и т. д. Таким образом появляется возможность следить за сооружением на протяжении всего жизненного цикла – от проектирования до сноса.

Следующей особенностью BIM-технологий в проектировании стоит назвать практически автоматическое построение чертежей и спецификаций. Другими словами, добавив окно на любом виде в проекте, мы получим его на всех остальных видах. И если весь проект создавался вами из 3D-вида, то все планы, фасады и разрезы будут начерчены практически без вашего участия, что, несомненно, сокращает сроки проектирования. В Revit решена ещё одна важная проблема, возникающая при проектировании: совместная работа архитекторов, конструкторов и специалистов по инженерным сетям. В программе существует возможность как бы разбить проект на составляющие со своим

ответственным человеком. Все действия синхронизируются в одном файле, все важные решения принимаются совместно, прямо в программе.

Нужно также отметить степень параметризации в Revit. Практически любое свойство объекта, будь то длина, или материал, можно сделать переменным, и за несколько секунд заменить на необходимое значение. Например, сделав высоту этажа переменным параметром, можно за пару секунд получить новую модель с другими длинами колонн, высотами стен, другими чертежами и спецификациями (на что в AutoCAD ушли бы недели). Варьировать можно практически все – от типа главных балок или количества ребер жесткости на них, до цветовой схемы фасадов.

Не стоит также забывать о возможности вариантного проектирования в Revit. При необходимости можно разработать несколько вариантов сооружения на базе общей модели и переключать их одним нажатием кнопки «мышь», что действительно удобно и быстро.

УДК624.282

Совершенствование современных методов проектирования металлических мостов

Вайтович А.Н., Сухаревский А.С.

Белорусский национальный технический университет

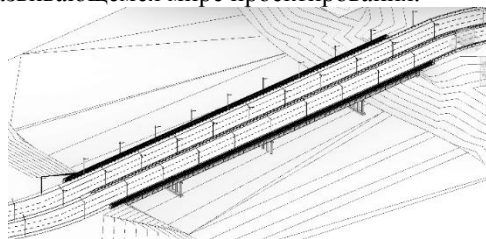
С течением времени развиваются не только методы строительства, но и методы проектирования мостов. В последнее время стремительно развивается направление информационного моделирования сооружений. Проектирование металлических мостов посредством этой технологии также не обделено вниманием.

Программа Autodesk Revit может выступать в качестве основной программы для реализации информационного моделирования. В ней возможно создание вариантов проектирования, создание трехмерной модели с последующей выдачей рабочих чертежей и спецификаций. Не стоит забывать и о таком преимуществе, как прямая связь с Autodesk Civil, откуда может быть получено «условие» для проектирования – генплан.

Такие программы как SCAD, Sofistik, Midas Civil, Autodesk Robot уже используются при расчетах металлических конструкций, их можно использовать «в связке», получая аналитическую модель напрямую из Revit.

Полезным дополнением при подготовке чертежной документации металлических мостов будет AutoCAD Structural Detailing, имеющая специальные модули для работы с чертежами стальных конструкций. Еще одно полезное решение для работы с узлами металлических конструкций – Autodesk Advance Steel. К важным преимуществам этого модуля можно

отнести прямую связь с Revit, параметризацию соединений узлов, создание чертежей и спецификаций. Благодаря прямой связи программ повышается качество проектирования, увеличивается скорость и сокращается количество проектных ошибок, что необходимо в стремительно развивающемся мире проектирования.



УДК624.282

Исследование напряженно-деформированного состояния балочных пролетных строений при усилении монолитной накладной плитой

Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

При проведении диагностики железобетонных мостовых сооружений на дорогах местного значения через малые реки, овраги и суходолы было установлено, что 45% из них находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют проведения мероприятий по капитальному ремонту.

Одним из распространенных вариантов восстановления несущей способности старых железобетонных балочных мостов является устройство сверху монолитной накладной плиты, которая объединяет балки в единое пролетное строение. Данное решение применяется уже не первый десяток лет и доказало свою эффективность.

Эффект в этом случае достигается за счет увеличения рабочей высоты сечения, а следовательно повышения в них предельных усилий. Для увеличения эффективности накладной плиты, пролеты, на которых она устраивается необходимо преобразовать из разрезной схемы в неразрезную систему. Данное решение приводит к уменьшению положительных изгибающих моментов в средней части пролетов. Появляющиеся при работе по неразрезной схеме отрицательные моменты могут быть восприняты дополнительной арматурой в приопорной зоне накладной плиты.

Одним из важнейших вопросов при устройстве накладной плиты, является ее включение в совместную работу с основными конструкциями пролетного строения. Для этого должна быть обеспечена прочность контактного соединения «старого» бетона с «новым».

Прочность стыкового соединения при продольном сдвиге следует проверять из условия:

$$\tau_{\text{Sdj}} \leq \tau_{\text{Rdj}}$$

где τ_{Sdj} – продольное сдвигающее напряжение в плоскости стыкового соединения (контакта) сборно-монолитных элементов от расчетных воздействий;

τ_{Rdj} – расчетное сопротивление сдвигу стыкового соединения (контакта).

УДК 624.21

Особенности проектирования усиления стальных ферм эксплуатируемого железнодорожного пролетного строения

Кисель М. А., Пастушков Г.П.

Белорусский национальный технический университет

Железнодорожные мосты с пролетными строениями из стальных ферм в настоящее время практически не разрушаются в результате потери прочности. Разрушения, связанные с потерей устойчивости элемента фермы, бывают редко, и, как правило, такие ситуации связаны либо с монтажом, либо с механическими повреждениями, полученными во время эксплуатации моста от пропуска негабаритных грузовых составов или негабаритного судоходного транспорта. Как правило, разрушения мостов происходят из-за появления и развития трещин, связанных с усталостью металла.

В результате многократных изменений напряжений в некоторых несущих элементах могут возникать и развиваться трещины, которые в последствии приводят к разрушению конструкции. Напряжения, по воздействию на элементы фермы во времени, бывают постоянные и переменные. При действии переменных повторяющихся во времени напряжений в зонах их концентрации (там, где напряжения больше средних) на поверхности металла образуются микротрещины. Они постепенно развиваются, проникают в глубь металл, и приводят к разрушению. Это явление – понижение несущей способности металла за счет появления микротрещин – называют усталостью металла. А свойство металла сопротивляться усталости, называют выносливостью. Напряжения во времени могут изменяться по периодическому закону или носить случайный характер

Опытами установлено, что если изменяющиеся напряжения меньше некоторого значения напряжений, то металл не разрушается при сколь угодно большом количестве циклов. Это значение напряжений называется абсолютным пределом выносливости. Предел выносливости различен для

разных металлов, элементов, имеющих различную форму или размеры, остаточные напряжения и т. п. Предел выносливости определяют опытным путем на пульсационных установках, где создается заданная величина нагружения, асимметрия циклов и их количество. Обычно предел выносливости определяют при симметричном цикле: это, во-первых, проще, а, во-вторых, симметричный цикл наиболее опасный для образца.

УДК 624.21

Передача цифровых данных геосъемки для последующего трехмерного моделирования и анализа транспортных сооружений

Кисель М.А., Ботяновский А.А.

Белорусский национальный технический университет

При проведении обследований транспортных сооружений выполняется большой спектр работ и исследований, по результатам которых дается оценка фактического технического состояния сооружения. Безусловно, процесс сбора информации о сооружении, проведение полевых работ с фиксацией результатов в журналы является трудной задачей. Но еще более сложным является процесс передачи, систематизации полученной информации и генерирования её в единый технический отчет или заключение. В этом случае нас выручает новейшее оборудование, способное хранить в цифровом формате собранную нами информацию с возможностью последующей передачи её в специализированные программные комплексы, предназначенные для её обработки. На сегодняшний день наибольшее развитие в сфере автоматизации производственного процесса получают ВМ-технологии, которые призваны не столько облегчить работу, сколько улучшить её качество и повысить скорость её выполнения.

Что же мы получаем по результатам геосъемки с последующей обработкой электронных полевых журналов с помощью ВМ-технологий?

Для начала мы получаем наш электронный полевой журнал, который несет закодированную работником информацию. Под кодированием понимается назначение каждой точке множества имени, описаний, примечаний и т.д.

Далее, передав имеющуюся информацию посредством импорта в специализированный программный комплекс и произведя необходимые нам манипуляции с информацией, мы получаем пространственную параметризованную модель, из которой можем получать те же поперечные и продольные профили.

Преимуществом такого вида обработки информации является то, что в

результате мы получаем не только «узкий кусок информации», а сразу объемную модель, которая является весьма информативной.

Автоматизация производства данного вида работ позволяет значительно сокращать сроки при сохранении качества, а в некоторых случаях и увеличении показателя качества.

УДК624.07

Напряженно-деформированное состояние преднапряженных деревянных пролетных строений

Костюкович О.В., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

На территории Республики Беларусь находится определенное количество природных ресурсов. Одним из таких ресурсов является древесина. Дерево, как строительный материал обладает рядом замечательных свойств: высокая удельная прочность, малая объемная масса, большой коэффициент теплового сопротивления и малый – термического расширения, оно легко обрабатывается, обладает высоким архитектурно-художественным потенциалом и является возобновляемым природным ресурсом. К сожалению, приходится отметить нераспространённость выполнения преднапряженных деревянных пролетных строений.

Необходимо более углубленно исследовать и проанализировать возможность использования дерева. Актуальность выполняемых исследований несомненна, так как транспортные сооружения представляют громадные архитектурно-материальные, а порой даже стратегические ценности государства, и продление срока их службы является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Совершенно очевидно, что назрела проблема замены устаревших конструкций новыми, отвечающими современным требованиям по грузоподъемности и обладающими долговечностью капитальных мостов.

Появление преднапряженной конструкции в деревянном мостостроении связано с разработкой методики механического поперечного соединения обычного или клееного бруса. Для создания напряжения используются металлические стержни, создающие костяк системы поддержки. Несущая система моста состоит из отдельных балок или блоков клееных ламелей, что обеспечивает сразу два преимущества:

- возможность создания пролетных строений различной конструкции – блочной, коробчатой, Т-образной;
- возможность использования различных статических схем, от

простых однопролетных до многокилометровых и многопролетных конструкций.

УДК624.282

Современные технологии в производстве высокопрочного бетона на примере фибробетона

Гусев И.А.

Белорусский национальный технический университет

В условиях массового строительства и реконструкции мостов на первый план выходят проблемы обеспечения качества работ, сокращения сроков строительства, увеличения продолжительности межремонтных периодов. Одним из путей решения этих проблем является разработка и внедрение новых технологий и новых материалов. Одним из таких материалов является фибробетон. Фибробетоны представляют класс композиционных материалов, которые создаются путем ввода в бетон-матрицу специально изготовленных волокон – фибр.

По сравнению с бетоном фибробетон обладает рядом преимуществ:

имеет более высокие показатели прочности на сжатие, на осевое растяжение и растяжение при изгибе;

оказывает лучшее сопротивление удару, износу, циклическим нагрузкам;

обладает повышенной водонепроницаемостью, морозостойкостью, огнестойкостью, коррозионной стойкостью.

Фибробетоны нашли применение при строительстве мостов, тоннелей, дорог, аэродромов, подпорных стен, фундаментов, гражданских зданий и сооружений, конструкций специального назначения, резервуаров, хранилищ. В качестве примера можно привести применение сталефибробетона в плитах пролетных строений при реконструкции Угрешского автодорожного путепровода на пересечении 3-го транспортного кольца с Волгоградским проспектом в Москве.

Для обоснования применения фибробетонов потребуются исследования, такие как оценка влияния конкретного типа фибры на прочностные и деформативные характеристики. На основании этих исследований будут составлены рекомендации по применению фибробетонов с различными типами фибры, и будут внесены соответствующие предложения по развитию отечественной нормативной базы в области проектирования пролетных строений мостов из фибробетона.

Работа выполнена под руководством профессора Ляхевича Г.Д.

УДК 699.82: 624.26

Органические волокна в производстве мостовых и тоннельных конструкций

Рожанцов С.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время актуален вопрос об использовании фибробетонов при изготовлении мостовых и тоннельных конструкций. Они представляют класс композиционных материалов, которые создаются путем ввода в бетон-матрицу специально изготовленных волокон – фибр. Особенно перспективны полипропиленовые фиброволокна – специальная добавка в строительные растворы для создания эффекта объемного армирования. Физико-механические свойства чистого полипропилена: длина волокон от 6 до 100 мм, диаметр 10-12 микрон, круглая форма, плотность 0,91 кг/дм³, модуль упругости 570 кг/мм², отсутствует адсорбция, незначительная электропроводность, температура размягчения 160°C, температура воспламенения >320 °C. Полипропиленовая фибра снижает микропластическую усадку в процессе твердения бетона, уменьшает выделение воды посредством эффективного контроля гидратации, тем самым, снижая внутренние нагрузки. Благодаря контролю за выступлением воды на поверхность снижается образование трещин при пластическом оседании. Бетон, содержащий полипропиленовые волокна, имеет значительно большее сопротивление удару и устойчивость к раскалыванию по сравнению с обычным бетоном. Фибра обеспечивает большую защиту от разрушения краев соединений в бетонных плитах перекрытий и сборных железобетонных конструкциях. С ней повышается устойчивость бетона не только к проникновению воды, но и химических веществ. Важен тот факт, что фибра является выгодной альтернативой традиционной арматуре и ее применение позволяет уменьшить расход цемента до 10% при сохранении технических характеристик готовых изделий. Уменьшение количества бетона и низкая стоимость волокон, по сравнению металлом, дают общее снижение сметы строительных работ.

Работа выполнена под руководством профессора Ляхевича Г.Д

УДК 699.82: 624.26

Преимущества фибробетонов с добавлением полипропиленовых волокон

Рожанцов С.Ю.

Белорусский национальный технический университет

При дегидратации и схватывании бетона в его объеме образуются

водные каналы (капилляры), по которым из бетона при дегидратации выходит вода. После затвердения бетона эти каналы позволяют воде проникать в затвердевший бетон и в морозных условиях там замерзать. При замерзании вода расширяется, вызывая повреждения бетона и разрушение поверхности.

Бетон, приготовленный с использованием полипропилена, позволяет практически избежать попадания воды в капилляры, заполняя каналы волокнами фибры, и вода в меньшем количестве и на меньшую глубину может проникнуть в него.

Дополнительные эффекты от применения полипропиленовой фибры:

- сокращение трудозатрат;
- снижение брака (выход арматуры из готового изделия, проявление на поверхности изделия следов коррозии металла);
- повышение устойчивости к истиранию;
- большее сопротивление удару и устойчивость к раскалыванию;
- повышение долговечности изделия;
- повышение качества работ;
- сокращение сроков строительства;
- повышение огнестойкости.

Полипропилен является относительно инертным веществом, и ни одна из известных добавок к бетону не ухудшает рабочих характеристик изготовленной из него фибры.

Таким образом, роль полипропиленовых фибр в производстве новых материалов является определяющей, а ее возможности поистине неисчерпаемы.

Работа выполнена под руководством профессора Ляхевича Г.Д.

УДК 624.21

Усиление коробчатого пролетного строения системой предварительного напряжения

Жихарев В.Д., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

В представленной работе рассматривается вариант аварийного ремонта коробчатого пролетного строения моста через реку Березина на автодороге М-5 Минск-Гомель с устройством по днищу дефектных блоков бетонной рубашки усиления с упорами и устройством напрягаемой арматуры на них.

Установлено, что из 20 арматурных пучков, размещенных в днище по стыку двух блоков коробчатого пролетного строения, один арматурный пучок полностью разрушен в результате коррозии, в 10 пучках коррозией

разрушено 90 % проволочек. В оставшихся пучках коррозией разрушено до 16 % проволочек в арматурном напряженном пучке. Установлено, что ширина раскрытия стыка по дну коробчатого пролетного строения составила 35 мм. Основная причина возникновения описанных в разделе дефектов – питтинговая коррозия напрягаемых арматурных пучков, расположенных в нижней плите коробчатого пролетного строения.

Возникновение питтинговой коррозии арматуры обусловлено присутствием хлоридов, кислорода и влаги. Согласно выполненным исследованиям содержание хлоридов в бетоне дна блоков в зоне раскрытого стыка в 3,4-7 раз превышает предельно допустимое.

В результате проведенного обследования преднапряженных пучков неразрушающим методом установлено, что в пучках находящихся в бетоне нижней плиты блоков №№ 24-28 протекают интенсивные коррозионные процессы, особенно в пучках расположенных с верхней стороны. Выявленные дефекты угрожают безопасности сооружения и классифицируются как аварийные согласно ТКП 227 «Мосты автомобильные. Правила выполнения диагностики», состояние моста – аварийное.

УДК 624.21

Сборно-монолитные конструкции станций метрополитена

Малаев С. А.

Белорусский национальный технический университет

Применяемые в настоящее время железобетонные конструкции плоских перекрытий станций метрополитена мелкого заложения в большинстве случаев работают по однопролетной, разрезной статически определимой схеме.

Одним из перспективных направлений развития и совершенствования железобетонных конструкций станций метрополитена является повышение их несущей способности, жесткости и трещиностойкости за счет объединения сборных элементов при монтаже в статически неопределимые конструкции и создания условий для их совместной работы.

Сборные элементы рекомендуется по возможности использовать в качестве опалубки во время возведения сборно-монолитных конструкций.

Конструкцию следует считать сборно-монолитной, если выполнены следующие условия:

- обеспечена прочность контактного соединения монолитного бетона и сборного элемента на всех этапах работы составного сечения;

- сохраняется сплошность сечения в передаче нормальных усилий в пределах составного сечения взаимодействующими элементами и между ними.

В качестве сборных элементов ригелей используются элементы таврового сечения с полкой в нижней зоне. При опирании корытообразных панелей перекрытия на нижние полки ригелей значительно уменьшается строительная высота перекрытия.

Монолитный бетон укладывается в пазы между боковыми и торцевыми гранями смежных панелей. Неразрезность панелей и ригелей достигается укладкой на монтаже опорной арматуры.

Сборно-монолитные конструкции следует рассчитывать по прочности, раскрытию нормальных и наклонных трещин, по деформациям для двух стадий работы конструкций:

- до приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности – на усилия от воздействий, действующих на этапе возведения конструкции;
- после приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности – на усилия от воздействий, действующих на этом этапе возведения и при эксплуатации конструкции.

Научный руководитель – Пастушков Г.П.

УДК 624.21

Улучшение характеристик высокопрочного бетона с использованием полипропиленовых волокон

Мотамеди С.С.

Белорусский национальный технический университет

В области изучения воздействия огня и высоких температур на бетон были проведены многие исследования, но, в основном, исследовалось воздействие на обычные бетоны. С начала 90-х годов и, особенно, в последнее десятилетие количество исследований бетонов с высокими рабочими характеристиками увеличилось.

С учетом важности зависимости сопротивления на сжатие бетона с высокими рабочими характеристиками от использованных в нем материалов, а так же недостатка информации о поведении высокопрочного бетона при высоких температурах в работе проводились лабораторные испытания с целью изучения потери прочности бетона с высокими рабочими характеристиками при высоких температурах 100, 200, 400, 600 и 800 °С.

Полипропиленовые волокна обеспечивают безопасный выход

перегретого пара через капилляры на поверхность, когда плавится полипропилен при температуре 160-170 °С.

Полипропиленовая фибра повышает характеристики огнестойкости бетона. Бетон, армированный полипропиленовыми волокнами, более устойчив к изгибу после воздействия температуры 600 °С в течении 1 часа. Полипропиленовые волокна так же повышают устойчивость бетона к раскалыванию после воздействия горения углеводорода (2 часа при 1100 °С).

Для уменьшения эффекта взрывного откалывания в некоторых образцах использовались полипропиленовые волокна. Эти испытания показали, что в образцах с полипропиленовыми волокнами не наблюдается эффекта взрывного откалывания и, что снижение прочностных характеристик бетона на 50% в них обнаружилось только при температуре 400°С.

Полипропиленовые волокна предлагаются инженерами для использования в береговой нефтяной и нефтехимической промышленности. В настоящее время полипропиленовые волокна вводятся в спецификации бетона для туннелей и других областей применения, где взрывное откалывание может угрожать жизни.

Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.

УДК 624.21

Изучение поведения высокопрочного бетона при высоких температурах

Мотамеди С.С., Ляхевич Г.Д.

Белорусский национальный технический университет

Поведение бетона при нагревание зависит от характеристик его компонентов. Под действием температуры от 100 до 200°С в бетоне начинает испаряться свободная вода. Из-за малой проницаемости высокопрочного бетона пары воды не могут выйти из массива бетона, следовательно, с увеличением температуры давление внутри массива бетона возрастает. Давление водяного пара может достигать 8 МПа, что превышает сопротивление бетона на растяжение. Следовательно, когда растягивающее напряжение перерастает сопротивление, в бетоне появляются трещины.

По причине относительно большого сопротивления высокопрочного бетона на растяжение, необходимое давление паров для превышения такого сопротивления очень высоко и, в следствие, накопившаяся энергия в процессе увеличения температуры может внезапно освободиться и привести к взрывному откалыванию. К причинам взрывного откалывания

бетона относят также увеличение внутренних температурных напряжений, когда наружная поверхность бетона из-за прямого контакта с огнем и плохой проводимости имеет более высокую температуру по сравнению с внутренними слоями, и эта разность в температурах приводит к термическим напряжениям в бетоне. Влияние оказывает и разность коэффициентов температурных расширений компонентов бетона и их нелинейная температура расширения, разные изменения в фазах заполнителей, увеличивается вероятность усиления растягивающих напряжений и, в следствие, увеличивается трещинообразование.

Химическое разложение цементного теста под действием температуры приводит к его сжатию. Данное явление наблюдается при температуре 450⁰С. Гидроксид кальция и карбонат кальция в бетоне при температуре 550⁰С разлагаются, в результате их разложения образуется окись кальция. Окись кальция при взаимодействии с влагой расширяется и ускоряет разрушения бетона. Самый важный компонент цементного теста, от которого зависит основная прочность теста, – это гель CSH «силикатная структура», который разлагается при температуре 600⁰С. В результате данного процесса пористость матрицы бетона увеличивается и в макроскопическом масштабе механические характеристики бетона (прочность и твердость) ухудшаются.

УДК 691(075.8): 624.26:666.97

Активность и физические свойства торфяных зол и шлака, используемых для изготовления мостовых и тоннельных конструкций

Ляхевич Г.Д., Ортнер Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Основным критерием, определяющим способность золы проявлять вяжущие свойства, является наличие кальция в свободном или связанном виде. Наряду с этим используются следующие критерии:

- модуль основности (гидросиликатный модуль) M_o , который представляет собой отношение суммы основных оксидов к сумме кислотных оксидов:

$$M_o = (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) : (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3); \quad (1)$$

- силикатный (кремнеземистый) модуль M_c , показывающий отношение оксида кремния, вступающего в реакцию с другими оксидами, к суммарному содержанию оксидов алюминия и железа:

$$M_c = \text{SiO}_2 : (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3); \quad (2)$$

- коэффициент качества K , показывающий отношение оксидов, повышающих гидравлическую активность к оксидам, снижающим ее:

$$K = (\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) : (\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2). \quad (3)$$

Результаты расчетов модуля основности (гидросиликатный модуль), Мо, силикатного (кремнеземистого) модуля, коэффициента качества К, показали, что золы, полученные при сжигании торфа: на Усяжском торфобрикетном заводе (ТБЗ), относится к скрыто активным золошлаковым материалам и требует интенсификации твердения; на Лидском ТБЗ – относится к активным золошлаковым материалам и не требует интенсификации твердения;

Результаты испытаний физических свойств представлены в таблице

№№ пп.	Физические свойства	Показатели зол и шлака, отобранных с промышленных предприятий Беларуси		
		зола Усяжского ТБЗ	зола Лидского ТБЗ	шлак Лидского ТБЗ
1	2	3	4	5
1	Средняя плотность, кг/м ³	2201	2246	2183
2	Насыпная плотность, кг/м ³	731	728	742
3	Удельная поверхность, см ² /г	3157	3209	3164

УДК 624.13

Опыт армирования основания плитных фундаментов на объектах Беларуси

Бойко И.Л.

Белорусский национальный технический университет

На ряде строящихся объектов со сложными грунтовыми условиями в Республики Беларусь проводятся исследования работы натуральных плитных фундаментов на армированном основании. Влияние горизонтального армирования грунтовых подушек бетонными решетками изучалось при строительстве новых цехов «Алюминтехно». С этой целью в активной зоне под подошвами плитных фундаментов закладывались грунтовые марки. Фиксация их деформаций в процессе нагружения натуральных фундаментов позволила оценить размеры активной зоны под подошвами плитных фундаментов и уточнить методы расчета таких фундаментов.

Вертикальное армирование грунтов цилиндрическими и коническими бетонными и сваями из цементно-песчаного раствора изучалось в процессе строительства цеха по производству упаковки в Шабанах, торгового центра у станции метро «Могилевская» и на объекте «Расширение производственной базы по выпуску алюминиевого профиля

по ул. Селицкого» в г. Минске. Проведены испытания натуральных фундаментов на основании, армированном вертикальными элементами, подтвердившие эффективность принятых конструктивных решений.

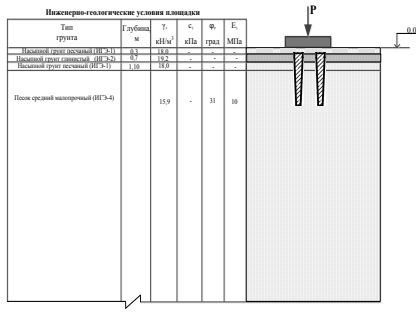


Рис 1. Основание, армированное коническими сваями

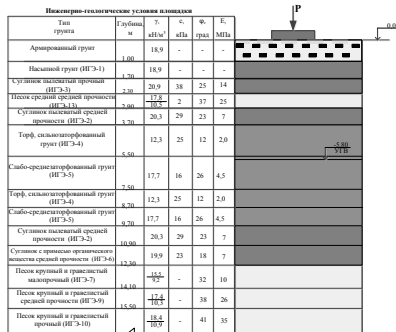


Рис 2. Основание, армированное горизонтальными бетонными решетками

УДК 624.13

Исследование работы плитных фундаментов на основании армированном сваями

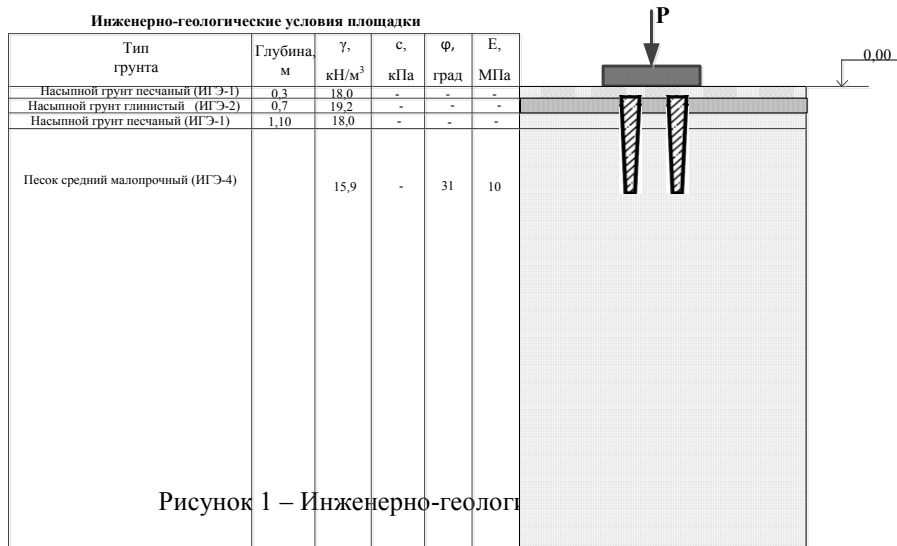
Бойко В. И.

Белорусский национальный технический университет

Испытание грунтов производилось штампом площадью 50000 см² с передачей статических нагрузок согласно ГОСТ 20276-99, использовалась силовая балка с анкерными сваями, служащая упором для гидравлического домкрата типа ДГ-200 грузоподъемностью 2000 кН. Испытания выполняли в котловане на глубинах 1,3–2,2 м ниже поверхности на слое грунта, армированного бетонными коническими столбами (рисунок 1).

При испытании грунтов на данном объекте давления под подошвами штампов достигали 0,30 МПа.

Грунт между армирующими элементами под фрагментом фундамента состоит из слоев насыпных грунтов и слоя песка среднего малопроцентного. При наличии этой прослойки осадка подошвы штампа при указанном давлении была равна 14,50 мм, а в основании на глубине 0,2 м - 9,74 мм, остаточная после разгрузки - 7,68 мм. При этом модуль деформации грунта основания составил $E = 29,55$ МПа. Армирование основания позволяет снизить осадку фундаментов при наличии слабых слоев грунта в активной зоне. Научный руководитель – Бойко И.Л.



УДК 624.13

Исследование влияния горизонтального армирования на работу плитных фундаментов

Бойко И. Л., Друзик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Грунтовые условия площадки представлены на рисунке 1.

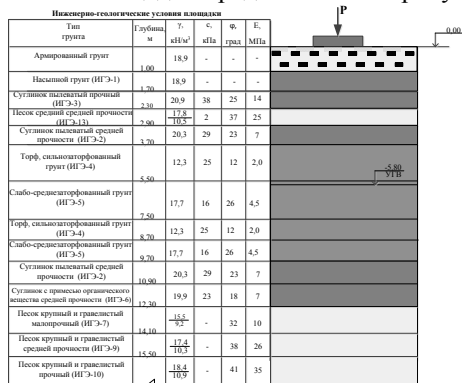


Рисунок 1 – Инженерно-геологические условия фундамента

Исследуемые фундаменты состояли из трех плит высотой 0,5 м при размерах в плане 2,236 x 2,236 м, уложенных в котловане на 1,2 м ниже поверхности на слое грунта, армированного бетонно-решетками. Для

испытания фундаментов статической вдавливающей нагрузкой согласно ГОСТ 20276-99, использовалась силовая балка с анкерными сваями, служащая упором для гидравлического домкрата. Вертикальные перемещения фундамента и грунтов по глубине основания измерялись прогибомерами. Для измерений перемещений грунтов по глубине основания проволоки прогибомеров были прикреплены в массиве грунта к коническим наконечникам, установленные на глубине 0,6м. При испытании грунтов до давления под штампом 0,35 МПа предел пропорциональности в опыте не был превзойден. Ниже слоя армированного грунта под фундаментом залегают различные слои грунта. При анализе была отмечена линейная зависимость осадки от давления. За счет наличия слабой прослойки при давлении под подошвой штампа до 0,35 МПа его осадка оказалась равной 18,9 мм, остаточная после разгрузки – 14,5 мм. Модуль деформации грунта основания по этим результатам составил $E = 19,25 \text{ МПа}$.

Армирование основания позволяет снизить осадку фундаментов при наличии слабых слоев грунта в активной зоне.

УДК 625:3771

Особенности преподавания факультативных дисциплин

Расинская Л.Г.

Белорусский национальный технический университет

Основой качественной подготовки будущих инженеров является правильная организация учебного процесса. Кафедра «Мосты и тоннели» готовит инженеров по специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» по трем специализациям: 1-70 03 02 01 «Мосты», 1-70 03 02 02 «Подземные сооружения, тоннели и метрополитены» и 1-70 03 02 03 «Содержание, реконструкция и ремонт транспортных сооружений». Организация учебного процесса проводится по новому стандарту специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены». Кафедра ведет 29 курсов по различным дисциплинам. Для качественной подготовки специалистов по учебному плану 2013 г. введена новая факультативная дисциплина «Введение в инженерное образование» у студентов первого курса специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» в объеме 16 часов. Зачет по дисциплине не предусмотрен, в экзаменационной ведомости отмечается, что курс лекций прослушан.

Дисциплины цикла факультативных дисциплин могут предлагаться кафедрой студентам на разных этапах обучения, например, с целью помощи первокурсникам сориентироваться в функционировании

системы высшего образования: формы контроля знаний в университете; (формы преподавания – лекции, практические и лабораторные занятия, курсовое проектирование); ознакомления со структурой университета (расположение учебных корпусов, библиотеки, общежития, поликлиники, санатория, стадиона, кружков и спортивных секции), с правилами внутреннего распорядка университета, правами и обязанностями студентов БНТУ и в Республике Беларусь.

Для студентов первого курса, вчерашних школьников очень важна ориентация их на будущую творческую инженерную деятельность. Это – первая дисциплина, которая поможет студентам ознакомиться с будущей специальностью, познакомит студентов с особенностями решения инженерных задач, расскажет об основных этапах обучения в техническом университете, об особенностях обучения и подготовки специалистов инженеров по специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены». Студенты также знакомятся с выдающимися учеными и инженерами в области транспортного строительства. Для лучшего усвоения полученных знаний целесообразно было бы в дальнейшем ввести зачет по дисциплине «Введение в инженерное образование».

УДК 625.74:625.72:005.52

**Инновационные проектные решения мостовых сооружений
при реконструкции автомобильной дороги
М-5/Е271 Минск – Гомель**

Гулицкая Л.В., Король Е.А., Шиманская О.С.
Белорусский национальный технический университет

Важнейшим фактором, обеспечивающим внедрение комплекса транспортных коммуникаций нашей страны в международную транспортную систему, является переход дорожного хозяйства на инновационный путь развития, что обеспечивается широким использованием эффективных конструкций, материалов и технологий.

Специалистами научно-исследовательской лаборатории мостов и инженерных сооружений Филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» были выполнены исследовательские работы по данным, полученным в ходе осмотра мостовых сооружений на автомобильной дороге М-5 Минск – Гомель, км 208,66 – км 295,2. При исследовании проектных решений было установлено, что при разработке проектной документации на строительство мостовых сооружений автомобильной дороги М-5/Е271 Минск – Могилев, были использованы экономичные конструктивные решения и технологии, достижения науки и техники, обеспечивающие снижение расхода трудовых и материальных ресурсов

при строительстве, повышение эксплуатационной надежности сооружений:

разработка конструкции балок пролетных строений индивидуальной проектировки, обеспечивающей заданную грузоподъемность по требованиям современных норм;

применение гидроизоляции мостового полотна из рулонного наплавляемого изоляционного материала, а также внедрение системы продольного и поперечного дренажа с поверхности гидроизоляции с установкой дренажных элементов, что повышает надежность защиты пролетных строений от воздействия агрессивных стоков с мостового полотна;

применение антикоррозионной защиты открытых бетонных поверхностей пропиточными составами отечественного производства;

применение антикоррозионной защиты металлоконструкций холодным цинкованием;

применение конструкций деформационных швов высокой степени надежности, предотвращающих воздействие агрессивных стоков с мостового полотна на нижележащие конструкции.

Таким образом, проектные решения по возведению искусственных сооружений на рассматриваемом участке автомобильной дороги М-5 отвечают всем требованиям современных норм.

УДК 624.21.042

Исследование несущей способности плитных пролетных строений мостовых сооружений

Гулицкая Л.В., Король Е.А., Шиманская О.С.

Белорусский национальный технический университет

Для обеспечения устойчивого и безопасного функционирования мостовых сооружений с плитными пролетными строениями, основное количество которых было построено в Беларуси в 60-70-е годы прошлого века, требуется актуальный мониторинг напряженно-деформированного состояния элементов плитных пролетных строений с анализом их основных функциональных параметров. Решению этой задачи посвящены исследования технико-эксплуатационного состояния мостовых сооружений, проводимые научно-исследовательской лабораторией мостов и инженерных сооружений Филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть». В ходе проведенных исследований были проанализированы данные по грузоподъемности более 50 мостовых сооружений с плитными пролетными строениями.

Проведенный анализ систематизированных и структурированных данных по дефектам исследованных мостовых сооружений показал, что основными дефектами, снижающими грузоподъемность плитных пролетных строений, являются следующие:

- коррозия стержней рабочей арматуры плит (поверхностная и пластовая), что приводит к уменьшению сечения рабочей арматуры,
- выключение из работы стержней рабочей арматуры плит пролетных строений в результате потери сцепления арматуры с бетоном,
- повышенная толщина слоев дорожной одежды, что приводит к увеличению постоянной нагрузки на плиты пролетных строений,
- нарушение (или отсутствие) объединения стыков между плитами пролетных строений,
- неудачная компоновка поперечных сечений в результате некорректных проектных решений либо в результате изменения проектных решений во время строительства без надлежащего обоснования.

Проведенный анализ показал также, что основные причины возникновения дефектов, снижающих грузоподъемность мостовых сооружений, – это природно-климатические воздействия, техногенные факторы и человеческий фактор.

УДК 699.82: 624.26

Физико-механическая характеристика резино-битумных мастик для защиты конструкций мостов и тоннелей

Агабаба Ранграз Алиреза Наджиб

Белорусский национальный технический университет

Приготовление резино-битумных мастик осуществляют следующим образом: расчетное количество строительного битума БН-70/30 загружают в лопастную мешалку, нагревают до температуры 150–180 °С, подают резиновую крошку, модифицированную отработанным минеральным маслом. Массу перемешивают при температуре 150–180°С в течение 20-30 минут, затем вводят высокодисперсную золу от сжигания торфа на Житковичском ТБЗ, смесь перемешивают в течение 10-15 минут до однородной массы и готовую мастику выгружают, охлаждают и подвергают исследованию.

В таблице представлена характеристика исследуемых мастик.

Результаты испытаний (таблица) показывают: резино-битумные мастики, содержащие золу от сжигания торфа, имеет хорошие качественные показатели, и прежде всего, адгезию к бетону и металлу.

Научный руководитель – Ляхевич Г.Д.

Таблица - Физико-механическая характеристика резино-битумных мастик

Наименование показателей	Номера образцов мастик		
	1	2	3
Глубина проникания иглы при 25 °С	34	46	49
Растяжимость при 25 °С, см	2	5	8
Температура размягчения, °С	84	79	74
Потеря в весе при 160 °С за 5 часов, %	0,1	0,2	0,4
Температура вспышки, °С	>250	>250	>250
Водопоглощение за 24 ч,%	0,23	0,16	0,12
Водорастворимых кислот, %	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Адгезия к бетону, МПа	0,87	0,83	0,74
Адгезия к металлу, МПа	0,65	0,61	0,35
Гибкость, °С	-12	-14	-19

УДК 330.45

Транспортная логистика

Артёменко Д.Н., Галковская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Логистика происходит от греческого слова *logistike*, что означает «искусство вычислять, рассуждать». По принципу хозяйственной деятельности выделяют следующие виды логистики: заготовительная; производственная; распределительная; транспортная. Транспортная логистика – это наука о планировании перемещения каких-либо материальных предметов из одной точки в другую по оптимальному маршруту за требуемое время и с наименьшими издержками. К задачам транспортной логистики относят: создание транспортных систем; выбор вида транспорта; выбор типа транспортного средства; определение рациональных маршрутов доставки и др. Транспортная задача – система, основанная на объединении широкого круга задач с единой математической моделью. Суть данной задачи заключается в поиске наиболее оптимального решения по распределению поставок некоторых видов продукции от изготовителя до объектов строительства. Транспортная задача может решаться с помощью метода потенциалов на сети, и другими методами.

Постановка задачи:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min,$$

где C_{ij} -расстояние перевозки, км; X_{ij} -объем перевозки, т ; $i=1\dots m$ - количество поставщиков; $j=1\dots n$ – количество потребителей.

$$\text{При условии: } \begin{cases} \sum_{i=1}^m X_{ij} = a_i; \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j; & X_{ij} \geq 0 \\ \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{i=1}^n b_j; \end{cases}$$

где a_i –мощность поставщика, b_j – спрос потребителя.

УДК 69.003

Использование Autodesk Revit и Autodesk Nevisworks Manage для создания календарного графика строительства

Коликов А.О., Коликова Е.С., Галковская Л.А.
Белорусский национальный технический университет

Navisworks® – это решение для проверки архитектурно-строительных проектов, позволяющее полностью контролировать результаты. В нем осуществляется проверка моделей и данных, поступающих от всех участников процесса проектирования. Инструменты интеграции, расчетов и обмена данными помогают наладить координацию между различными разделами проекта, разрешать возникающие противоречия и планировать реализацию проекта еще до начала строительных работ.

Одной из основных функций Navisworks является 5D-анализ BIM, т.е. возможность определения общей продолжительности строительства объекта исходя из данных о выполнении отдельных видов работ, а также задание стоимости.

В работе рассматривается возможность экспорта модели из Revit в Nevisworks и определения общей продолжительности строительства объекта и стоимости работ по созданию элементов конструкции без применения других программных комплексов. Решены следующие задачи:

1. Применение Nevisworks для создания календарных графиков в процессе курсового проектирования;
2. Изучение особенности создания модели в Revit для сокращения времени задания данных о сроках выполнения отдельных видов работ и стоимости работ в Nevisworks;
3. Проведение обучения студентов работе со связкой Revit – Nevisworks, диаграммой Ганта (плановый и фактический календарный график выполнения строительных работ).

Актуальность работы состоит в том, что впервые в рамках курсового

проекта был применен 5D-анализ ВМ для создания календарных графиков.

Практическая значимость заключается в повышении качества образования, вследствие работы студентов над курсовым проектом с применением ВМ.

УДК 624.012

Вариантное проектирование мостовых конструкций

Нестеренко В.В., Семков В.А.

Белорусский национальный технический университет

Свойства рассчитанной, запроектированной и изготовленной нормированными методами и приемами мостовой конструкции обладают вариацией V , обуславливающей нормированную обеспеченность их расчетных свойств при нормированной изменчивости параметров, входящих в расчетные формулы. Однако фактические распределения свойств отличаются от нормированных (рисунок 1).

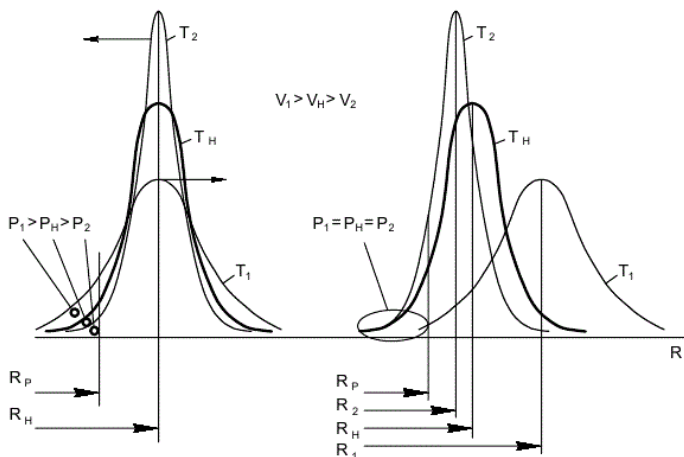


Рисунок 1–Распределение свойства конструкции при нормированной T_H , лучшей (T_2) и худшей (T_1) технологиях изготовления.

На рисунке 1, слева, проектное среднее значение свойства R_H при разных технологиях одинаково. Вероятности появления свойства хуже расчетного R_P разные ($P_1 > P_H > P_2$). На рисунке 1, справа, показаны те же распределения при ($P_1 = P_H = P_2$). Идея вариантного проектирования состоит в том, чтобы при любом качестве изготовления мостовой конструкции обеспечить одинаковую обеспеченность расчетного значения

ее свойства (например, прочности).

УДК 624.012

**Сравнение расчетов пролетного строения моста,
выполненных по методам внецентренного сжатия
и конечных элементов**

Нестеренко В.В., Коликов А.О.

Белорусский национальный технический университет

Одним из методов, применяемых для ручного расчета пролетного строения балочного моста, является метод внецентренного сжатия, заключающийся в определении доли нагрузки, приходящийся на рассчитываемый элемент (балку). Однако в настоящее время существует широкий спектр программных комплексов, работающих преимущественно по методу конечных элементов, и, по мнению авторов, дающих хорошее приближение к реальной работе конструкции.

Цель работы состоит в сравнении метода внецентренного сжатия и метода конечных элементов. Для реализации этой задачи был использован ручной расчет пролетного строения по методу внецентренного сжатия и расчет пролетного строения в программном комплексе SOFiStiK с использованием нескольких вариантов объединения балок пролетного строения в пространственную работу. В качестве препроцессора был использован программный продукт Autodesk Revit. Для сравнительного анализа было выбрано железобетонное балочное пролетное строение длиной 18 м. Балки типовой серии 3.503.1–73: высота 1050 мм, толщина плиты 150 мм, ширина ребра 160 мм, расстояние между осями балок 1700 мм. Количество балок в поперечном сечении пролетного строения 5 шт.

Для объединения балок пролетного строения в пространственную работу в ПК SOFiStiK были использованы следующие варианты:

балки объединяются поверху плитой проезжей части;

балки представляют собой ребра с вутами, покрытые железобетонной плитой толщиной 150 мм (толщина полки).

Теоретическая значимость работы обусловлена наличием сравнительного анализа метода внецентренного сжатия и метода конечных элементов.

Практическая значимость заключается в оценке погрешности метода внецентренного сжатия относительно метода конечных элементов, использование полученных данных в учебном процессе для выполнения курсового проекта, разработка наиболее оптимальной, приближенной к реальной работе, схемы объединения балок пролетного строения в пространственную работу.

УДК 624.21

Современные методы ремонта чугунных тьюбингов

Жур А.В.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее ответственной конструкцией тоннеля является ее обделка, несущая способность которой должна соответствовать давлению окружающей породы, а материал обделки обеспечивать долговечность ее работы. Поэтому от целостности тоннельной обделки напрямую зависит безопасность движения транспортных и пешеходных потоков, а также долговечность и надежность всего сооружения. В целях предотвращения нарушений режима эксплуатации тоннеля необходимо своевременно устранять дефекты и повреждения в элементах чугунных тьюбингов. Особенно уязвимым и ответственным местом являются стыки между тьюбинговыми секциями.

Предлагается рассмотреть материалы для восстановления поврежденных конструкций.

Система для ремонта бетона и железобетона (система Ceresit) служит для выравнивания бетонных и железобетонных конструкций, заполнения выбоин и комплексного ремонта разного рода бетонных и железобетонных конструкций, сохранивших несущую способность, в ситуациях, когда разрушение было вызвано действиями механических или коррозионных факторов. Система предназначена для ремонта следующих элементов здания: балконных плит консолей, колонн ригелей, перекрытий и т.п. Также может применяться для ремонта таких сооружений как: бетонные и железобетонные сборники (в том числе очистных сооружений), бассейны и т.п. В связи с тем, что материалы системы устойчивы к воздействию атмосферных осадков и агрессивной среды, в том числе составов, применяемых для удаления льда с дорожных покрытий, система ремонта бетона и железобетона может применяться для работ по восстановлению конструкций сооружений транспортного строительства.

Руководитель работы – Бойко И.Л., Яковлев А.А.

УДК 624.21.012

К вопросу повышения долговечности мостовых сооружений

Мацкевич А.С.

Белорусский национальный технический университет

По данным обследований мостовых сооружений Республики Беларусь одним из самых распространенных повреждений мостового полотна, влияющим на долговечность, является разгерметизация деформационных

швов, их разрушение. Это относится ко всем типам деформационных швов и приводит к фильтрации агрессивной воды на торцы и боковые грани балок пролетных строений в зоне их опирания, на грани ригелей, подферменные площадки, что в конечном итоге ведет к разрушению бетона и коррозии арматуры этих элементов. Причиной разгерметизации деформационных швов может быть конструктивный дефект, низкое качество работ. Ремонт узлов опирания балок и ригелей устоев – трудоемкий и не всегда качественно выполнимый процесс из-за стесненных условий и наличия недоступных зон, что иногда требует полной разборки пролетного строения, при этом для неразрезных пролетных строений и рамных конструкций эта задача может быть проблемной.

Для деформационных швов, работающих в сложных условиях, проектный срок службы устанавливается действующими нормами, как для покрытия проезжей части в пределах 7-10 лет, при этом для дорог высших категорий этот срок определяется по меньшему значению. При проектировании сооружений не было бы лишним для обеспечения долговечности узлов опирания пролетных строений на опоры предусматривать защиту вертикальных граней элементов конструкций (торцов и боковых граней консольной части балок пролетных строений, граней шкафной стенки), контактирующих с конструкцией деформационного шва, путем нанесения гидроизолирующего слоя по предварительно подготовленным поверхностям.

Более надежным решением повышения долговечности элементов мостового сооружения может быть вынос конструкции деформационного шва за пределы ригеля устоя (см. рис.1)

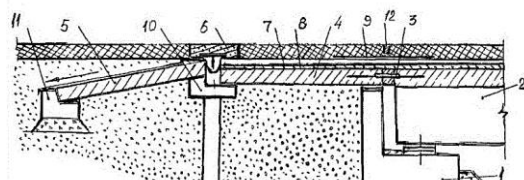


Рис. 1. Схема зоны сопряжения моста с насыпью подхода:

- 1 - устой; 2 – пролетное строение; 3 – гибкие металлические связи; 4 – горизонтальная переходная плита; 5 – наклонная переходная плита; 6 - деформационный шов; 7 – гидроизоляция; 8 – защитный слой; 9 – армирующий элемент; 10 – 11 свайная и лежневая опоры; 12 – штраба в покрытии, заполненная битумной мастикой

УДК 624.21.012

**Обеспечение плавности движения по проезжей части
железобетонных автодорожных мостов**

Мацкевич А.С.

Белорусский национальный технический университет

При проектировании железобетонных конструкций пролетных строений мостов стремятся использовать бетоны более высоких классов и высокопрочную арматуру, что способствует снижению собственного веса, но повышает их деформативность.

В нормах проектирования рекомендуется обеспечивать плавность движения транспортных средств посредством ограничения прогибов пролетных строений от нормативной подвижной временной вертикальной нагрузки, которые по второй группе предельных состояний не должны превышать для городских и автодорожных мостов $1/400$ длины расчетного пролета. Такое правило действует и для автодорожных мостов из обычного железобетона на всех категориях дорог еще с середины прошлого века при допустимой ширине раскрытия трещин до $0,02$ см.

Однако, в последние годы резко возросла интенсивность движения большегрузных транспортных средств в составе колонн на дорогах высших категорий, что влияет на плавность движения за счет увеличения прогибов от снижения жесткости железобетонных несущих элементов с обычным армированием уже работающих с трещинами при допустимой ширине их раскрытия до $0,03$ см. по действующим нормам проектирования мостов и труб и особенно при наличии сезонных неровностей по покрытию мостового полотна.

По данным результатов осмотров конструкции пролетных строений из обычного железобетона не отличаются высокой долговечностью, для повышения которой необходимо ограничение допустимых прогибов от нормативной временной вертикальной подвижной нагрузки на дорогах высших категорий до уровня $1/500$ длины расчетного пролета, что, в свою очередь, положительно отразится и на улучшении плавности движения по проезжей части пролетных строений железобетонных мостов.

УДК 699.82:624.2

**Структура цементного камня с добавкой из вторичных продуктов
производства минеральных масел**

Гречухин В.А.

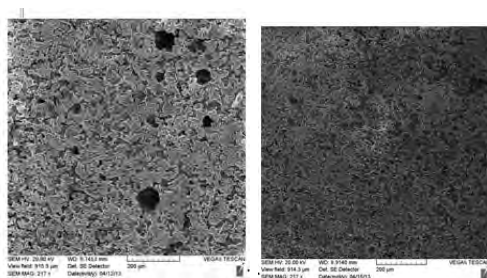
Белорусский национальный технический университет

В работе с помощью электронного микроскопа VegaSb исследована

структура цементного камня с добавкой из вторичных продуктов производства минеральных масел, количество которой варьировали в пределах 0,2-4,0 % масс. от цемента. Для исследования использовали цемент ПЦ 500 ДО–н, ОАО «Красносельскстройматериалы».

Гидрофобизация уменьшает количество дефектов в структуре цементного камня и закрывает сквозные поры. Органика диспергирует частицы цемента, крупные структурные элементы дробятся на мелкие. После набора прочности исчезают крупные структурные элементы и сопутствующие им крупные поры. Органическая составляющая добавки, обволакивая цементные зерна, препятствует образованию комков.

Методом электронной микроскопии проведено визуальное изучение структуры цементного камня (рисунок 1).



a – образец без добавки

б- образец с 4% добавки

Рисунок 1 – Электронно-микроскопические снимки цементного камня (увеличение $\times 217$)

Цементный камень без добавки имеет крупные поры и капилляры, которые особенно хорошо видны на рисунке 1а, в виде темных овальных пятен. Структура цементного камня с добавкой равномерная с мелкими порами, размеры которых не превышают 5 мкм (рисунок 1б), агрегаты цементного камня расположены значительно плотнее, чем у образцов без добавки. Высокодисперсные частицы бентонита размером 5 мкм и менее занимают свободное место вокруг более крупных зерен цемента (размером 10–15 мкм).

УДК 699.82:624.2

Упрощенная модель капиллярно-пористой системы цементного камня с добавкой отработанной глины масляного производства

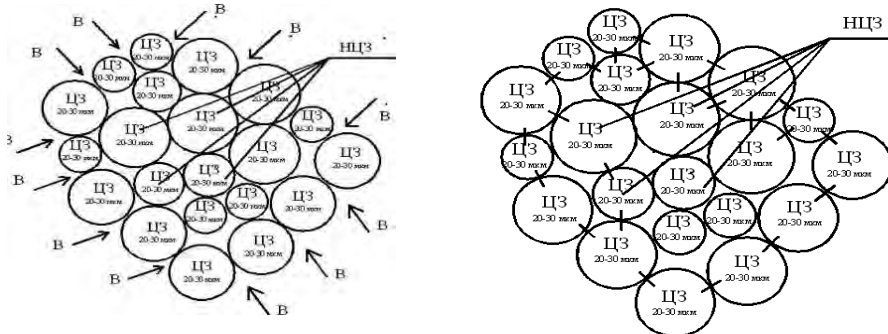
Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Ранее нами получены электронные микроснимки структуры камня с

добавкой отработанной глины, на основании которых построена упрощенная модель в виде «модели спянных кристаллов».

Модель эта, учитывая следующие размеры частиц и молекул, составляющих цементную систему: цементное зерно 0,20–30 мкм, бентонит 1–2 мкм, органическая масса 0,4–0,6 нм, молекула воды 0,28 нм, выглядит следующим образом (рисунки 1 и 2):

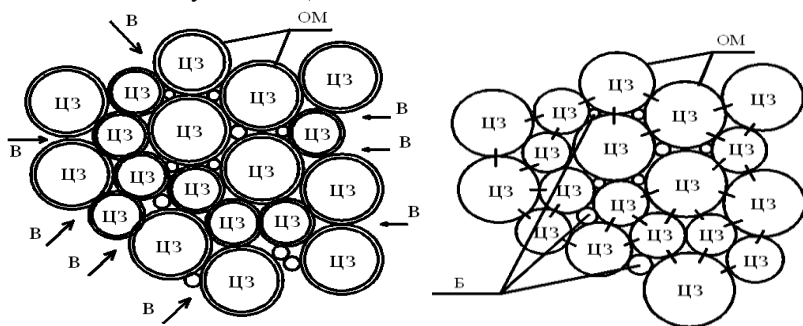


а – цементное тесто; б – цементный камень;

соединения между цементными зернами обозначают кристаллизационные и коагуляционные контакты;

ЦЗ – цементное зерно, В – вода, НЦЗ – непрогидратировавшие зерна цемента;

Рисунок 1 – Цементный камень без добавки



а – цементное тесто; б – цементный камень;

Рисунок 2 – Цементный камень с добавкой

При введении добавки, смачивание цементных зерен более равномерное. За счет этого в цементном камне образуются дополнительные коагуляционные контакты без разрыва имеющихся кристаллизационных

контактов. Заполнение пор высокодисперсными частицами повышает его водонепроницаемость.

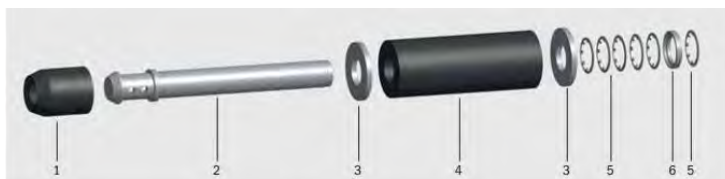
УДК 69.002.5

Современное оборудование для нагнетания раствора за обделку

Артёменко Д.Н. Яковлев А.А.

Белорусский национальный технический университет

В сложных инженерно-геологических условиях для осуществления щитовой проходки с минимальными осадками и высокой точностью наиболее важным является тщательное и качественное выполнение работ по тампонажу заобделочного пространства. Цель тампонажа – это заполнение специальным раствором заобделочного пространства, которое образуется в результате прохождения щитовой машины, чтобы сохранить природное напряжённое состояние грунта и не допустить оседания грунта за щитовой машиной. В настоящий момент применяются инъекционные насосы и пакеры для инъектирования. Инъекционный пакер (инъектор) применяется для выполнения работ по ремонту и гидроизоляции строительных сооружений: гидроизоляция бетона; ремонт трещин; герметизация деформационных швов; предотвращение протечек и заполнение пустот под давлением. На существующем строительном рынке предложено достаточное количество различных вариантов, работающих по одному принципу инъекторов.



1 - резиновый конус с обратным клапаном; 2 - защитная гильза для уплотнителя; 3 - упорная шайба; 4 - растягивающаяся часть; 5 - кольцо жёсткости; 6 - чашечная шайба



УДК 624.19

Мультирежимные тоннелепроходческая машина

Далидовская А.А.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире с каждым годом возрастает необходимость увеличения пропускной способности транспортных артерий. Транспортные тоннели и были призваны для решения этой задачи.

Сооружение тоннеля – весьма трудоемкое и дорогостоящее мероприятие. С развитием современных технологий появилась возможность максимально механизировать проходческие работы, что значительно не только облегчило человеческий труд, но и расширило диапазон применения тоннелей.

Особое место в механизированном тоннелестроении заняли мультирежимные тоннелепроходческие машины.

Часто изменяющиеся грунтовые условия в процессе проходки одного тоннеля требуют инноваций в технологии строительства. Мультирежимные тоннелепроходческие машины отвечают этим высоким требованиям благодаря возможности переключения между различными режимами проходки. Их можно в короткое время адаптировать к различным грунтам; при этом не потребуются больших затрат времени и средств.

Они используются везде, где обычные щиты достигают пределов своих функциональных возможностей. Это означает, что даже тоннели с очень разными геологическими и гидрогеологическими условиями могут быть построены безопасно и экономически эффективно.

Мультирежимные тоннелепроходческие машины – значимое достижение в сфере тоннелестроения. Благодаря таким машинам появилась возможность решения самых сложных проектов нынешнего времени.

Руководитель работы – Яковлев А.А.

УДК 625.42

Современные конструкции верхнего строения пути железнодорожных тоннелей

Косик К.А.

Белорусский национальный технический университет

Основным типом конструкции железнодорожного пути является путь на деревянных шпалах, замоноличеных в путевой бетон. Деревянные шпалы подвержены усыханию, растрескиванию и гниению, что приводит к

отслоению от путевого бетона, а значит – и к высоким трудозатратам при ремонте. Также недостатком конструкции является повышенный уровень шума и вибрации, которые понижают комфорт для пассажиров, но и неблагоприятно воздействуют на целостность тоннельной обделки. Система изолированных рельсовых опорных блоков (EBS) исключает все эти недостатки.

EBS – это безбалластная система, в виде опорных блоков, которые встроены в лотки (бетонные, стальные, пластиковые) и омоноличены путевым бетоном

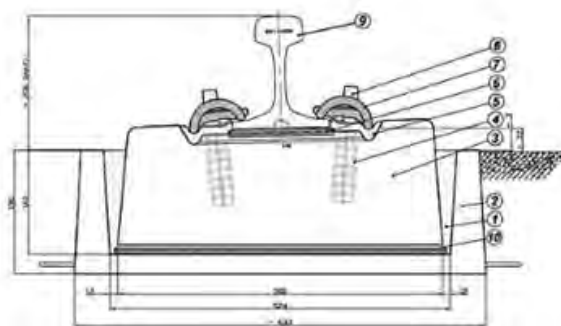


Рис.1 Изолированный рельсовый опорный блок

Достоинства системы EBS: возможность полного изготовления на заводе; снижение затрат на содержание и эксплуатацию; легкость монтажа; повышенный комфорт передвижения; безопасность движения; эффективная изоляция рельс; ограничение в колебаниях; уменьшение поперечного сечения тоннеля; устойчивость в агрессивной среде.

Использование этих систем позволяет нам повысить долговечность и надежность транспортных тоннелей, технические характеристики верхнего строения пути, ускорить срок строительства.

Научный руководитель - Яковлев А.А.

УДК 624.19

Обделки перегонных тоннелей

Гришкевич М.О.

Белорусский национальный технический университет

Материалы для тоннельных обделок должны быть прочными, огнестойкими, в минимальной степени подверженными выветриванию и коррозии.

Обделка является постоянной конструкцией, предназначенной для

закрепления внутренней поверхности горной выработки и придания ей правильного, соответствующего проекту очертания. Обделка тоннеля должна воспринимать горное давление по контуру выработки (т.е. давление окружающих выработку пород), гидростатическое давление подземных вод, временные нагрузки, передаваемые с поверхности земли (при мелком заложении тоннеля), сейсмические воздействия и другие нагрузки.

Обделка является несущей конструкцией; она должна обладать достаточной прочностью, устойчивостью и водонепроницаемостью. Поэтому при выборе конструкции и материалов обделок тоннелей метрополитенов учитываются: геология и гидрогеология участка строительства, глубина заложения тоннелей, габарит приближения строений, климатические и сейсмические условия, эксплуатационные требования, способы производства работ, трудоемкость возведения обделок и их стоимость.

Для устройства обделки тоннелей метрополитенов используют сборные чугунные или железобетонные элементы, а также монолитный бетон и железобетон. Эти материалы достаточно прочны и долговечны и позволяют вести работы индустриальными методами.

Для перегонных тоннелей широко применяют сборные обделки из железобетонных блоков, а в осложненных гидрогеологических условиях строительства (при неустойчивых обводненных грунтах, большом гидростатическом напоре воды и большом горном давлении) – сборные обделки из чугунных тубингов.

Руководитель работы – Бойко И.Л., Яковлев А.А.

УДК 624.191.814

Особенности устройства бетонных и железобетонных монолитных конструкций

Ракутько Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Среди особенностей устройства бетонных и железобетонных монолитных конструкций: стесненность мест производства работ, часто осложняющаяся расположенным вблизи действующим оборудованием предприятия; большое разнообразие единичных объемов работ — от нескольких тысяч кубических метров при устройстве фундаментов под оборудование до крайне малых объемов при усилении колонн и других конструкций; необходимость во многих случаях совмещать бетонные работы с работой предприятия, предоставляющего фронт работы в третьи смены или в кратковременные «окна» в первые и вторые смены; часто

встречающаяся недоступность мест бетонирования для подъезда бетоновозного транспорта и необходимость в связи с этим транспортирования бетонной смеси мостовыми кранами, электрокарами и другими средствами; необходимость усиления ранее находившихся в эксплуатации конструкций; частое применение бетонных смесей со специальными свойствами; более широкое, по сравнению с новым строительством, применение способов и средств для ускорения процесса набора прочности бетона; повышенные требования к чистоте рабочих мест при бетонировании в действующих цехах; необходимость обеспечивать в более короткие сроки начало работ по монтажу оборудования после окончания бетонных работ.

Главной особенностью опалубочных работ в условиях реконструкции является преимущественное использование заранее подготовленных элементов (для уменьшения затрат труда на площадках их обычно не изготавливают на месте). Решения по конструкциям опалубок принимают с учетом: размеров и конфигурации бетонлируемой или усиливаемой конструкции; технико-экономических показателей изготовления и эксплуатации различных типов опалубки; наличия материалов в строительной организации.

Руководитель работы – Бойко И.Л., Яковлев А.А.

УДК 624.19

Текущий ремонт обделки тоннеля

Мовчан М. К.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее ответственной конструкцией тоннеля является ее обделка, несущая способность которой должна соответствовать давлению окружающей породы, а материал обделки – обеспечивать долговечность ее работы.

Большинство тоннелей отечественных железных дорог, построенных до 1930 г., имеют каменную обделку. В нескольких тоннелях, построенных в конце прошлого столетия, обделка выполнена из кирпичной кладки, которую теперь в отечественной практике тоннелестроения не применяют. В последующие годы чаще всего применяли обделки из монолитного бетона и лишь в исключительных случаях в сложных гидрогеологических условиях — чугунные и железобетонные обделки. Под воздействием ряда неблагоприятных факторов в обделке могут возникать различные дефекты, приводящие к местным локальным повреждениям, а в некоторых случаях даже к разрушениям обделки.

Установлено, что большинство деформаций тоннельных обделок

происходит не внезапно, а под влиянием многих факторов развивается в течение некоторого времени.

Силами дистанции пути выполняются следующие работы ограниченного объема, связанные с ликвидацией дефектов в процессе текущего ремонта тоннелей: восстановление разрушенных швов каменной кладки. Наиболее часто встречающимся повреждением каменной кладки тоннельной обделки являются растрескивания и выкрашивания швов кладки, по которым воды, стекающие со стен и сводов тоннеля, могут проникать в тело кладки и, замерзая при низких температурах, способствовать ее разрушению. Технология восстановления разрушенных швов каменной кладки предусматривает их расчистку от остатков старого цементного раствора, изгари и грязи, промывку водой и заполнение новым цементным раствором.

Руководитель работы – Бойко И.Л., Яковлев А.А.

УДК 624.19

Современные элементы механизированного щита

Кананович В.А.

Белорусский национальный технический университет

Проходческий щит — подвижная сборная металлическая конструкция, обеспечивающая безопасное проведение горной выработки и сооружение в ней тоннельной обделки. Проходческий щит применяется при сооружении тоннелей различного назначения, при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом. Разработка грунта осуществляется ножевым кольцом с установленными на него специальными резцами. Резцы бывают следующих видов.

Дисковый резак – самый распространенный вид резака, предназначен для разрезания на мелкие части горную породу, наиболее эффективен в твердых, глинистых и горных породах.

Обыкновенный резак – обычно используется для сыпучих грунтов, таких как ила, глины, песка, среднего крупнозернистого песка и гравия слоев песка. Устанавливаются на первых слотах режущего кольца.

Скребок – устанавливается на самом краю режущего кольца. Используется, для сокращения мягкой почвы вокруг щита, чтобы сохранить тот же диаметр раскопок. Также – для удаления каменного шлака, сокрушенного дисковым резаком.

Предварительный резак – первый резак который вступает в контакт с почвой.

Резак находится вдоль радиального направления туннеля, чтобы ослабить почву заранее, что может значительно улучшить текучесть слоя

почвы и уменьшить сопротивление, повышая тем самым эффективность и резки уменьшая повреждение других резаков.

Центральный резак устанавливается в центре режущего кольца; он должен сосредоточить грань раскопок и ослабить почву. Центральный резак измельчает и улучшает текучесть почвы; таким образом, значительно увеличивает эффективность проходки щита.

Руководитель работы – Бойко И.Л., Яковлев А.А.

УДК 624.92

Проектирование подземного комплекса

Бычковский Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В связи с тем, что интенсивность движения в г. Минске высока, в частности на пересечении улиц Илимской и Нестерова, переход людей по наземному пешеходному переходу мешает пропуску транспортных средств. Для обеспечения безопасности перехода был запроектирован подземный комплекс.

В сооружении также имеются торговые павильоны. Конструкция подземного комплекса включает 5 пролётов по 8 метров каждый, с использованием П-образных плит без предварительного напряжения. Подземный комплекс находится на глубине 2,1 метров, спуск осуществляется по лестницам, 4 лестничных сходов с двумя промежуточными плитами шириной 1500мм. В каждом лестничном марше – 13 ступеней.

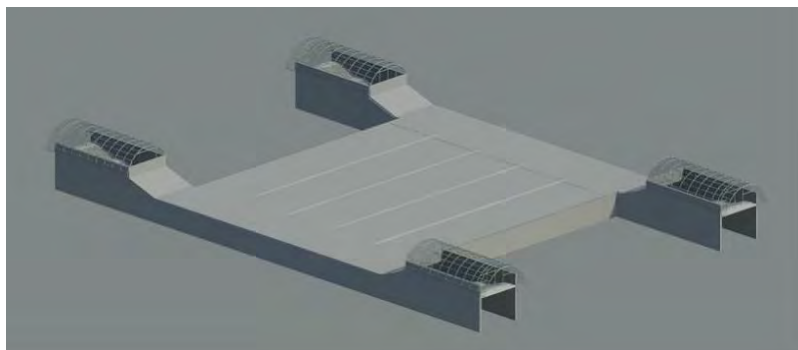


Рис. 1. 3D – модель пешеходного перехода
Научный руководитель – Вайтович А.Н.

Системы вентиляции тоннелей

Якушкин М.Е., Вангель В.В.

Белорусский национальный технический университет

Любые подземные сооружения представляют собой объекты повышенной опасности, и для нормальной работы тоннеля большое значение имеет вентиляционное оборудование.

Одной из важных проблем эксплуатации тоннелей является проблема вентиляции. При проходе поездов наиболее вероятно появление в тоннеле окиси углерода, углекислоты и сернистого газа. Помимо дыма и газов, нежелательны также сырость и высокая температура в тоннеле. Применение вентиляции в тоннелях обусловлено необходимостью снижения до допустимой концентрации вредных газов, устранения задымленности и запыленности воздуха, ликвидации возможных пожаров, а в суровых климатических условиях – предотвращения льдообразования.

Искусственная вентиляция автодорожных тоннелей производится путем подачи свежего воздуха, удаления загрязненного или одновременной подачи свежего и вытяжки отработанного воздуха. При этом применяют продольную, поперечную или комбинированную системы вентиляции, отличающиеся друг от друга характером воздухообмена, направлением движения воздуха, наличием или отсутствием специальных приточных и вытяжных каналов.

Расход воздуха, который требуется подавать в тоннель для обеспечения нормальной эксплуатации, определяют из условий снижения до ПДК вредных газов и установления в тоннеле нормального температурного режима.

Для снижения эксплуатационных расходов необходимо оборудовать вентиляционную установку приборами, автоматически включающимися и выключающимися вентиляторы в зависимости от концентрации вредных газов в тоннеле.

Научный руководитель – Кисель М.А.

Диагностика и испытание строительных конструкций

Странчевский Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Техническое обследование зданий проводят с целью получения объективных данных о фактическом состоянии строительных конструкций и инженерного оборудования с учётом изменения во времени.

Обследование проводят в 3 этапа:

Первый этап – сбор и изучение технической документации, обобщение сведений по строительству и эксплуатации здания.

Второй этап – обследование несущих и ограждающих конструкций наземной части здания.

Третий этап – обследование фундаментов и грунтов основания.

Повреждение строительных конструкций.

Повреждение строительных конструкций вызывается рядом причин, среди которых – технические недоработки изготовления, низкое качество монтажа, неучтенные проектом силовые и температурные воздействия, нарушение условий эксплуатации.

Повреждения классифицируются по виду и значимости. К наиболее характерным повреждениям, образующимся при эксплуатации зданий, обычно относят увлажнение, коррозию материала и трещины в конструкциях, а также повреждения, вызванные высокой температурой и резким охлаждением конструкции при пожарах.

Научный руководитель – Вайтович А.Н.

УДК 699.86

Принципы проектирования энергоэффективных жилых зданий

Терех А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Снижение экологических последствий современной энергетики может быть достигнуто развитием обратной стороны энергетики – снижением потребления энергии во всех сферах деятельности человека.



Рис.1 – Общий вид энергоэффективного здания

Следует отметить, что к настоящему времени идея экономии энергии при эксплуатации зданий очень популярна во всем мире. Уже построены здания с нулевым потреблением энергии (Null-Energie) даже с положительным балансом энергии (Plus-Energie), энергетические системы которых без использования ископаемых видов топлива производят больше энергии, чем потребляют. Однако экономическое обоснование строительства таких зданий, как правило, сомнительно. Целью проектов Null-Energie или Plus-Energie здания является, скорее, демонстрация современных технических возможностей строительства, чем переход к их массовому строительству.

Необходимо определиться с понятием «энергоэффективное здание».

Научный руководитель – Костюкович О.В.

УДК 624.016

Арматура с памятью формы

Гучёк Р. Л.

Белорусский национальный технический университет

Преднапряжение арматуры широко используется и хорошо изучено, но оно имеет ряд недостатков. А именно: арматура должна быть расположена каналах, устроенных в толще бетона; и для преднапряжения арматуры необходимы большие домкраты. Доступ же к концам арматуры может находиться на большой высоте или быть затруднённым, что делает процедуру крайне обременительной.

Сплав с памятью формы позволит устранить необходимость в этих домкратах: применение электричества – все, что нужно, чтобы побудить материал к возвращению первоначальной формы. Процедура начинается с растяжения прутьев сплава до соответствующей длины и последующего заложения в бетон так же, как и в обыкновенную арматуру.

Как только бетон наберёт необходимую прочность, для нагрева сплава используется электричество – путем приложения электрического тока к каждому концу прута при помощи проводов, – и сплав будет пытаться вернуться к своей первоначальной форме, вызывая предварительное напряжение в бетоне вокруг себя.

Исследователи исследовательского института Емра разработали новый железо-марганцево-кремниевый сплав, который активируется всего при 160 °С, – температуре более подходящей для использования с бетоном, чем известные ранее сплавы. Стоимость новых продуктов, как ожидается, будет примерно такой же, как и материалов на основе нержавеющей стали и ниже, чем углепластика (CFRB) или других передовых композитных материалов.

Переработка литых брусков, каждый весом около 100 кг, на тонкие

полосы толщиной всего 2 мм или на ребристые стержни арматуры при температурах более 1000 °С, требует высокой степени технических знаний и соответствующего оборудования.

Ранее были протестированы небольшие балки, но в октябре 2014 г. количество тестов возросло с использованием гораздо более крупных балок. Существует альтернативный метод «почти поверхностного монтажа арматуры», в котором материал вкладывается в паз, выполненный в поверхности балки, и заливается цементным раствором. Как только цементный раствор твердеет, материал нагревают, и преднапряжение возникает в материале, из-за попытки вернуться к своей прежней форме.

Научный руководитель – Кисель М.А.

УДК 624.21

Усиление железобетонных мостов элементами внешнего армирования

Косик К.А.

Белорусский национальный технический университет

Большинство железобетонных мостов были построены в последние 40-50 лет. В результате постоянного роста нагрузок и различных воздействий (механических нагрузок, агрессивных сред) многие сооружения нуждаются в ремонте и усилении.

Существует несколько способов повышения несущей способности пролетных строений мостов:

- наращивание рабочих сечений балок;
- устройство разгружающей шпренгельной системы;
- усиление элементами внешнего армирования из композитных материалов.

Традиционные способы усиления железобетонных мостов имеют ряд недостатков:

- увеличение собственного веса;
- уменьшение подмостового габарита;
- изменение эстетических свойств;
- трудоемкость выполнения работ.

Основной принцип усиления композитными материалами – это наклеивание углеродных лент на отремонтированную поверхность специальными клеевыми составами. В зависимости от вида углеродных лент, количества слоев, ширины и шага трещиностойкость, жесткость и несущая способность может быть существенно увеличена. Композитные материалы устойчивы к коррозии и воздействию агрессивных сред, также

обладают высокими механическими характеристиками (модуль упругости до 600 ГПа, прочность на растяжение до 30000 МПа). Элементы усиления имеют малый вес, и для монтажа не требуется грузоподъемная техника. Монтаж также может производиться в стесненных условиях, и выполняется в кратчайшие сроки. Единственным недостатком композитных материалов является относительно высокая стоимость.

Применение композитных материалов позволяет существенно ускорить и упростить процесс реконструкции эксплуатируемых сооружений.

Научный руководитель – Петров М.П.

УДК 624.92

Проектирование наземного транспортного сооружения

Ромашин Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

Население города Гродно стремительно растет. Застройка уплотняется, количество автомобилей и парковочных мест растут непропорционально, вследствие чего необходимо увеличивать количество парковочных мест. Нами было запроектировано многоэтажное транспортное сооружение на 600 парковочных мест. Многоэтажное транспортное сооружение расположено в городе Гродно, на улице Подгорной. Снизу представлена фотография будущего расположения.



В сооружении также имеются торговые павильоны и место отдыха, такое как крытое кафе на крыше. Паркинг оснащен двумя рампами (одностороннего движения автомобилей), тремя лестницами, а также двумя лифтами, которые служат для передвижения транспортных средств и людей на ниже и вышележащие этажи.

Автомобили могут быть размещены на 1-4 этажах (кроме блока Б). Покрытие выполняется следующим образом: железобетонная плита покрывается асфальтобетонным полом, включая гидроизоляцию и защитный слой.



УДК 624.92

Строительство наземного многоэтажного транспортного сооружения

Судак В.В

Белорусский национальный технический университет

Одна из самых острых проблем современных городов – стремительный рост количества автомобильного транспорта и при ближайшем рассмотрении возникает проблема постоянного дефицита свободной территории и плохой экологии.

Основная идеология гаража: многоэтажный гараж, офисы, магазины и склад в одном месте за минимальную цену.

Настоящий архитектурный проект многоэтажного крытого гаража с коммерческими помещениями привлекателен, прежде всего, своей простотой.



Здание представляет собой четыре надземных этажа.

В гараже запроектированы помещения для легковых автомобилей и торговых помещений. Гараж оборудован современными системами принудительной вентиляции (дымоудаления), пожарной, охранной сигнализациями. В гараже две закрытых встроенных криволинейных однопутных рампы, расположенные в противоположных концах здания: въездная и выездная.

Одно из важных преимуществ данного проекта гаража – минимальные

накладные расходы на его содержание для владельцев парковочных мест, за счет оптимально выбранных архитектурно-инженерных решений.

Выбранные конструктивно-технические решения в данном проекте гаража обуславливают возможность его быстрого строительства и высокой гарантии получения прибыли для потенциальных инвесторов.

Отличительной положительной особенностью данного проекта гаража является возможность использование простых строительных решений, обеспечивающих быстроту, простоту и низкую стоимость ее строительства.

Научный руководитель – Костюкович О.В.

УДК 624.21

Метод оптимизации характеристик движения транспортного средства по GPS-сигналам по заданной траектории

Тарасов П.В.

Белорусский национальный технический университет

Описан метод и полученные результаты изучения движения транспортного средства (ТС) по заданной по GPS-сигналам траектории. Задачей было изучение возможности применимости стандартного процесса сплайн-интерполяции для вычисления характеристик движения транспортного средства по заданной траектории с целью дальнейшего управления этим процессом.

При решении данной задачи изначально были смоделированы данные, которые можно получить по GPS-сигналам, такие как координаты x , y и z (движение по эстакаде), а также промежутки времени между спутниковыми сигналами. Для определения числовых параметров движения с помощью кубических сплайнов можно получить уравнение, которое будет характеризовать изменение положения ТС во времени относительно каждой оси координат. В качестве результата получаем функции $x(t)$, $y(t)$ (а при движении по эстакаде и $z(t)$) характеризующие положение транспортного средства во времени, после их дифференцирования находим скорости \dot{y} и \dot{x} . Ускорение находится путем дифференцирования полученной скорости.

Из рассмотренной задачи следует, что с помощью кубического сплайна возможно построение графиков скорости и ускорения, некоторого заданного движения.

Данную задачу можно представить как транспортную. Если считать точки полученными координатами движения автомобиля в некоторые моменты времени, то полученные мгновенные скорость и ускорение как раз и отразят характер его движения. Данный метод можно применять с использованием данных систем ГЛОНАСС или GPS для оценки и

описание характеристик движение транспортных потоков на кривых перестроения в разные отрезки времени, результаты можно применять в проектировании дорог и эстакад и организации движения. Данный подход позволит улучшить безопасность на дорогах и улучшить пропускную способность транспортных сооружений (мостов, эстакад, путепроводов, дорог и др.).

Научный руководитель – Кисель М.А.

УДК 699.88

Повышение долговечности деревянных мостовых конструкций

Калацкий А.С.

Белорусский национальный технический университет

Долговечность – свойство строительных конструкций работать под нагрузками и термовлажностными воздействиями в течение срока, определенного проектом. В данном случае имеется в виду долговечность деревянных конструкций мостов подверженных перечисленным выше нагрузкам и воздействиям.

Актуальность использования древесины для строительства мостов в Республике Беларусь подтверждается наличием сырьевой базы. Кроме этого рассматриваются вопросы защиты древесины мостов от гниения, горения, водопоглощения, солнечной радиации, ветра различными способами:

- конструктивными (в виде надстройки и/или местных укрытий);
- химическими (в виде пропиток/окрасок при изготовлении, монтаже и эксплуатации);
- организационными (входной контроль применяемой древесины, а в последующем: уборка, очистка и защита).

Обсуждается поиск инновационных химических технологий защиты древесины.



Кроме этого, обращается внимание на то, что, несущие конструкции деревянных мостов должны быть открытыми, хорошо проветриваемыми, доступными для осмотра. Мероприятия по повышению долговечности

(срока службы) деревянных конструкций мостов должны быть экономически целесообразны.

Научный руководитель – Пастушков В.Г.

УДК 624.19

Сравнение тоннелепроходческих комплексов «ЛОВАТ», «Херренкнехт» и механизированного щита ЩН-1С

Тарасов П.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из надежных методов, обеспечивающих устойчивость выработки и сохранность окружающего грунтового массива при механизированной щитовой проходке тоннелей в неустойчивых грунтах при повышенном гидростатическом давлении, является применение механизированных щитов, с уравниванием давления в призабойной зоне путем так называемого активного пригруза забоя.

До последнего времени эти задачи решались с помощью сжатого воздуха, водопонижения, цементации или искусственного замораживания грунтов. Все эти методы требуют значительного расхода времени и средств, а проходка под сжатым воздухом кроме того признана неприемлемой по условиям труда обслуживающего персонала.

Щитовой проходческий комплекс фирмы "ЛОВАТ", модель ME 242SE предназначается для проходки перегонных тоннелей метрополитенов с обделкой наружным диаметром 6,0 м. Комплекс может применяться как при проходке в водонасыщенных грунтах с избыточным гидростатическим давлением, так и при нормальном давлении. В первом случае порода из забоя выдается шнековым транспортером, во втором случае он заменяется ленточным.

Щитовой комплекс фирмы "Херренкнехт", модель А-609, предназначен для проходки перегонных тоннелей метрополитена со сборной железобетонной обделкой наружным диаметром 6,0 м в слабоустойчивых грунтах с гидростатическим давлением до 0,4 МПа. Для стабилизации забоя предусмотрен бентонитовый и пеногрунтовый пригруз.

Из представленного сравнительного анализа видно, что канадский комплекс «ЛОВАТ» немного превосходит «Херренкнехт» в скорости проходки и массе. По остальным критериям комплексы имеют схожие характеристики, равно как и технико-экономические показатели. Безусловно, они являются более производительными в сравнении с ЩН-1С, который используется в г. Минске. Его невысокие показатели обусловлены в большинстве своем ручным трудом.

Научный руководитель – Яковлев А.А.

Оценка защитных свойств лакокрасочного покрытия

Шикуль К. К.

Белорусский национальный технический университет

Коррозия металлических элементов мостовых конструкций наносит огромный экономический ущерб нашей стране. В связи с этим предъявляются требования к мостовым сооружениям по повышению долговечности и надежности. Самым распространенным и относительно дешевым методом защиты металла являются лакокрасочные покрытия (ЛКП). При оценке лакокрасочного покрытия большое значение имеет его внешний вид. К дефектам внешнего вида ЛКП относятся трещины, пузыри, отслаивание покрытия, коррозия покрытого металла. Наличие мест постоянного застоя воды, неровный профиль сварного шва, брызги сварки, наличие солевых, масляных и жировых загрязнений имеют большое значение в обеспечении атмосферостойкости покрытия. В действующих на территории нашей страны стандартах ISO приведены методы оценки внешнего вида конструкции.

Дефекты внешнего вида покрытия напрямую связаны с его защитными свойствами. Одним из показателей является толщина системы ЛКП. Для определения этой характеристики существуют специальные приборы – толщиномеры. В полевых условиях применяются приборы основанные на магнитном и ультразвуковом методах. Современные толщиномеры компактны, работают в автономном режиме, погрешность при измерении менее 1%. Также важным свойством ЛКП является адгезия с поверхностью металла. Для определения адгезии применяется большое количество различных методов, но на территории нашей страны, а также основным методом определения адгезии является метод решетчатых надрезов.

Хотелось бы отметить, что мостовые сооружения – это сооружения повышенной ответственности, поэтому должна обеспечиваться хорошая защита основных несущих конструкций. Также мостовые сооружения должны иметь привлекательный эстетический вид. Недооценка значимости проблемы первичной и вторичной защиты, эксплуатации и содержания мостовых сооружений, недостаточный уровень оснащенности современными приборами и оборудованием эксплуатирующих организаций и подобные причины приводит к огромным экономическим потерям и даже к серьезным катастрофам и авариям.

Научный руководитель – Пастушков В.Г.

УДК 624.21

Подготовка металлических конструкций перед нанесением защитных покрытий

Шикуть К. К.

Белорусский национальный технический университет

Металлические поверхности мостовых конструкций нуждаются в защите от вредных воздействий атмосферных и антропогенных факторов. Целью подготовки поверхности является гарантия удаления вредных веществ и получение поверхности, обеспечивающей достаточную адгезию. Основными факторами, на которые нужно обращать внимание при подготовке поверхности являются: наличие ржавчины и прокатной окалины; наличие загрязнений на поверхности, включая соли, пыль, масла и смазки; профиль поверхности. Первоначально необходимо произвести детальную подготовку сварочных швов, удаление заусенец, острых кромок. Затем необходимо удалить загрязнения, такие как жиры, соли и т.п. при помощи органических растворителей, щелочей, эмульсий.

Для очищения от прородированного металла и для обеспечения необходимого профиля поверхности производится механическая очистка – вручную с помощью шпателей, металлических щеток, скребков либо с помощью шлифовальных станков, абразивами, с помощью сжатого воздуха, может также использоваться струйная очистка с помощью песка или дроби.

Необходимо учитывать температуру и влажность окружающего воздуха т.к. что конденсация влаги на поверхности может вызвать пузыри, трещины, уменьшение адгезии и прочие дефекты. Также большое значение имеет способ нанесения лакокрасочного покрытия, например, при нанесении распылителем, его нужно держать строго перпендикулярно окрашиваемой поверхности, так как могут возникнуть потеки и наплывы, шероховатость покрытия.

Если подготовка поверхности будет выполнена качественно и в соответствии с действующими стандартами, то долговечность покрытия будет выше на 50-60%, чем без предварительной подготовки.

Научный руководитель – Пастушков В.Г.

УДК 624.21

Внедрение стекловолоконного армированного полимера для защиты деревянных пролётных строений

Денисик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Эффективная инфраструктура любой страны, жизненно важна для ее

экономики. Долговечные, надежные мосты – ее неотъемлемая часть. К сожалению, проблема реальной долговечности пролетных строений существует во всем мире. Несмотря на то, что при проектировании срок жизни пролетного строения моста устанавливается 75-100 лет, фактическая их долговечность не превышает 35-50 лет.

В качестве решения данной проблемы может быть использована композитная система для пролетных строений мостов, в которых сталь, дерево и стекловолоконный армированный полимер (GFRP) работают совместно и представляют альтернативу традиционным материалам.

Высокопрочный пластик, предлагаемый для пролетных строений мостов может эффективно включиться в совместную работу с металлом, бетоном и древесиной. Модуль упругости этого материала в два раза превосходит модуль упругости бетона, его прочность на растяжение, сжатие и изгиб превосходит прочность стали более чем в два раза, а прочность к воздействию поперечных сил всего в 2,5 раза меньше прочности стали. Следовательно, сравнительно тонкая GFR-оболочка, инкапсулирующая деревянно-металлическую проезжую часть моста и включенная в совместную работу со стальными, либо железобетонными балками, дает возможность существенно уменьшить постоянную нагрузку, улучшить перераспределение временной нагрузки между элементами пролетного строения, уменьшить расход стали на пролетное строение. Сталь и древесина, будучи полностью инкапсулированы в GFRP-оболочке, защищены от коррозии.

Основными преимуществами GFRP-композитных пролетных строений являются: ожидаемая долговечность (более 100 лет); уменьшение постоянной нагрузки от собственного веса пролетного строения, которое дает возможность либо повысить его полезную несущую способность, либо уменьшить расход стали; ускоренный монтаж (как правило, пролетные строения собираются, монтируются на строительной площадке и открываются для общественного движения в течение от 1 до 5 недель. При использовании же крупноблочных элементов пролетное строение может быть смонтировано в течение нескольких часов); минимальные эксплуатационные расходы на протяжении времени (GFRP– композитные конструкции не чувствительны к окружающей среде, не корродируют и не ухудшают своих качеств, они лишь требуют окраску открытых поверхностей раз в десятилетие); возможность круглогодичного строительства, как при холодных, так и при теплых погодных условиях.

В настоящее время данная система для пролетных строений, апробирована в Канаде, где построено и успешно эксплуатируется на автодорогах (хайвэях) десятки мостов с пролетами от 11 до 90 м.

Научный руководитель – Вайтович А.Н.

Разработка породы на дне океана

Наконешный А.С.

Белорусский национальный технический университет

При исследованиях морских месторождений оптимальным является сочетание геофизических и геохимических методов с визуальными наблюдениями и отбором проб полезных ископаемых. Применение комплекса геофизических исследований позволяет получить огромный массив информации о рельефе океанского дна, закономерностях распределения осадков, электрических, магнитных и гравиметрических полях, тепловых процессах, происходящих в океанической коре. Точная регистрация глубины является предпосылкой для любой подводной операции по пробоотбору.

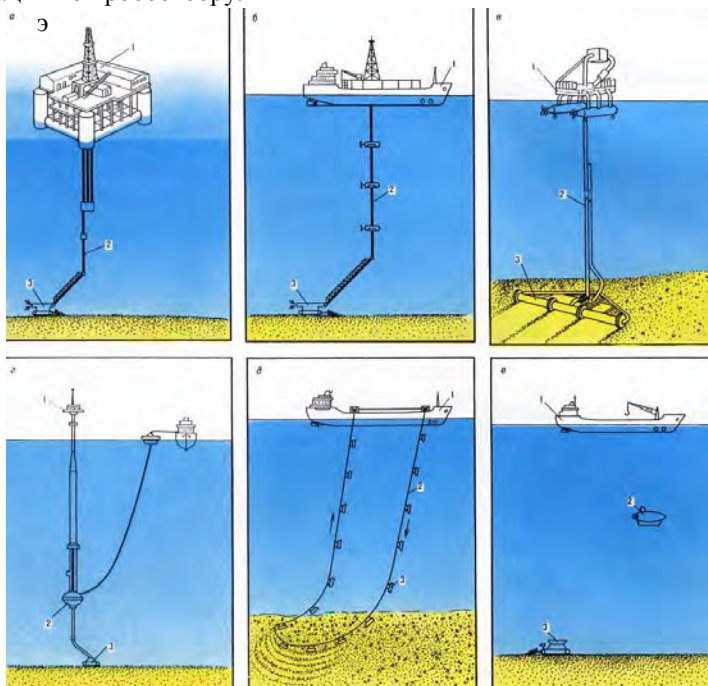


Рис.1 - Пример платформы для разработки полезных ископаемых под водой

Руководители работы – Бойко И.Л., Яковлев А.А.

Современные системы вентиляции при проходке тоннелей щитовым способом

Трофимович А. С.

Белорусский национальный технический университет

Технологические затраты и расходы на персонал при применении данного способа являются минимальными. Анализ стоимости автотранспортного туннеля показывает, что данный способ вентиляции имеет стоимость в десять раз ниже полупоперечной системы.

Другие преимущества:

- Готовность к монтажу на месте. Техническое помещение не требуется;
- Простое управление потоком воздуха путем включения вентилятора;
- Обычно меньшее энергопотребление, благодаря отсутствию сопротивления воздуховода;
- Вентиляторы могут использоваться для удаления дыма при пожаре и иметь номинальный режим работы при температуре 250°C в течение 2 часов. Некоторые модели могут работать при 400°C (по запросу) с уменьшением производительности

Однако существуют определенные ограничения.

Так, длина туннеля может быть лимитирующим фактором, так как на практике существует предельное значение для скорости воздушного потока. По соображениям безопасности скорость воздушного потока в туннеле не должна превышать 10 м/с. Обычно редко используется скорость выше 7 м/с.

Данная система обычно не является допустимой для городских туннелей с двусторонним движением длиной более 300 м, за исключением случаев, когда установлены аварийные вытяжные вентиляторы, и присутствуют аварийные выходы для пассажиров.

Потенциальная пожарная тепловая нагрузка в 100 мегаватт и более может являться ограничением на применение вентиляторов, так как средняя температура воздуха при этом превысит 300°C.

Руководитель работы – Бойко И.Л., Яковлев А.А.

**Стратегия развития
транспортных
коммуникаций
и транспортных систем**

Безопасность движения в системе управления дорожной инфраструктурой

Богданович С.В.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Автомобильные дороги, инженерные сооружения на ней, элементы обустройства – все, что относится к дорожной инфраструктуре – постоянно подвергаются агрессивному воздействию окружающей среды и транспорта, вследствие чего непрерывно разрушаются. Для предотвращения их выходы из строя необходимо выполнять ремонтные мероприятия. Особенностью дорожной инфраструктуры является высокая стоимость ремонтных работ. Инструментом оптимизации стоимости работ являются системы управления инфраструктурой, которые сейчас активно развиваются в мире.

Под управлением инфраструктурой понимается процесс стратегического управления транспортной системой экономически эффективным образом. Все системы управления включают в себя следующие основные этапы: разработка программных целей и задач, сбор данных, планирование и разработка программ, выполнение программ, мониторинг и анализ результатов.

Общие принципы построения систем управления отдельными элементами инфраструктуры позволяют разработать систему управления безопасностью дорожного движения. Под ней понимается взаимосвязанная совокупность процедур и моделей сбора и обработки данных о безопасности дорожного движения и влияющем на нее состоянии автомобильной дороги, а также разработанное на их основе программное обеспечение для подготовки проекта плана инженерных мероприятий.

Здесь можно усмотреть аналогию с системой управления состоянием покрытий (СУСП), что сделано намеренно, так как, по нашему мнению система управления безопасностью дорожного движения и должна со временем быть интегрирована со СУСП, а позднее и в единую систему управления инфраструктурой, как это сделано в развитых странах.

С позиций системного подхода можно предложить на этапе создания и внедрения системы управления безопасностью дорожного движения следующую цель верхнего уровня: «Обеспечить в среднесрочной перспективе уменьшение количества участков с неудовлетворительными дорожными условиями на сети республиканских автомобильных дорог».

**Обеспечение надёжной работы нежестких одежд
государственных автомобильных дорог Литовской Республики***

Булявичюс М., Петкявичюс Р., Петкявичюс Э.

АО "Проблематика",

Дирекция автомобильных дорог Литвы,

АО "Летувос Гележинкеляй"

Наши исследования показали, что для надёжной работы автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием (в климатических и транспортных условиях Литвы) необходимы следующие значения начального коэффициента прочности дорожных одежд K_{np} : для автомагистралей $K_{np} \geq 1,5-1,6$, для дорог I технической категории $K_{np} \geq 1,4-1,5$, II категории – $K_{np} \geq 1,3-1,4$, III категории – $K_{np} = 1,2-1,3$, IV категории – $K_{np} = 1,1-1,2$, V категории – $K_{np} = 1,05-1,1$. В конце межремонтного срока дорожных одежд, составляющего не менее 8–10 лет, их прочность по показателю K_{np} должна быть: для автомагистралей $K_{np} \geq 1,00-1,05$, для дорог I технической категории $K_{np} \geq 0,95-1,00$, II и III категории – $K_{np} \geq 0,90-0,95$, IV категории – $K_{np} \geq 0,85-0,90$, V категории – $K_{np} \geq 0,80-0,85$. Для обеспечения необходимой прочности устраиваемых дорожных одежд целесообразно применять местные минеральные материалы. Наши исследования привозного гранитного щебня показали, что его качество соответствует предъявляемым требованиям, а добываемый в Литве доломитовый щебень тоже соответствует требованиям нормативных документов. Мы провели испытания физико-механических показателей (устойчивости, пластичности и остаточной пористости по Маршаллу) мелкозернистого асфальтобетона марки 0/11 S-V, предназначенного для верхних слоёв покрытий дорог с интенсивным движением транспортных средств (ТС), приготовленного на основе гранитного и доломитового щебня, а также испытания показателей качества гранитного и доломитового щебня и убедились, что показатели качества обоих видов асфальтобетона, также гранитного и доломитового щебня, соответствовали требованиям нормативных документов. При этом значения соответственных показателей свойств этих материалов отличались весьма незначительно. Полагаем, что применяемый для верхних слоёв дорожных одежд гранитный щебень частично можно заменить доломитовым щебнем и таким образом уменьшить стоимость дорожных одежд. Соблюдая намеченную прочность устраиваемых дорожных одежд, будет обеспечена требуемая их надёжность и

* Работы ведутся с участием К. Петкявичюса.

приемлемые условия движения ТС.

УДК 625.7/8.001.5

Контроль качества в системе дорожного мониторинга

Буртыль Ю.В.
РУП «Белдорцентр»

В процессе эксплуатации автомобильных дорог необходимо проводить непрерывный контроль состояния дорожных одежд в течении гарантийного срока службы и далее в течении расчетного срока службы. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния республиканских дорог проводится по параметрам ровности покрытия, прочности дорожной одежды, состояния по наличию дефектов на покрытиях, коэффициенте сцепления колеса с дорогой. Для каждого показателя существуют предельные количественные значения, достижение которых вызывает необходимость в проведении ремонтно-восстановительных работ.

Основной причиной снижения долговечности и работоспособности дорожных одежд являются деформации материалов, сформированные под воздействием транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов. С ростом деформаций, формирующихся в дорожной одежде, возрастает количество неровностей, отражаемых на покрытии. Просадки, проломы, искажения продольного профиля накапливаются с течением времени. В этом случае, интегрирующим показателем качества дорожной конструкции, является ровность дорожного покрытия. Оценить надежность и работоспособность дорожной одежды в течении всего жизненного цикла можно на основании не только предельного значения эксплуатационных показателей, но и величины ежегодного прироста неровностей. В этом случае величина прироста неровностей определяет интенсивность прироста деформаций ежегодно. Выдвигаемая гипотеза-метод позволяет оценить состояние дорожной одежды не только на соответствие ровности покрытия предельным значениям, но и установить срок службы покрытия до проведения ремонта.

Для формирования методики оценки качества дорожных конструкций по показателю величины прироста неровностей необходимо провести анализ результатов измерения ровности за длительный период и установить закономерность ее изменения. В РУП «Белдорцентр» за 14 лет проведены исследования изменения ровности покрытия во времени и установлены предельные значения прироста деформаций для дорог различных категорий, интенсивности движения, типа дорожной одежды. Проведенные измерения за длительный период на опытных участках

позволяют утверждать о допустимости применения линейной модели изменения неровностей при оценке сети автомобильных дорог в целом.

УДК 625.7

Системы транспортных коммуникаций в Евразийском Союзе

Бусел А.В.

Белорусский национальный технический университет

Международные автомобильные дороги в Евразийском Союзе имеют протяженность более 35 тыс. километров. Они служат основой экономического развития этого объединения, поскольку создают опорную сеть грузоперевозок между производителями и потребителями продукции, интегрированных в общую систему товарооборота. Объединение и унификация работы всех технических служб на международных транспортных коридорах является основной задачей дорожных администраций в современных условиях. Эту работу невозможно выполнить без развития информационных систем, включающих:

– подсистему контроля качества состояния дорог, особенно в зонах их пересечения и примыкания;

– аппаратуру дистанционного постоянного контроля деформаций и смещений объектов в зонах повышенной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций (дамбы, мосты, плотины, тоннели, виадуки, защитные сооружения) и программные средства прогнозирования изменения ситуации и возможного возникновения локальных и масштабных разрушений;

– подсистему дистанционного контроля уровней воды, перемещения оползней, снежных, ледяных и песчаных масс, селевых и водных потоков, возникновения камнепадов и др., а также интерактивные программные средства прогнозирования изменения ситуаций;

– подсистему контроля и прогнозирования метеорологической обстановки в зоне транспортного коридора (видимость, температуры воздуха и дорожного покрытия, наличие гололеда, тумана, дождя, задымленности) и оповещения обслуживающих транспортный коридор служб о негативных ситуациях;

– подсистему дистанционного контроля перемещения транспорта и грузов, в том числе в тоннелях, ущельях, условиях плотной городской застройки и др.

Имея эти данные, можно оперативно принимать управляющие решения по обеспечению безопасности движения и предупреждению задержек грузопотоков. Кроме того, создание аналитической системы обработки

информации позволяет в реальном времени прогнозировать скорость транспортного потока с привязкой к конкретным участкам дорог.

УДК 625.7.002.5

Стратегия развития механизации дорожной отрасли Республики Беларусь

Вавилов А.В.

Белорусский национальный технический университет

Стратегия развития страны, намеченная ее руководством, определяет развитие основных отраслей народнохозяйственного комплекса, в том числе и дорожной отрасли. Намечены к реализации большие объемы дорожного строительства и соответственно увеличиваются объемы по содержанию дорог.

В целях снижения себестоимости производства работ необходимо наметить стратегию эффективного развития механизации.

Создание новой дорожной техники диктуется современными применяемыми и перспективными технологиями и материалами.

Как известно, ведется строительство 2-й кольцевой дороги вокруг города Минска с цементобетонным покрытием. Поскольку ранее велось строительство дорог, в основном с асфальтобетонным покрытием, ставится задача создания комплектов отечественных машин, обеспечивающих строительство твердых покрытий из цементобетона. Эту задачу могут успешно решать белорусские дорожные машиностроительные предприятия, особенно ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга. Технологические требования к машинам такого комплекта должны быть сформулированы технологами-дорожниками РУП «Управляющая компания холдинга «Белавтодор» и дорожных кафедр БНТУ.

Стратегия развития механизации дорожной отрасли должна быть направлена на создание техники, позволяющей значительно снизить себестоимость выполнения механизированных работ. Для этого рекомендуется создавать многофункциональные машины с большим набором легкоъемного рабочего оборудования различного функционального назначения. Такой прием создания дорожной техники позволит существенно улучшить эксплуатационные показатели дорогих базовых машин: автомобилей, тракторов, тягачей. Кроме этого, машины должны создаваться круглогодичного использования и совмещающие выполнение несколько технологических операций, а также удовлетворяющие экономическим, экологическим, эргономическим требованиям и требованиям дизайна. Должны создаваться машины,

способствующие решению экологических и энергетических проблем. Речь идет о выполнении работ по расчистке полосы отвода дорог от нежелательной древесной растительности.

УДК 625.7

Создание шумопонижающих асфальтовых покрытий в Литве

Вайткус А., Воробьёвас В., Андряускас Т.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

Одной из самых больших природоохранных проблем является шум в окружающей среде. Статистически 20-30% жителей Евросоюза постоянно подвергаются воздействию шума, превышающего самые верхние допустимые границы, что с течением времени оказывает вредное влияние на здоровье человека. Расходы в ЕС на борьбу с шумом достигают 40 млрд. евро в год. В будущем, до 2050 г., расходы, достигнут 60 млрд. евро в год.

Институт исследования дорог Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса провел экспериментальную научно-исследовательскую работу по применению шумопонижающих асфальтовых покрытий в условиях климата Литвы. Во время исследования были проанализированы механизмы взаимодействия покрышки и дорожного покрытия и действующие на них факторы поведения дорожного покрытия, покрышек, окружающей среды и водителя. Установлено, что поверхность дорожного покрытия является одним из важнейших аспектов, определяющих шум, создаваемый от контакта покрышки и покрытия. Были созданы концептуальные приспособленные к климату Литвы шумопонижающие асфальтовые смеси SMA 5 TM, SMA 8 TM, TMOA 5. Эти асфальтовые смеси похожи на традиционные смеси SMA и AC, однако в связи с меньшим размером самой большой частицы минеральных веществ в асфальтовой смеси и специально спроектированного гранулометрического состава отличаются оптимизированной текстурой поверхности покрытия, уменьшающей образование вибраций покрышки. В этих смесях также увеличено количество воздушных пустот, что позволяет слоям асфальтового покрытия абсорбировать звуковые волны, распространяющиеся по поверхности дорожного покрытия. Проведены сравнительные лабораторные исследования широкого масштаба, во время которых определены физические и механические свойства концептуальных шумопонижающих и традиционных асфальтовых смесей, шумопонижающие свойства (коэффициент абсорбции и средняя глубина текстуры) и сопротивляемость климатическому воздействию (потери

частиц массы и устойчивость к растрескиванию после 0, 12, 25, 38 и 50 циклов похолодания/замерзания).

В будущем планируется созданные шумопоглощающие асфальтовые смеси испытать на практике в реальных условиях эксплуатации.

УДК 625.7

Применение усовершенствованных покрытий на автомобильных дорогах Литвы*

Вайткус А., Туминене Ф., Гражулите Ю.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

В Литве 33,77% дорог государственного значения составляют дороги с гравийным покрытием. Поэтому с целью увеличения эффективности управления и развития районных дорог с малой интенсивностью движения необходимо предусмотреть претворение в жизнь решений, требующих меньше затрат, – оборудование усовершенствованных покрытий.

К усовершенствованным покрытиям относятся мягкий асфальт (англ. soft asphalt) и двухслойная облицовка поверхности (англ. Double Ottaseal). Эти проектные решения применимы на дорогах с гравийным покрытием, на которых $VMPEI < 500$ авт./сутки проектная нагрузка $A < 0,1$ млн.

В 2012 году в Литве было оборудовано всего 63,71 км участков дорог с усовершенствованными покрытиями такого типа. Все проекты осуществлены вблизи населенных пунктов. Улучшились как условия движения, так и санитарные условия жителей.

После оборудования первых участков с усовершенствованным покрытием проведено исследование их функционирования, оценена пригодность проектных решений такого типа для автомобильных дорог Литвы. Во время исследований установлено, что 29 из 31 исследованного дорожного участка соответствуют требованиям международного показателя неровности ($IRI \leq 3,5$ м/км). Кроме того, установлено, что появившиеся после зимы на покрытиях продольные и (или) поперечные трещины из-за применявшегося для оборудования покрытий мягкого (малой вязкости) битума в летний период самопроизвольно затягиваются. Этим обуславливается снижение затрат на надзор за дорогами в течение всего эксплуатационного периода.

В целом на дорогах с гравийным покрытием при оборудовании мягкого асфальта вместо привычного асфальтового покрытия ежегодная экономия могла бы составить 5,36 млн. евро, а при оборудовании двухслойной облицовки поверхности даже 7,77 млн. евро. Эти сбережения создали бы

* Работы ведутся с участием В. Воробьёваса.

условия для более эффективного развития районных дорог с малой интенсивностью движения.

УДК 625.7

Исследование сопротивляемости остаточным деформациям верхнего слоя применяемого в Литве асфальта*

Вайткус А., Шярнас О.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

В Литве широко применяются асфальтовые покрытия дорог, по которым осуществляется интенсивное транспортное движение. При оборудовании и эксплуатации асфальтовых покрытий особенно актуальна проблема образования выбоин. Климат Литвы характеризуется жарким летом и холодной зимой. Поэтому асфальтовые смеси, пригодные для холодного периода года, не годятся для высоких температур.

Несмотря на то, что уже в течение многих лет выбоины являются одной из самых больших проблем, в нормативных документах Литвы до сих пор не содержатся требования к глубине колеи асфальтовых смесей. С этой целью проведено экспериментальное исследование, целью которого было оценить сопротивляемость образованию выбоин асфальтовых смесей, применяемых для изнашиваемого слоя асфальта, и сравнить с требованиями в зарубежных странах с аналогичным климатом.

Установлено, что наиболее устойчивыми к выбоинам являются асфальтовые смеси SMA 11 S с PMB 45/80-55 и AC 11 VS с PMB 45/80-55, в которых установленная глубина колеи составляет соответственно 1,7 мм и 2,0 мм. Наиболее чувствительными к образованию выбоин являются смеси SMA 8 S с PMB 45/80-55 и SMA 8 N с 70/100, в которых установленная глубина колеи составляет соответственно 2,5 мм и 4,0 мм.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что быстрее всего колея формировалась в асфальтовых смесях SMA 8 N с битумом 70/100 и SMA 8 S с битумом PMB 45/80-55 (соответственно 0,22 и 0,16 мм/10³ циклов). Медленнее всего колея формировалась в асфальтовой смеси SMA 11 S с PMB 45/80-55, где глубина колеи после 10³ циклов составила 0,07 мм.

Скорость формирования колеи в исследованных смесях соответствует установленным требованиям: $WTS_{AIR} < 0,5$ мм (Польша) и $WTS_{AIR} < 1,0$ мм (Латвия).

Рекомендуется включить в нормативный документ Литвы TRA ASFALTAS 08 требования к применяемым для оборудования

* Работы ведутся с участием В. Воробьёваса.

изнашиваемого слоя асфальтовым смесям с щебнем и мастикой для общей глубины колеи (RD_{AIR}), относительной глубины колеи (PRD_{AIR}) и прогиба образца (WTS_{AIR}).

УДК 625.11

«Конструкция безбалластного стрелочного перевода 1/9 P50» *

Васильев А.Е.

Белорусский национальный технический университет

Применяемая в настоящее время в метрополитенах СНГ конструкция стрелочных переводов предполагает укладку их на щебень и деревянные брусья со скреплениями типа «Метро» или КД-50. Основным недостатком данной конструкции является малый срок службы деревянных брусьев и шпал. Также с течением времени происходит загрязнение балласта, соответственно, требуется замена щебня — процедура крайне трудоемкая в стесненных условиях метрополитена. Замена стрелочных брусьев в тоннеле также сложная, длительная и трудозатратная работа, которую приходится выполнять поэлементно.

По этим причинам была разработана новая конструкция стрелочного перевода типа P50 марки 1/9 на монолитном основании. Основные особенности нового стрелочного перевода:

- используется сплошное железобетонное основание вместо щебеночного балласта и деревянных брусьев;
- применяется новый тип стрелочных подкладок, в том числе под крестовиной, контррельсами, корнями остряков, с использованием упругой клеммы SKL 12-32 Vossloh;
- стрелочные подкладки крепятся к бетону с помощью путевых химических анкеров HRC фирмы Hilti;
- в дополнение к креплению на анкер Hilti стрелочные подкладки приклеиваются к бетону подливочным раствором Icosit; подливочный раствор одновременно является клеящим компонентом и упругой подкладкой, поглощающей шум и вибрацию.

Переход к новой конструкции стрелочного перевода отвечает всем требованиям надежности пути, позволяет сэкономить на обслуживании, обеспечивает высокую скорость и интенсивность движения, уменьшает шум и вибрацию. Безбалластный стрелочный перевод при всех своих достоинствах является хорошим решением, к которому все чаще будут прибегать при строительстве метрополитенов.

* Научный руководитель: д.т.н., профессор Леонович И.И.

Эффективность и качество проектов строительства автомобильных дорог

Виткене Ю., Лауринавичюс А.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

Эффективность и качество проектов строительства обуславливают, прежде всего, правильностью процессов проектирования, их целостностью и слаженностью работы проектной команды. Однако зачастую при работе с проектами возникает много проблем, недоразумений, затруднений и потерь на строительной площадке из-за того, что решения, принимаемые во время строительства, отклоняются от первичных решений технического проекта. Проектам не хватает законченности, детальности и согласованности между отдельными частями проекта. Поэтому необходимы общие усилия всех участников проекта от момента первичного развития идеи до сдачи объекта в эксплуатацию. Необходимо улучшать сотрудничество между проектировщиками и строительными, производственными организациями.

В последнее время все чаще применяется термин BIM (англ. Building Information Modeling). Благодаря системе BIM, используя определенное программное оборудование, собирается вся информация о 3D (пространственной) модели сооружения в единое хранилище данных, которыми одновременно могут пользоваться и работать проектировщики отдельных частей проекта, а изменения в любой части модели автоматически генерируются во всей модели, и корректируется вся документация проекта. Вся команда проекта может видеть обобщенный результат, что позволяет избежать ошибок проектирования, которые могут в значительной степени повлиять на сроки завершения проекта и цену выполнения работ. BIM – это не только 3D вид проектируемого объекта, но и модель, применяемая для координирования действий и работ, коммуникации, расчета количества материалов и планирования ресурсов.

Применение технологии BIM в секторе строительства автомобильных дорог несколько отстает от ее применения в секторе строительства зданий. Поэтому необходимо лучшие методики применения BIM, которые уже имеют большой опыт применения системы BIM, применять и адаптировать при строительстве автомобильных дорог, так как это будет способствовать улучшению эффективности и качества проектов дорожного строительства.

**Кадровое обеспечение программы развития
транспортных коммуникаций Республики Беларусь**

Вишняков Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги являются важнейшей частью транспортной системы государства и в то же время мощной централизующей силой, без которой немислимо его экономическое, социальное и культурное развитие. Главными приоритетами государственной дорожной политики являются создание условий для развития национальной экономики, обеспечения безопасности страны, за счет комплексного развития сети автомобильных дорог общего пользования, позволяющего удовлетворить общегосударственные, региональные и иные нужды в перевозках пассажиров и грузов. В связи с этим кадровое обеспечение дорожной отрасли в современных условиях является одним из краеугольных камней её развития.

Необходимо отметить, что для достижения в кратчайшие сроки эффективных результатов по сохранению и развитию дорожной сети республики актуально применение современных инновационных технологий при ведении проектных, дорожно-строительных и эксплуатационных работ, новой передовой высокопроизводительной дорожно-строительной техники и оборудования, для чего, в свою очередь, необходимо наличие высококвалифицированных кадров и специалистов.

Данная потребность встает с особой остротой, учитывая некоторую переориентацию профессиональной направленности населения в период рыночных реформ и дефицит в связи с этим квалифицированных кадров в дорожном секторе. Вторая проблема, стоящая очень остро, – это проблема «старения» кадров в дорожной отрасли. Анализ возрастного состава служащих в дорожной отрасли показывает, что при общем количестве служащих в дорожной отрасли около 10-11 тысяч специалистов, к 2020 году пенсионерами будут свыше 4 тысяч специалистов-дорожников, в том числе свыше 1800 руководителей дорожной отрасли. Это данные прогноза потребности в инженерных кадрах для дорожной отрасли по Департаменту «Белавтодор» на период 2002-2017гг.

В связи с вышеизложенным для кадрового обеспечения программы развития дорожной отрасли необходимо совместное решение проблемы вузами и дорожными организациями страны.

Требования к характеристикам асфальтовых смесей, используемых в зонах воздействия особых нагрузок*

Воробьёвас В., Шарнас О.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

За последнее десятилетие значительно увеличились потоки транспорта, вес транспортных средств и давление покрышек на покрытие, что способствует увеличению остаточных деформаций в слоях асфальтового покрытия. Остаточные деформации являются основным типом разрушений асфальтового покрытия.

В результате анализа влияния компонентов асфальтовых смесей на сопротивляемость деформациям, на основании методик проектирования асфальтовых смесей, применяемых в Литве и за рубежом требований к качеству асфальтовых смесей получены следующие выводы:

1. Для минеральных материалов, применяемых для производства асфальтовых смесей рекомендуются следующие физические и механические характеристики: показатель формы SI_{20} ; показатель плоскости FI_{20} ; коэф. Los Andželo LA_{20} ; сопротивляемость полированию PSV_{50} ; процент частиц с обкрошившейся и расколотой поверхностью $C_{100/0}$;

2. Для минеральных материалов, применяемых для производства асфальтовых смесей для подвергающихся особым нагрузкам покрытий рекомендуются следующие физические и механические характеристики:

прочность битума к сгибанию $S - T_{-22}(S_{60}) \leq 300$ МПа; $T_{-22}(m_{60}) \geq 0,3$; комплексный модуль сдвига $G^* \times \sin \alpha \geq 1,0$ кПа; пенетрация 35–50 0,1 мм; температура размягчения ≥ 80 °С; упругая восстанавливаемость $\geq 90\%$ (только для полимерами модифицированного битума);

3. Физические и механические характеристики асфальтовых смесей, рекомендуемые для покрытий, подвергающихся особым нагрузкам: толщина пленки частиц, покрытых битумом, должна быть в пределах 7-9 мм; количество воздушных пустот минеральных веществ в щебенке и мастике асфальтовых смесей должно быть в пределах $\geq 17,0\%$, а асфальтобетона 14,0–16,0%; количество воздушных пустот в асфальтовой смеси должно быть в пределах 3,0–4,0%; соотношение битума и минерального порошка должно быть в пределах 0,6–1,2; сопротивляемость выбоинам $PRD_{AIR} \leq 5\%$ (при 60 °С, нагрузке 1550 N, 30 000 циклов), скорость образования выбоины $WTS_{AIR} \leq 0,05$ мм/1000 циклов; прочность $S \geq 6000$ МПа (IT-CY, при 20 °С).

* Работы ведутся с участием А. Вайткуса.

Основные направления развития лесотранспортной системы лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий

Вырко Н.П.

Белорусский государственный технологический университет

На формирование транспортной сети лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий существенное влияние оказывают многочисленные факторы: рельеф местности, наличие болот, запас древесины на единицу площади рассматриваемого района другие. В настоящее время общая площадь земель лесного фонда составляет примерно 94 тыс. км², из которых 80 тыс. км² или 85,1 %, а к концу пятилетки должна составить 82 тыс. км² или 87,2 %. Следовательно в перспективе объем транспортных и погрузочно-разгрузочных работ увеличится. Поэтому большое значение имеет необходимость устраивать оптимальное протяжение транспортных путей (дорог), а густоту транспортных путей довести до 430 м/га, которая обеспечит устойчивое развитие и управление лесным хозяйством.

В настоящее время протяженность транспортных путей, используемых для вывозки заготовленного леса, составляет более 113 тыс. км лесных автомобильных дорог и дорог общего пользования, в том числе дорог круглогодого действия 17,4 тыс. км или 15,4 %, дорог с грунтовым покрытием 95,6 тыс. км или 84,6 %. Грунтовые дороги в период весенней (осенней) распутицы трудно проезжаемы, поэтому при их строительстве необходимо предусматривать различные виды покрытий: колейные с покрытием только колеи из деревянных щитов типа ЛВ-11, железобетонных плит. Сплошные покрытия, к которым относятся гравийное покрытие, покрытие из грунта (гравия) обработанного органическим (битум) и минеральным вяжущим (цемент), покрытие грунтовое укрепленное скелетными добавками, канатные и канатно-подвесные дороги.

Состав (гранулометрический) оптимальных гравийных (щебеночных), грунтовых смесей приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Грунтовая оптимальная смесь (искусственная или естественная)

Слой дорожного покрытия	Количество частиц, прошедших через сито, %				
	Диаметр отверстий сита, мм				
	2,5	1,0	0,63	0,25	0,05
Верхний	80–100	50–80	40–60	30–50	25–35
Нижний	80–100	–	35–60	20–50	10–30

Развитие техники и технологии на этапах строительства Минского метрополитена*

Гладкая А. С.

Белорусский национальный технический университет

История Минского метро уходит своими корнями в конец 1960-х, но сразу воплотить задуманное не удалось, и лишь в 1976 г. «Минскпроект» разработал схему 8-станционного метрополитена, который должен был пройти под проспектом Ленина, и в этом же году Совмин СССР утвердил проектную стоимость и дал "добро" на строительство метро в Минске. Таким образом, можем выделить первый этап развития минского метрополитена: конец 1960-х – декабрь 1976 гг.

2 этап: строительство первой линии метрополитена от ст. «Институт культуры» до ст. «Московская». Одна из станций (ст. «Пл. Ленина») на то время была построена новым методом – «стена в грунте».

3 этап: продление первой линии до станции «Восток». Данный участок был спроектирован и построен в сжатые сроки.

4 этап: строительство первой очереди второй линии метрополитена. По проекту заложено 15 станций. В 1982 г. Началось строительство дамбы через р. Свислочь в районе будущей ст. «Первомайская».

5 этап: строительство второй очереди второй линии метрополитена – ст. «Молодежная» и ст. «Пушкинская».

6 этап: строительство третьей очереди второй линии метрополитена – ст. «Партизанская» и ст. «Автозаводская».

7 этап: продление второй линии до ст. «Могилевская». Впервые разработаны новые стандарты: платформа 15 м в ширину, а длина станции укорочена на 50 м, что дало возможность не закрывать проспект полностью. Впервые сделаны и павильоны для входа, которые укрывают от осадков лестницы, а также построены два лифта для инвалидов.

8 этап: продление второй линии до ст. «Каменная горка». Впервые специалисты столкнулись с проблемой прокладки тоннеля по торфам.

9 этап: третий участок первой линии – ст. «Борисовский тракт» и ст. «Уручье».

10 этап: продление до ст. «Петровщина».

11 этап: продление первой линии до ст. «Малиновка».

12 этап: строительство 3 линии. Планируется применение тоннелепроходческого механизированного комплекса.

* Научный руководитель: д.т.н., профессор Леонович И.И.

**Обоснование конструкций земляного полотна и дорожных одежд
лесных автомобильных дорог на слабых основаниях**

Драчиловский А. И.

Белорусский государственный технологический университет

Лесные автомобильные дороги на слабых основаниях представляют собой земляное полотно, отсыпанное на торфяных грунтах или устроенное на заболоченных участках местности (к ним относятся грунты с содержанием растительных осадков от 10 до 60 %). Также основание насыпи считается слабым, если активная зона состоит из слабых грунтов, которые имеют мощность свыше 0,5 метров. В свою очередь слабые основания классифицируются на различные по устойчивости типы. Этот показатель определяется их свойствами и состоянием.

Главные трудности связаны с процессом обеспечения стабильности земляного полотна. Как правило, в этом случае по традиции заменяют слабые основания грунтов на песчаные (или любые другие устойчивые минеральные). Однако этот способ требует больших финансовых и трудовых затрат. Именно поэтому большое распространение получили различные методы, при которых слабые грунты не удаляются, а остаются в качестве несущего основания насыпи. Однако, путем различных мероприятий, им добавляют стабильности.

Чтобы усилить слабые основания грунта и повысить их несущую способность используются последние технологии, включающие создание разделяющих и армирующих прослоек из геосинтетических материалов (геосеток). В процессе строительства лесных дорог на слабых основаниях, а именно при отсыпке насыпей, они (насыпи) дают усадку в основание даже при введении разделяющей прослойки из геосинтетического материала. Чтобы добиться самого эффективного взаимодействия насыпи с основанием, необходимо чтобы нагрузка от насыпи к основанию передавалась по линиям равных сжимающих напряжений. Кроме того, важно, чтобы линии прогиба совпали с линиями равных напряжений.

Существенное влияние на кривизну линий нормальных напряжений на границе конструктивных слоев насыпи земляного полотна и основания будет оказывать то, какие грунты залегают в основании. В частности, чем слабее основание, тем более крутая кривизна линий нормальных напряжений.

Кроме этого, жесткость подстилающего слоя можно повышать за счет дополнительного введения поперечных деревянных элементов, которые вместе с разделяющей прослойкой образуют настил, армируя слабое основание.

Изменение температуры земельной насыпи в зависимости от температуры поверхности асфальтового покрытия в Литве*

Жилюте Л., Туминене Ф., Мотиеюнас А.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

Дороги Литвы размещены довольно равномерно, однако ранее проложенные дороги не могут выдержать не только увеличившихся транспортных нагрузок, большой интенсивности грузового транспортного движения, но и влияния температурных изменений. Несущая мощность имеющихся конструкций покрытий и необходимость их упрочнения чаще всего определяются, руководствуясь исследованиями состояния поверхности покрытия и прочности конструкции. Как в ходе проектирования новых дорог, так и при проведении их капитального ремонта проводятся геологические исследования местности, однако данные о мерзлоте, ее глубине, продолжительности и температурных изменениях в конструкции покрытия отсутствуют. С этой целью в поселке Пагирай Вильнюсского района в 2007 г. был оборудован опытный участок автомобильной дороги протяженностью 710 м, охватывающий 27 различных конструкций покрытий. Установлены измеритель интенсивности движения, датчики температуры и влажности на разных глубинах слоев конструкции покрытия и датчики напряжений и деформаций. Температурные данные начали фиксировать с 2012 г. В 2012 г. амплитуда температуры на поверхности асфальтового покрытия была от +49,65 °С до -23,35 °С (73,00 °С), в 2013 г. от +50,93 °С до -15,79 °С (66,72 °С) и в 2014 г. от -18,88 °С до +50,03 °С (68,91 °С). Самая низкая температура была зафиксирована в январе, а самая высокая в июле. Переход температуры от положительной к отрицательной и наоборот на поверхности асфальтового покрытия от октября до апреля в 2012–2014 гг. был зафиксирован от 120 до 130 раз, а на глубине 4 см – от 88 до 94 раз. В земляной насыпи (глубиной от 100 до 150 см) в анализируемый период 2012–2014 гг. переход температур через нулевую границу происходил два раза – с появлением мерзлоты и в период потепления (во время распутицы). Мерзлота на глубине 100 см продолжалась около двух месяцев (с середины января до середины марта, самая низкая температура зафиксирована до -4,47 °С), на глубине 130 см – около шести недель (с конца января до середины марта, самая низкая температура зафиксирована до -2,06 °С), на глубине 150 см – до 4 недель (с начала февраля и до конца месяца, самая низкая температура зафиксирована до -1,11 °С).

* Работы ведутся с участием Д.Чигаса.

**Методы математического моделирования
в современных транспортных системах**

Капусто А.В.

Белорусский национальный технический университет

Транспортные системы (ТС) занимают важнейшее место в обеспечении практически всех сфер деятельности экономики и общества. Естественно, повышение эффективности их функционирования является необходимым условием развития и совершенствования экономики и качества жизни населения. Остановимся на приложениях отдельных разделов и направлений математического моделирования к решению задач планирования и управления ТС.

Прежде всего, следует выделить математическое программирование, которое представляет собой класс методов, предназначенных для решения оптимизационных задач, и включает следующие разделы, имеющие большое значение для решения указанных задач: линейное программирование, дискретное программирование, динамическое программирование, программирование на сетях.

В связи с растущим влиянием логистического подхода к организации транспортного процесса и управлению материальными потоками для решения определенных задач может быть использована теория исследования операций, которая включает методы сетевого планирования и управления, теорию расписаний, модели управления запасами, теорию массового обслуживания. Для обеспечения многоцелевого характера эффективности функционирования ТС следует использовать методы многокритериальной оптимизации. Оценка качества и надежности транспортных средств и сооружений использует методы статического анализа: проверку статистических гипотез, дисперсионный анализ, корреляционно-регрессионный анализ, анализ временных рядов.

Перспективным направлением использования математического моделирования является переход от детерминированного к вероятностному моделированию, разработке проектов с заданным уровнем гарантии их реализации в установленные сроки. Кроме того, развитие информационных технологий привело к росту популярности и прикладных возможностей имитационного моделирования.

**Специфичность конструкций покрытия,
устойчивых к статическим и ударным нагрузкам***

Клейзене Р., Гражулите Ю.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

В конструкциях покрытия специальных объектов (перронов аэродромов, площадок для стоянки воздушных судов, набережных и терминалов морских портов, терминалов логистики, площадок для складирования различных грузов, автомобильных стоянок, площадок для переработки отходов и т. п.) преобладают пластические деформации (особенно в верхнем слое покрытия). В связи с усиленным развитием таких нарушений эксплуатируемые конструкции покрытия часто приходится ремонтировать и (или) реконструировать гораздо раньше, чем это предусмотрено в проекте.

Одной из основных причин, обуславливающих формирование пластических деформаций, является влияние статических и (или) ударных нагрузок. Эти нагрузки отличаются особенно высоким давлением на покрытие (от 0,01 МПа до 40 МПа) и длительным периодом нагрузки. Этим обуславливается невосстанавливаемость асфальтового покрытия. Ситуация еще более обостряется в связи с зависимостью характеристик асфальта от температуры. При низкой температуре асфальтовой смеси присущи свойства вязкоупругого тела, а при высокой температуре – упругопластического тела. Развитие пластических деформаций в асфальтовом покрытии можно ограничить, применяя твердые (большой вязкости) битумы. К сожалению, выбор такого связующего при низких температурах обуславливает появление температурных трещин.

В Литве температура поверхности асфальтового покрытия изменяется в диапазоне более чем на 70 °С, поэтому проектируемые конструкции покрытия должны соответственно функционировать как при высоких температурах (+50 °С), так и при низких температурах (–20 °С).

В связи со специфичностью влияния преобладающих в специальных объектах статических и ударных нагрузок при проектировании конструкций покрытия этих объектов особенно большое внимание должно быть уделено выбору верхнего асфальтового слоя покрытия.

Рекомендуется, чтобы сопротивляемость выбоинам, характеризующая относительной глубиной колеи после 30 000 циклов при температуре 60 °С и нагрузке на колесо 1,52 кН, была не больше 5 %, а прогибобразца от проезжающего колеса не превышал 0,05 мм/1000 циклов нагружения.

* Работы ведутся с участием А. Вайткуса.

Оценка влияния нагрузок, создаваемых автомобильным транспортом, в методиках проектирования конструкций дорожного покрытия*

Клейзене Р., Чигас Д.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

Деградация конструкции дорожного покрытия зависит от различных факторов, однако наиболее существенным и важным является проектная нагрузка. Превышенная проектная нагрузка во время эксплуатации оказывает влияние на преждевременное разрушение покрытия, а также на образование пластических деформаций и (или) усталостных трещин. Нормативные документы Литвы указывают, что проектная нагрузка – это сумма нагрузок от эквивалентной 10-тонной оси за намеченный срок пользования, чаще всего составляющий 20 лет. Однако зачастую суммарное значение эквивалентной стандартной осевой нагрузки не отражает настоящей ситуации в потоке автомобильного транспорта.

Проведен анализ данных по двум магистральным дорогам № А1 (111,36 км) и № А6 (137,04 км), а также по одной краевой дороге № 131. Установлено, что на магистральных дорогах 5,2–5,5% от общего потока тяжелого транспорта превышали максимально допустимую общую массу. Также было установлено, что давление в покрышках тяжелых транспортных средств варьировало от 300 до 1200 кПа, в 50,3% всех исследованных покрышек установлено давление 800–900 кПа, в 36,6% покрышек – давление 900–1000 кПа, в 10,0% покрышек – 700–800 кПа. Наибольшее давление на покрытие 600–650 кПа зафиксировано в 2% исследованных покрышек тяжелых транспортных средств, 550–600 кПа – в 8% покрышек, 500–550 кПа – в 16% покрышек. В большинстве (27%) исследованных покрышек тяжелых транспортных средств давление на покрытие составляло 450–500 кПа и в 25% – 400–450 кПа.

С тем, чтобы на стадии проектирования точнее оценить возможное воздействие нагрузок на конструкцию покрытия данные о потоке транспортных средств по осевым нагрузкам были подразделены на 11 классов (от 0 до 2 т; от 2 до 4 т; от 4 до 6 т; ...; >20 т), а также установлена частота их распределения. Установлено, что на магистральных дорогах 4,15% осей, а на краевых дорогах 3,37% осей превышали эквивалентную 10-тонную осевую нагрузку.

Исследования показали, что по дорогам Литвы перемещаются перегруженные транспортные средства, которые разрушают дорожную конструкцию.

* Работы ведутся с участием А. Вайткуса.

Развитие информационных технологий в дорожном хозяйстве Республики Беларусь

Клибашев С.М.
РУП «Белдорцентр»

Основная цель развития информационных технологий (ИТ) в дорожном хозяйстве – формирование и обеспечение функционирования системы информационного обеспечения органов управления, организаций и предприятий дорожного хозяйства и пользователей автомобильных дорог, которое ведется по следующим направлениям: развитие комплексной системы информатизации и связи; формирование и ведение информационных баз данных, включая базы пространственных баз данных геоинформационных систем, автоматизированный обмен данными в едином инфокоммуникационном пространстве; поэтапное создание многоуровневой автоматизированной системы управления дорожным хозяйством, включая интеллектуальные транспортные системы; обеспечение доступности информации о состоянии дорожной сети и её функционировании для пользователей автомобильных дорог.

Для развития данных направлений выполняются работы в рамках НИОКР, НИР и типового проектирования по созданию передовых ИТ и программного обеспечения. Реализация развития ИТ осуществляется посредством создания и использования единой корпоративной информационной системы (КИС). КИС представляет конгломерат баз данных, информационных ресурсов, программных и технических средств, средств передачи данных, систем защиты информации. В Республике Беларусь создан и развивается Информационный центр Дорожного хозяйства (ИЦДХ). Программно-аппаратный комплекс ИЦДХ успешно реализует функции центра хранения и обработки данных, информационного центра дорожного хозяйства, системы отраслевой электронной почты и предназначен для обеспечения актуальной информацией об автомобильных дорогах и сооружениях на них, их параметрах, характеристиках, условиях функционирования. В составе ИЦДХ функционируют информационные системы: корпоративный банк данных параметров автомобильных дорог, система управления транспортно-эксплуатационного состояния дорог «Ремонт», и мостов «Белмост», ГИС кадастра автомобильных дорог, движение фонда дорог и дорожных сооружений, автоматизированная информационная система оформления специальных разрешений, и другие. Перспективным развитием ИТ является разработка программных средств интегрирующих разрозненные системы в единую систему на базе веб-технологий.

Роль Московского метрополитена в системе транспортного комплекса столичного мегаполиса *

Кожевников А. О.

Белорусский национальный технический университет

Московский метрополитен, открытый 15 мая 1935 года, – это основа транспортной системы города. Он надежно связывает его центр с промышленными районами и жилыми массивами. На сегодняшний день доля Московского метрополитена в перевозке пассажиров среди предприятий городского пассажирского транспорта столицы составляет 56%. Радиально-кольцевая структура Московского метрополитена воспроизводит исторически сложившуюся планировку Москвы. Линии метрополитена протянулись от центра города к его окраинам, обеспечивая пассажиров надежным и быстрым транспортом. Средняя дальность одной поездки в метро составляет около 14,5 километров. В среднем ежедневно услугами метрополитена пользуются более 7 миллионов пассажиров, а в будние дни этот показатель превышает 9 миллионов.

Ежедневно по 12 линиям метрополитена, общей протяженностью 325,4 километров со 196 станциями пропускается более 10 тысяч поездов. Вагонный парк насчитывает более 5 тысяч, из которых формируется более пятисот составов. Только метрополитен может обеспечить быструю доставку большого количества пассажиров из одного района Москвы в другой. Больше половины станций метро испытывают суммарную суточную нагрузку более 50 тысяч пассажиров. Наиболее загруженными на сегодняшний день являются станции «Выхино», «Юго-Западная», «Новогиреево», «ВДНХ», «Кузьминки», «Речной вокзал», «Тушинская», «Щёлковская», «Китай-город», через которые ежедневно проходят от 100 до 150 тысяч человек. Средняя эксплуатационная скорость поездов Московского метрополитена (с учётом остановок) составляет около 41,61 км/ч. При этом обеспечивается высокая регулярность движения поездов с минимальным интервалом – 90 секунд.

Пассажиропоток Московского метрополитена является одним из самых высоких в мире. В 2012 году среднесуточный пассажиропоток составил 6,73 млн. чел, а пиковый – 9,28 млн. Плотность пассажиропотока Московского метрополитена в час пик достигает 7,7 человека на 1 м² площади вагона. Это почти в два раза выше нормы. Темп строительства Московского метрополитена отстаёт от темпа роста пассажиропотока. На 1 км линий метрополитена в Москве приходится 35 тыс. жителей города.

* Работа выполнена под руководством проф. Леоновича И.И.

Технические параметры и архитектурно-художественные особенности станций Московского метрополитена*

Кожевников А. О.

Белорусский национальный технический университет

В Московском метро 196 станций. Большая часть станций – подземные, только 11 станций – наземные, и 5 – надземные (на эстакадах и мостах). Из подземных станций 76 глубокого заложения, 104 мелкого. Глубокие по конструкции разделяются на трёхсводчатые пилонные, трёхсводчатые колонные и односводчатые; мелкого заложения разделяются на четырёхпролётные колонные («Александровский сад»), трёхпролётные колонные, двухпролётные колонные, однопролётные со сводчатым перекрытием и однопролётные с плоским перекрытием («Волжская», «Марьино» и «Улица Старокачаловская»). Семь станций имеют боковые платформы, среди них только одна подземная – «Александровский сад». Шесть станций имеют платформы, расположенные в кривой. Две станции имеют по две островные платформы («Полежаевская» и «Партизанская»). Пять станций состоят из двух залов. Суммарно станции соединяют 12 линий, обслуживаемые 30 пересадочными узлами. Из них один – четырёхстанционный («Александровский сад» – «Арбатская» – «Библиотека имени Ленина» – «Боровицкая»), семь трёхстанционных и 22 двухстанционных. 5 узлов («Китай-город», «Третьяковская», «Каширская», «Кунцевская» и «Парк Победы») имеют кроссплатформенную пересадку.

Длина платформ подавляющего количества станций – 155 м (8 вагонов) – это стандарт, действующий ещё с момента строительства первой очереди метрополитена. На новых станциях длина платформы была увеличена до 162 м. Платформы станций некоторых старых линий имеют меньшую длину и рассчитаны на приём шести, пяти и четырехвагонных составов.

Спуск на подземные станции метрополитена и подъём на надземные осуществляется при помощи эскалаторов и лестничных маршей. Эскалаторами оборудованы 132 станции. На выходах некоторых станций построены лифты.

Вестибюли станций первой и второй очередей метрополитена, многоуровневые, часто имеют наземный или встроенный павильон, далее расходящиеся лестничные марши, которые спускаются на промежуточные кассовый и турникетный уровни, и только потом доступ к платформам. Начиная с третьей очереди, их сменили наземные вестибюли.

* Работа выполнена под руководством проф. Леоновича И.И.

Основы современной лесотранспортной логистики*

Короленя Р.О.

Белорусский государственный технологический университет

В настоящее время предприятия, осуществляющие лесозаготовительное производство в республике работают в условиях постоянного роста объемов заготовки и потребления древесины при незначительных объемах строительства лесных автодорог, что значительно затрудняет планирование эффективного лесозаготовительного процесса. В таких условиях функционирования особое значение приобретает оптимальное управление и организация работы лесотранспортной системы.

Анализ результатов мониторинга работы указанной системы дает возможность заключить, что ее функционирование недостаточно эффективно. Это связано в первую очередь с тем, что средняя густота лесной дорожной сети не соответствует оптимальному значению, что затрудняет планирование работы лесовозной техники. Списочное количество лесовозных транспортных средств при этом достаточно для интенсивного ведения лесозаготовок.

Решение указанных проблем, а также обеспечение интеграции и эффективного функционирования подсистем лесотранспортной системы можно достичь, используя методологический инструментарий нового направления логистической организации производства – лесотранспортной логистики. *Лесотранспортная логистика* – это система организации обеспечения лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности лесопродукцией. Целями лесотранспортной логистики являются: сокращение издержек на поставку лесопродукции в пункты назначения; оптимизация маршрутов поставок; формирование оптимальной лесной дорожной инфраструктуры и оптимизация издержек на ее содержание.

Таким образом, достижение указанных целей позволит значительным образом повысить эффективность лесозаготовительного производства. Поэтому, в настоящее время на кафедре лесных дорог и организации вывозки древесины БГТУ разрабатывается методология лесотранспортной логистики с учетом специфики и особенностей лесного комплекса и лесозаготовительного производства Республики Беларусь. При этом учитываются возможности как дорожной сети общего пользования, так и сеть лесных дорог и проездов.

* Работа выполнена под руководством проф. Леоновича И.И.

**О возможности реализации концепции «Вечные дорожные одежды»
в условиях Республики Беларусь**

Кравченко С. Е., Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Импульсом к разработке концепции дорожных одежд «с большой продолжительностью жизни» (по европейской терминологии) или «вечных дорожных одежд» (в соответствии с терминологией, принятой в США) послужили наблюдения и опыт, свидетельствующие о том, что запроектированное время жизни дороги в реальных условиях может быть гораздо большим. В США под этим термином подразумевают дорожную одежду, прослужившую более 50 лет. Это возможно реализовать на стадии проектирования дорожной одежды с использованием дорожных материалов высокого качества и высокотехнологичного процесса строительных работ. Применяемая сегодня в Беларуси технология устройства асфальтобетонных покрытий, пришедшая к нам из Европы в 30-е годы прошлого века, хорошо известна и достаточно проста. Однако, сегодня мы ориентируемся на американскую технологию, которая требует дополнительного оборудования (перегрузочный смеситель), но обеспечивает более высокие темпы укладки и улучшенные физико-механические и прочностные характеристики материала уложенного слоя (темп укладки до 2 км/смену на укладке нижнего слоя и до 4 км/смену на укладке верхнего слоя при ширине покрытия 8-9 м). С 2002 г. повсеместно на дорогах высоких категорий при устройстве верхних слоев автомобильных дорог применяется щебеночно-мастичный асфальтобетон на основе битумополимерного вяжущего как совместно с целлюлозным волокном, так и без него с расширением диапазона фракционного состава каркасной составляющей асфальтобетона на основе дорожного битума, выпущенного нефтепереработчиками Беларуси по EN 12591. Одним из важнейших направлений в реализации концепции «Вечные дорожные одежды» в Республике Беларусь является устройство цементобетонных покрытий. Как показывает зарубежный опыт, современные цементобетонные автомагистрали отвечают всем потребительским качествам. На практике срок службы таких дорог в условиях постоянного роста нагрузок и увеличения интенсивности движения, особенно в сложных климатических и грунтово-геологических условиях, значительно больше асфальтобетонных. Современные технологии позволяют резко повысить эффективность строительных работ: улучшить ровность покрытий, увеличить производительность укладки, снизить стоимость и трудоемкость работ, увеличить срок службы покрытий.

**Стратегия зимнего содержания автомобильных дорог
и повышения безопасности движения**

Куприянчик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Стратегия как способ действий становится необходимой в ситуации, когда для прямого достижения основной цели недостаточно наличных ресурсов. Задачей стратегии является эффективное использование наличных ресурсов для достижения основной цели.

Республика Беларусь относится к тем странам, где холодный период составляет продолжительную часть года, что порождает ряд проблем по борьбе с зимней скользкостью на дорогах с целью повышения и обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта.

В этих условиях создание общей стратегии по зимнему содержанию дорог для безопасности движения на дорогах имеет большое значение. Поиск снижения затрат на зимнее содержание с одновременным повышением безопасности, надежности, эффективности и безотказности их эксплуатации остается актуальной задачей. Для решения может оказаться полезным изучение зарубежного опыта зимнего содержания автомобильных дорог.

Изучение деятельности отечественных ученых и научных школ показывает, что они успешно используют накопленный опыт в результатах своих научных разработок.

По результатам этих исследований в республике разработаны и успешно действуют специальные технические нормативные правовые акты: ТКП 100-2011 Порядок организации и проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог, СТБ 1158-2013 Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог. Общие технические условия.

В стратегическом плане важно продолжить исследования по вопросам борьбы с зимней скользкостью на дорогах и, в первую очередь, по следующим направлениям:

- разработка и создание эффективных противогололедных материалов, не оказывающих отрицательного воздействия на природную среду, автомобильные дороги и транспортные средства;
- поиск физических альтернатив химическим реагентам для борьбы с обледенением покрытий автомобильных дорог.

**Современные проблемы развития транспортных коммуникаций
и транспортных систем**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильный транспорт неразрывно связан с автомобильными дорогами, их техническими параметрами и эксплуатационными качествами.

Вопросам развития сети дорог и особенно повышению ее качества постоянно уделяют внимание руководители всех уровней государственного управления. Всем хорошо известны Закон Республики Беларусь от 02.12.1994 «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности», Государственные программы «Дороги Беларуси» на 1997-2005 гг., «Дороги Беларуси» на 2006-2015 гг. и ныне действующая «Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015-2019 годы». Их роль и значение огромны. К современным транспортным коммуникациям предъявляются различные и вместе с тем всегда достаточно высокие требования. Дороги должны быть удобными для водителей и пассажиров, надежными при эксплуатации в течение круглого года, безопасными для всех пользователей, экологически безвредными для окружающей их природы и жителей на прилегающих территориях. Основные проблемы развития транспортных коммуникаций можно разделить на две группы – ближайшие и перспективные. Ближайшие проблемы сформулированы в новой государственной программе по автомобильным дорогам. Они имеют реальную основу для своевременного и качественного их осуществления. Но кроме этого актуальными остаются вопросы поиска и внедрения новых материалов, техники и технологии создания условий для развития творчества, неуклонного повышения профессионализма и гражданской ответственности за качество принимаемых решений и выполняемых функций. Перспективными проблемами можно считать перевод магистральных автомобильных дорог в режим интеллектуального функционирования, а на местных дорогах произвести реконструкцию, в результате которой будет обеспечена эффективная эксплуатация легковых и грузовых автомобилей. Определение общих и частных проблем государственного и местного масштабов – задача непростая. Для ее решения целесообразно использовать теорию прогнозирования, знания и опыт ведущих ученых и специалистов. Обоснованные перспективы развития отрасли должны быть в центре внимания высшей школы, готовящей специалистов – будущий потенциал общества.

**Вопросы контроля качества
в четырехтомном издании А.М. Алиева
«Строительство автомобильных дорог и аэродромов»**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Издательством «Интрансдорнаука» (г. Москва) выпущена четырехтомная монография «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» [1]. Автор – выдающийся ученый Азербайджана, профессор, доктор технических наук, генеральный директор совместной азербайджано-германской компании ООО «Azvirt» Алиев Али Муса оглы. В этом уникальном научном произведении нашли отражение современная теория и практика производства строительных работ с использованием различных минеральных материалов, битумов, полимерных, геосинтетических и других материалов. Даны рекомендации по определению максимальных расчетных температур нагрева асфальтобетонных покрытий в зависимости от климатических условий района. Рассмотрены вопросы регенерации асфальтобетонных покрытий, факторы, влияющие на выбор технологии дорожно-строительных работ, использования цементирующих свойств известняковых пород и др. Значительное внимание уделено вопросам контроля качества исходных дорожно-строительных материалов, получаемых органо-минеральных смесей и готовой строительной продукции, т.е. автомобильных дорог и аэродромов. Рассмотрены испытательные лаборатории, установки и приборы, методы проведения испытаний, системы определения расчетных характеристик и их анализ соответствия нормативным требованиям.

Контрольно-технологическая перманентность оценки качества автомобильных дорог и аэродромов является важнейшим направлением в обеспечении эффективного использования капитальных вложений в дорожное и аэродромное строительство, создании качественных, надежных и долговечных объектов транспортной инфраструктуры. Использование четырехтомной монографии профессора А.М. Алиева, несомненно, принесет пользу как инженерам-строителям автомобильных дорог и аэродромов, так и студентам, которые избрали своей специальностью «Автомобильные дороги».

Литература:

1. Алиев Али Муса оглы. Строительство автомобильных дорог и аэродромов. – В 4-х т. – М.: Интрансдорнаука, 2013.

**Диагностика и оценка эксплуатационного состояния
дорожных покрытий по критерию трещиностойкости**

Мельникова И.С.

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Параметры и характеристики автомобильной дороги изменяются под действием транспорта и метеорологических условий. Эксплуатационное состояние дорог оценивается как степень соответствия нормативным требованиям этих характеристик на основании теории прочности и надежности дорожной конструкции. Также влияние на состояние дорог оказывают мероприятия по содержанию и своевременному выявлению разрушений дорожной конструкции.

По результатам инструментальной диагностики дорог общего пользования нами установлено, что наиболее характерным видом повреждений асфальтобетонных покрытий являются трещины. Оценивая наличие, скорость образования и характер трещин можно оценивать эксплуатационное состояние покрытия. Главным образом, на процесс трещинообразования оказывает влияние большая разница температур в летний и зимний периоды года, а также повторяющиеся транспортные нагрузки. Температурные условия не позволяют достаточно эффективно подбирать состав асфальтобетонной смеси, устойчивой к трещинообразованию, и не все существующие конструкции покрытия должным образом обеспечивают устойчивость к формированию усталостных трещин.

При оценке эксплуатационного состояния дорожных покрытий нами предлагается:

1) проводить диагностику состояния покрытия с применением метода термографии, позволяющего с высоким контрастом выявлять трещины шириной раскрытия от 0,7–1 мм; разработанное нами программное обеспечение производит обработку результатов съемки с построением термокарт покрытия и расчетом площадей дефектных областей;

2) по результатам диагностики разделять дорогу на участки в соответствии с предлагаемым нами коэффициентом трещиноватости покрытия $K_{трещ.}$, учитывающим наличие повреждений в виде одиночных трещин, частых трещин и сетки трещин:

$$K_{трещ.} = 1,0 \cdot b_1 + 1,0 \cdot b_2 + 1,2 \cdot b_3$$

b_1 , b_2 , b_3 – количество разрушений покрытия в виде отдельных трещин, частых трещин и сетки трещин соответственно;

1,0, 1,0 и 1,2 – коэффициенты весомости дефектов.

Инновации в конструкциях лесных автомобильных дорог

Насковец М.Т.

Белорусский государственный технологический университет

В практике лесного хозяйства важную роль играют дороги. Для того, чтобы обеспечить проходимость транспортных средств по дорогам, устраиваемым на таких грунтах, необходимо как можно полнее учитывать специфику работы дорожных конструкций под воздействием большегрузных лесовозных автопоездов. Однако учесть все многообразие факторов, влияющих на работоспособность дорожных конструкций, – задача сложная. Она должна решаться для каждого конкретного случая в отдельности.

В частности, чтобы улучшить взаимосвязь между слоями, проработана идея более рационального перераспределения воздействующей нагрузки за счет наибольшего ее восприятия нижележащими, инертными массами слагающих грунтовых компонентов. В основу предлагаемого способа возведения дорожной одежды положено введение в земляное полотно вертикальных свайных стабилизирующих опор (свай) и в покрытие горизонтальной арматуры.

Известно, что устройство многослойных дорожных конструкций стандартными методами может приводить к неравномерности передачи колесной нагрузки по глубине, что в свою очередь снижает работоспособность многослойных дорожных конструкций в местах ее приложения. Устройство дорожных конструкций с приданием им в поперечном сечении дугообразные очертания в форме изобар позволяет достичь передачи нагрузки по глубине конструкции по линиям равных сжимающих напряжений, что приводит к снижению величин возникающих в дорожных конструкциях в процессе движения автотранспорта разрушающих деформаций.

Разработанные, достаточно разноплановые дорожные конструкции и способы их возведения, предлагаемые для практического применения способны в полной мере учитывать принципы восприятия, передачи и распределения подвижной колесной нагрузки по их глубине с учетом конструктивных особенностей слоев и слагающих их материалов. Причем рассмотренные технические решения позволяют повышать несущую способность автомобильных дорог, устраиваемых на местности с различными грунтово-гидрологическими условиями. Данные разработки предполагают использование в своих конструкциях современных дорожно-строительных материалов, позволяют снизить материалоемкость дорожных одежд и земляного полотна.

**Проблемы идентификации теории и практики
оценки ровности дорожных покрытий**

Нестерович И.В.

Государственное учреждение образования «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов «Белдорстрой»

В настоящее время в мировом сообществе понятие «ровность» имеет качественное и количественно определение. Для измерения ровности существует множество методов и приборов.

К основным методам измерения ровности можно отнести:

1. Непосредственное измерение неровности поверхности покрытия (профилометры, ультразвуковые эхолоты, лазерные измерители и др.);
2. Определение ровности покрытий по реакции транспортного средства при проезде участка дороги (толчкомеры и акселерометры).

К приборам, непосредственно измеряющих неровности, относятся профилометрические устройства, позволяющие производить измерения неровностей дорожных покрытий во всем волновом диапазоне неровностей. Данные приборы и метод в настоящее время являются самыми прогрессивными и применяются в странах с развитой и часто с динамично развивающейся экономикой.

Приборы, измеряющие неровности по реакции транспортного средства имеют множество недостатков, основным из которых является низкая корреляция получаемых результатов для всего волнового диапазона неровностей и может составлять всего порядка 15 % для «ровных» дорог. Достоинством данных приборов является низкая цена. Применяются такие приборы в настоящее время в странах с переходной экономикой.

Метод измерения трехметровой рейкой не является профилометрическим. Данный метод позволяет лишь определять отклонения поверхности автомобильной дороги от нижней грани рейки. Метод измерения неровностей нивелиром и нивелирной рейкой не позволяет определять микропрофиль автомобильной дороги ввиду того, что измерения производятся с шагом 5, 10 и 20 м. Оба метода не позволяют определять неровности во всем волновом диапазоне. Данные методы находили широкое распространение ввиду их достаточной простоты и дешевизны, однако на современном этапе применение их ограничено.

Следовательно, при измерении ровности следует выбирать метод и приборную базу позволяющие проводить измерение по всему диапазону неровностей.

Проблемы сопоставимости методов измерения и оценки коэффициента сцепления дорожных покрытий

Нестерович И.В.

Государственное учреждение образования «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов «Белдорстрой»

Оценка обеспечения сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием выражается в виде коэффициента сцепления. Наиболее широкое применение нашли следующие методы измерения коэффициента:

методы определения коэффициентов сцепления путем непосредственного измерения силы сцепления в контакте шины с покрытием полностью заблокированного колеса;

методы определения коэффициентов сцепления путем непосредственного измерения силы сцепления в контакте шины с покрытием частично заблокированного колеса, с 13 – 20 % проскальзыванием;

методы определения коэффициентов сцепления путем непосредственного измерения силы сцепления в контакте шины с покрытием частично заблокированного колеса, с 7.5 – 20 % проскальзыванием (коэффициент сопротивления заносу);

методы определения коэффициентов сцепления путем непосредственного измерения силы сцепления в контакте шины с покрытием при проскальзывании от 0 до 100 %;

определение коэффициента сцепления при помощи торможения автомобиля;

методы измерения условной величины перемещения (линейные или угловые) движения имитатора колеса портативными приборами.

За исключением методов измерения портативными приборами (применение которых, в основном, ориентировано на лабораторные исследования ввиду невозможности имитации торможения реального транспортного средства), остальные методы позволяют рассматривать либо конкретные условия торможения, либо торможение определенного автомобиля. Следовательно, сопоставление результатов измерения коэффициента сцепления затруднительно. По этой причине в ряде стран одновременно применяются различные методы измерения коэффициента сцепления, приоритет которых определяется исходя из обеспечения безопасности при торможении транспортного средства.

Обеспечение удобства движения транспортных средств на основных дорогах Литвы с учетом местных географических условий

Петкявичюс К., Петкявичене Б.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса,

Литовский эдукологический университет

Основная цель и назначение автомобильных дорог сводится к тому, чтобы обеспечить безопасное движение транспортных средств (с близкой к допустимой скоростью их движения) при удобной и надежной перевозке пассажиров и надежной перевозке грузов. Для этой цели основные государственные (магистральные и краевые) дороги Литвы должны иметь достаточно ровное покрытие (согласно международному показателю ровности IRI , ровность их покрытия Y_{IRI} должна составлять $Y_{IRI} \leq 2,0$ м/км) и достаточно прочную дорожную одежду (значение коэффициента прочности дорожной одежды K_{np} должно составлять $K_{np} \geq 1,0$). При этом уровень дефектности дорожного покрытия D должен быть $D \leq 5\%$ (поврежденной площади покрытия). Указанные условия обеспечивает только 45–50%-ная доля длины магистральных дорог (их длина составляет 1745 км), а остальные дороги не обеспечивают. Покрытие автомагистралей должно быть ещё более ровным: по показателю IRI составлять $Y_{IRI} \leq 1,5$ м/км. Неотложной задачей государства является обеспечить удобство езды на всех магистральных и краевых (их длина составляет 4936 км) дорогах страны. Этими свойствами дороги должны обладать весь нормативный или намеченный (проектный) межремонтный срок. Утерянные свойства дорожного покрытия ($Y_{IRI} \leq 2,0$ м/км) и одежды ($K_{np} \geq 1,0$) восстанавливают средствами ремонта. При запаздывании принятия ремонтных мер показатели качества покрытия и одежды ухудшаются до $Y_{IRI} > 2,0$ м/км и до $K_{np} < 1,0$. Тогда дороги теряют способность обеспечить удобство езды. Для обеспечения надлежащего качества придорожного сервиса возле дорог имеется 348 площадок отдыха с местами для стоянки автомобилей. Наши исследования показали, что объектами сервиса вполне обеспечены только магистральные дороги. У всех дорог не хватает обзорных площадок для осмотра привлекательных видовых мест, подбор которых прямо зависит от конкретных географических условий (видовой привлекательности) местности у автомобильных дорог. Многие объекты сервиса размещены очень близко дорог. Их целесообразно переместить на расстояние, не меньшее чем 330–350 м от дорог, чтобы обеспечить кратковременный отдых людей вне зоны существенного загрязнения придорожной полосы.

**Состояние асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог Литвы
и влияющее на ее основные факторы***

Петкявичюс Э., Петкявичюс Р.

АО "Легувос Гележинкеляй",

Дирекция автомобильных дорог Литвы

Состояние асфальтобетонных покрытий, определяемое их ровностью Y_{IRI} и степенью её разрушения D , в основном, зависит от условий функционирования покрытий и дорожных одежд. Условия функционирования одежд зависят от характера и условий движения транспортных средств (ТС) (скорости, интенсивности и состава движения, а также от осевых нагрузок ТС), от условий местности (уровня грунтовых вод, вида местного грунта, условий увлажнения) и от свойств материалов слоёв дорожных, степени уплотнения, толщины и ровности укладки слоёв и др., а также от климатических условий местности: длительности периода с отрицательной температурой, количества циклов замораживания-оттаивания, длительности периода весенней и осенней распутицы, длительности периода с положительной температурой, количества дней с температурой воздуха $\geq +30$ С, глубины промерзания грунтов – в течение каждого года и всего срока службы дорожных одежд. На состояние асфальтобетонных покрытий (в Литве и соседних странах) указанные условия влияют очень сложным образом – это по-разному сказывается в различные времена года, в разное время суток, при разных погодных условиях (при солнечной, пасмурной, дождливой и снежной погоде). Поскольку в одно и то же время на покрытие и дорожную одежду влияет несколько различных факторов, влияние каждого из них в отдельности определить очень сложно. Под общим влиянием указанных факторов состояние дорожных покрытий и одежд со временем ухудшается. Для определения влияния каждого из факторов необходимо провести сложные эксперименты. Наши исследования и исследования многих других авторов показали, что решающее влияние на состояние дорожных асфальтобетонных покрытий и одежд имеет движение тяжёлых ТС. Мы определили, что состояние асфальтобетонных покрытий имеет прямое влияние на скорость движения ТС: при увеличении показателя D для автомагистралей от $D=0\%$ до $D\geq 8\%$, скорость потока ТС на крайней полосе движения уменьшается от $v=97,3$ км/час до $v\leq 93,1$ км/час, т. е. на $\geq 4,2$ км/час.

* Работы ведутся с участием К. Петкявичюса.

Система транспортных коммуникаций в Литовской Республике и перспективы её развития

Петкявичюс К.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Для осуществления автомобильных перевозок на начало 2014 года в Литовской Республике было 84 177 км автомобильных дорог. Из них 21 254 км – государственные (таблица) и 62 923 км – местные дороги. 13949 км (65,63 %) государственных и 11 175 км (17,76 %) местных дорог имели асфальтобетонное или другое черное покрытие. Имелось 2,28 млн. транспортных средств (ТС). Интенсивность движения ТС на государственных дорогах с 2000-го года увеличилось на 50 %, особенно оно увеличилось на магистральных дорогах и для грузовых ТС – на 140 %. Для соединения участков дорог через реки и другие водотоки функционировало 1506 мостов, общая длина которых составило 54,091 км.

Таблица. Автомобильные дороги государственного значения в начале 2014 года

№ п/п	Тип (значимость) дорог	Длина, в км	Доля, %
1	Магистральные дороги	1744,9	8,21
2	Краевые дороги	4936,0	23,22
3	Местные дороги	14573,2	68,57
Итого		21254,1	100

В Литве также имелось: 1506 км международных дорог (категории E); 575 км дорог I и высшей технической категории, из них – 309 км автомагистралей; 1332 ед. автопавильонов; 12 045 ед. площадок для остановки автомобилей; 348 ед. площадок отдыха; 1220 км велосипедных дорог, дорог для пешеходов и тротуаров; 1425 км защитных ограждений; 484,3 км металлических заборов; 327 ед. туалетов; 168 948 ед. дорожных знаков. Литва успешно завершает выполнение программы по совершенствованию автомобильных дорог, намеченной на 2002–2015 гг. Перспектива развития транспортных коммуникаций (ТК) в Литве напрямую связана с выделяемыми для этой цели денежными средствами, которые в 2008 году составили 1106 млн. лит, в 2009–2011 гг. постепенно уменьшаясь, в 2011 году составили лишь 848 млн. лит, а позже, постепенно увеличиваясь, в 2014 году – 964 млн. лит (учитывая индекс цен). Очевидно, что денежных средств, выделяемых для усовершенствования ТК после 2008 года, явно не хватает. Для повышения безопасности движения ТС очень важно на опасных участках дорог, в зоне «чёрных пятен» и др. использовать средства дорожной разметки, а при необходимости – другие инженерные средства «мостики уменьшения скорости» и др.

**Международный опыт проектирования и строительства
верхнего строения пути метрополитена***

Прокопчик Д.Н.

Белорусский национальный технический университет

Сооружение верхнего строения пути (ВСП) является одной из самых продолжительных, трудоемких и слабомеханизированных операций во всем процессе строительства метрополитена. Если современные проходческие комплексы позволили во много раз ускорить и автоматизировать процесс сооружения тоннелей, то при сооружении ВСП в большинстве стран СНГ до сих пор используется технология, мало изменившаяся со времен первого пуска метро.

В странах Восточной Европы широкое применение нашли безбалластные системы, в которых рельс опирается на специально изготовленные в заводских условиях бетонные блоки. Достоинства данных систем заключаются в простоте монтажа в условиях тоннеля, малых затратах на содержание, обусловленных долговечностью материалов применяемых при производстве блоков, а также в отсутствии необходимости в дорогостоящем оборудовании при монтаже. Среди недостатков стоит отметить дороговизну блоков при их закупке в других странах. Возможные трудности при их замене связаны с конструктивной особенностью крепления в путевом бетоне. В Западной Европе и в Азии уже наметились тенденции к переходу к качественно новым технологиям – сооружению нижнего строения пути в тоннелях методом непрерывной укладки бетона скользящей опалубкой, при которой рельсовые скрепления, а затем и рельсовые плети устанавливаются на прецизионный бетонный слой без дополнительных операций по раскреплению и выправлению рельсового пути в плане и профиле. Это стало возможным за счет высокоточного бетоноукладчика, управляемого 3D системой, которая работает на том же принципе и по тем же данным, что и система ведения проходческого щита. Таким образом, формируется неразрывная цепочка точности *проект - тоннель - рельсовый путь*. Исключаются многочисленные операции, свойственные традиционной технологии: монтаж и демонтаж опалубок, установка рельсов в проектное положение, их раскрепление домкратами и многие другие, на которых тратится время и теряется точность. Основной недостаток данной технологии – это дорогостоящее оборудование, необходимое для производства работ.

* Научный руководитель: д.т.н., профессор Леонович И.И.

Инновации в конструкциях верхнего строения пути метрополитена*

Рассказов К.В.

Белорусский национальный технический университет

Инновационная технология LVT (Low Vibration Track – путь пониженной вибрации) – одна из первых в мире безбалластных конструкций верхнего строения пути (ВСП), решающая задачи понижения вибрации. LVT предназначен для комфортабельной и безопасной перевозки пассажиров со скоростью до 350 км/час и грузов со скоростью до 160 км/час с нагрузкой до 35 тонн на каждую вагонную ось. Как и всякий железнодорожный путь, LVT состоит из рельсов (самых обычных, Р65), рельсовых креплений типа W 30 "Фоссло", ЖБР-Ш и АРС и железобетонных полушпал, которые, собственно, и являются "изюминкой" данной конструкции. Полушпалы, одетые в чехлы с амортизирующими прокладками, погружены в путевой бетон. Технология предусматривает замену бетонных полушпал, вышедших из строя в процессе эксплуатации, без разрезания рельса и уборки путевого бетона. Основные преимущества применения технологии LVT – высокая мобильность изготовления полушпал, обеспечение максимальной точности укладки ВСП, высокий уровень механизации, а также скорость монтажа системы (до 200 погонных метров за смену) и низкие затраты на эксплуатацию уже готового пути. Специалистами подсчитано, что путь LVT окупается за 10 лет и последующие 40 лет приносит чистую прибыль. Этот путь лучше всего укладывать в тоннелях, где от вибрации усиливается трещинообразование в обделке сводов, что может привести к течам воды. В настоящее время технология LVT развивается в мире семимильными шагами и уже успела зарекомендовать себя при реализации многих известных и престижных железнодорожных проектов, в том числе евротоннеля под Ла-Маншем.

Работники проектных, строительных и эксплуатационных организаций Минского метрополитена отслеживают опыт зарубежных стран и постоянно работают над усовершенствованием конструкции верхнего строения пути и повышением его эксплуатационной надежности.

* Научный руководитель: д.т.н., профессор Леонович И.И.

**Экспериментальные исследования эффективности
растворяющих снег и лед материалов в Литве***

Раткявичюс Т., Чигас Д.

Вильнюсский технический университет им. Гедимираса

Постоянно повышающиеся требования к безопасности движения, охране окружающей среды и экологии вынуждают специалистов, заботящихся о состоянии дорог, искать способы как можно более эффективного и наименее воздействующего на окружающую среду обеспечения должного надзора за дорогами в зимний период.

С этой целью нами были выполнены научные исследования по названной теме, в которых одной из основных целей было исследование эффективности солей, применяемых на дорогах в зимний период. В лаборатории двумя методами (воздействия на скользкость–трение и исследования эффективности растворения льда) исследованы три традиционные соли (хлориды натрия, кальция и магния) и два альтернативных материала, оказывающих меньшее воздействие на окружающую среду (смесь модифицированных хлоридов натрия, кальция „Icemelt“ и смесь ацетата натрия, формиата натрия „Nordway“), для разных температур окружающей среды, а также для разных интервалов измерения.

После анализа результатов исследованных в лаборатории солей были отобраны три наиболее эффективных материала (хлориды натрия, кальция и смесь ацетата натрия, формиата натрия), которые дополнительно исследованы в реальных погодных условиях и условиях движения на участках дорог государственного значения (107 Тракай–Вевиси А16 Вильнюс–Тракай). Во время этого эксперимента на основании выбранной методики было использовано мобильное, приспособленное для измерений, оптическое устройство измерения трения RCM 411, с помощью которого были измерены коэффициент трения покрытия и толщина слоя воды на дорожном покрытии.

Были установлена зависимость коэффициента сцепления от толщины пленки воды. Также были установлены одинаковые тенденции результатов исследований эффективности солей в лаборатории и на дороге.

На основании оценки исследования различных материалов можно сделать вывод, что наиболее приемлемыми являются хлориды натрия и кальция. Альтернативные материалы могут применяться при соответствующем обосновании.

* Работы ведутся с участием А. Лауринавичюса.

**Обеспечение транспортно-эксплуатационного состояния
автомобильных дорог при содержании и ремонте**

Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации дороги ровность покрытия снижается, уменьшается шероховатость, появляется износ покрытия и отдельные дефекты в виде трещин, выбоин, выкрашивания и др. Скорость развития дефектов зависит от интенсивности, состава потока (наличие тяжелых и многоосных транспортных средств). Со временем остаточные деформации накапливаются и усугубляются погодно-климатическими факторами (температурой, влагой, солнечной радиацией и др.), которые воздействуют на битумное вяжущее, обуславливая возникновение температурных и усталостных деформаций, при накоплении которых появляются дефекты и разрушения в виде трещин и пластических деформаций. Поэтому необходимы профилактические мероприятия или предупредительный ремонт с целью сохранения покрытия от разрушений или восстановления транспортно-эксплуатационных параметров до требований действующих норм. Под действием транспортных нагрузок и высоких положительных температур прочностные свойства асфальтобетонных покрытий ухудшаются, появляется опасность возникновения пластических деформаций. При отрицательных температурах для асфальтобетона характерны хрупкие свойства, модули упругости и сопротивление их сжатию повышается, а способность деформироваться без нарушения сплошности снижается, что приводит к образованию трещин на асфальтобетонном покрытии. При невыполнении своевременных ремонтных мероприятий, остаточные деформации проявляются в виде дефектов покрытия, связанных со старением вяжущего материала, прочностные характеристики дорожной одежды снижаются, что приводит к уменьшению ровности и прочности.

Назначение мероприятий должно быть оптимальным и зависимость от транспортно-эксплуатационных показателей состояния дороги и экономического анализа эффективности капиталовложений в эти мероприятия. В настоящее время предлагают новые эффективные материалы и прогрессивные технологии для решения этих задач. Но для правильного выбора наиболее эффективного способа и материала, который бы максимально обеспечил долговечность дорожных покрытий, необходимо обосновать критерий выбора технологии и проанализировать соответствие свойств выбранных дорожно-строительных материалов условиям их работы. Это значительно продлит период удовлетворительного состояния покрытия. Основная задача будет решена.

УДК 625.42

Сравнительные показатели работы метрополитенов мира*

Сериков В.М.

Белорусский национальный технический университет

Около 200 городов мира имеют в своей инфраструктуре такое удобное средство передвижения как метро, существование которого было бы невозможно, если бы Брюнель в 1818 г. не создал проходческий щит. Спустя 45 лет, 10 января 1863 года открылась не только первая линия метрополитена в Лондоне, но и первая линия метро во всем мире.

В наше время, когда без транспорта невозможно представить свою повседневную жизнь, которая проходит в достаточно быстром темпе, имеет смысл сравнить провозную способность городского транспорта: для автомобилей она составит 1250 чел./ч, для больших автобусов 6600 чел./ч, трамваев 21000 чел./ч; в то время как для метро этот показатель достигает 68 000 чел./ч. При этом стоит учесть тот факт, что с каждым годом проблема пробок становится все «острее», от чего уменьшается провозная способность наземного общественного транспорта, также автомобильные аварии и другие негативные ситуации почти сразу же приводят к образованию заторов. В метрополитене это явление исключено.

Самым крупным метрополитеном мира является Токийский метрополитен с пассажиропотоком 3 127 млн. чел./год (длина линий 310,3 км; 390 станций на 13 линий), за ним следует метрополитен г. Сеул 2 560 млн. чел./год (393,6 км; 429 ст. на 18 линий), на 3-м месте – Московский метрополитен; его пассажиропоток составляет 2491 млн. чел./год (325,4 км; 195 ст. на 12 линий). Минский метрополитен 328 млн. чел./год (32,27 км; 29 станций на 2 линии) занимает 34 место в мировом рейтинге и 4 среди территории стран СНГ, уступив Московскому, Санкт-Петербургскому и Киевскому метрополитену. Из приведенной информации можно увидеть, что без метрополитена была бы невозможна перевозка такого количества пассажиров.

УДК 69.001.5

Инновации в строительстве верхнего строения пути*

Сорокина В.В.

Белорусский национальный технический университет.

Вибрация и шум от движения подвижных составов в тоннелях являются самыми актуальными проблемами эксплуатации

* Научный руководитель: д.т.н., профессор Леонович И.И.

метрополитенов. Путей решения данного вопроса много, но самым перспективным направлением является выбор верхнего строения пути (ВСП).

Одной из перспективных конструкций верхнего строения пути является бесшпальный путь. Его отличие от традиционной укладки рельс заключается в укладке не на деревянные рельсы, а на железобетонное основание. Такой путь проще в эксплуатации.

В минском метрополитене используется конструкция EBS (Embedded Block System). Бесшпальный путь на бетонном основании с промежуточным скреплением рельсов Vossloh 336 представляет собой монолитное армированное подрельсовое бетонное основание (путевой бетон), на котором крепятся анкерными болтами промежуточные скрепления. Зазоры между подкладками и путевым бетоном заполняются специальным подливочным материалом – полиуретановой смесью. Виброзащитные свойства в конструкции имеют четыре фильтра гашения колебаний, которые обеспечиваются за счет величины сдвигания упругой клеммы, прокладки под подкладку, прокладки под подошву рельсов и установки специальных пружин под гайки анкерных болтов. Скрепление обладает высокой упругостью в вертикальной плоскости, конструкция обеспечивает значительное сопротивление силе угона, создавая условия для стабильной работы бесстыкового пути. Конструкция проста в эксплуатации, обеспечивает экономию эксплуатационных расходов при текущем содержании за счет эксплуатации пути без дополнительной подтяжки рельсовых болтов.

УДК 625.11

Выбор оптимальной высоты подъема внешнего рельса на рельсовом пути*

Тумавиче А., Виткене Ю.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

В случае больших скоростей трудно согласовать движение пассажирских и товарных поездов. Скорость движения поездов зависит от разных факторов. На основании «Правил проектирования железнодорожных станций» можно утверждать, что параметры в зависимости от категории дорог связаны со скоростью, т.е. лучом, горизонтальной кривой, длиной прямых вставок между кривыми, самым большим продольным уклоном и перпендикулярными кривыми. В документе IST 1005384-1 еще можно найти связь с величиной подъема

* Работы ведутся с участием А. Лауринавичюса.

внешнего рельса горизонтальной кривой. Для того, чтобы полностью сбалансировать воздействие центробежной силы, рассчитывается теоретическое значение подъема $h_{th} = 12,5 \times \frac{v^2 (\frac{km}{h})}{R(m)}$ (для колеи шириной 1524 мм). На смешанных линиях, на которых оборудован подъем такой величины, который обеспечивает пассажирам комфортную поездку, возникают проблемы в связи с изнашиваемостью товарных поездов, как колес, так и рельсового оборудования (особенно головок внутренней стороны рельсов). Важен тот факт, что при остановке товарного поезда на кривой будет трудно вновь начать движение. В противном случае значительно снижается комфортность поездки для пассажиров, а также напряжение в наружном рельсе кривой. Возможен следующий компромисс: принимается прикладной подъем, который обеспечивает достаточную комфортность поездки для пассажиров и лишь незначительно увеличивает напряжение в подвижном составе и на рельсовом пути. В этом случае поезда могут останавливаться на кривой: $h_{th}(V_{min}) < h < h_{th}(V_{max})$. При увеличенных потоках пассажирских поездов следует выбирать большую границу в уравнении и, наоборот, в случае увеличенных товарных потоков следует выбирать меньшую границу в уравнении. При проектировании экономически рациональной величины подъема должны оцениваться имеющиеся и прогнозируемые потоки пассажирских поездов, а также планируемые товарные перевозки. В большинстве случаев, предусматривая оптимальную величину подъема на стадии проектирования, можно сэкономить средства, выделенные на технический надзор и реконструкцию железной дороги.

УДК 625.4

Роль Минского метрополитена в системе городского пассажирского транспорта*

Угринович С.О.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня Минский метрополитен — это 29 станций, 51 вестибюль, 31 эскалатор, 12 станций с путевым развитием. Эксплуатационная длина пути в двухпутном исчислении составляет 37,285 километров, а всего длина пути с тупиками и путевым развитием депо составляет 102,217 километров. В 1985 году метро в сутки перевозило 216,9 тысячи человек, в начале 2013 года Минским метрополитеном пользовались в среднем 918 тысяч человек в день — 36,7 % от общего числа пассажиров. При этом, по

* Работа выполнена под руководством проф. Леоновича И.И.

данным за 2010 год, метрополитен перевозил около 700 тыс. пассажиров в сутки, а всего на долю метро приходилось 32,6 % пассажиров, перевозимых общественным транспортом Минска. Все линии и станции Минского метро подземные, мелкого заложения. Все станции имеют подземные вестибюли, вход в которые в большинстве случаев совмещён с подуличными пешеходными переходами. Московская линия почти целиком проходит под проспектом Независимости и проспектом Дзержинского, и пересекает Минск с северо-востока на юго-запад. По данным за 2014 год на 1-ю линию приходится 56,3% перевезенных метро пассажиров. Автозаводская линия пересекает Минск с юго-востока на запад. По данным за 2014 год на 2-ю линию приходится 43,7% перевезенных метро пассажиров. Ведется строительство 3-й линии. Планируется разместить станции «Вокзальная», «Площадь Богусевича», «Юбилейная площадь» на глубине около 20 метров, благодаря чему они станут самыми глубокими во всём метрополитене.

Планируется, что 4-я линия минского метро протянется на 15 км и будет состоять из 9 станций. Линия будет проходить от площади Бангалор под ул. Сурганова через пересадочную станцию «Академия наук», далее под ул. Ботанической, ул. Уральской, пересечётся на станции «Тракторный завод» со второй линией и пройдёт через микрорайон Серебрянка до микрорайона Чижовка.

УДК 625.7

Моделирование движения транспортных потоков на автомобильных дорогах с многополосной проезжей частью

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

При решении практических задач, связанных с проектированием элементов автомобильных дорог и систем управления движением по ним, целесообразным является статистическое моделирование на ЭВМ движения транспортного потока, позволяющее выбирать оптимальные решения.

Моделирование на ЭВМ включает в себя следующие этапы: постановка задачи, качественное формулирование процесса движения транспортного потока, разработка алгоритма решения задачи, разработка программы для ЭВМ, получение результатов моделирования, сопоставление результатов моделирования с данными контролируемого эксперимента для оценки качества моделирования, уточнение модели с учетом наблюдений, получение окончательной модели и разработка на ее основе практических рекомендаций.

Для использования методов математического моделирования на ЭВМ в практике проектирования дорог и организации дорожного движения необходимо иметь совершенно достоверные исходные данные: геометрические элементы дорог, средства регулирования, особенности восприятия водителем дорожных условий, отражающиеся на управлении автомобилем (развиваемое ускорение, интенсивность торможения и др.), режимы движения отдельных автомобилей, характеристики транспортного потока с учетом влияния элементов дороги и средств регулирования.

Моделирование движения транспортных потоков позволяет учитывать все многообразие ситуаций, возникающих при движении транспортных потоков, учитывать любые сочетания дорожных условий, наличие средств организации дорожного движения и оценивать их эффективность, оценивать условия движения не только транспортного потока в целом, но и каждого из составляющих его автомобилей, учитывать случайный характер изменения всех показателей, характеризующих движение транспортного потока и каждого автомобиля, проводить исследование характеристик движения транспортных потоков в лаборатории с проверкой отдельных положений в реальных условиях движения по дороге с контролируемым или неконтролируемым экспериментом, что дает возможность решать многие транспортные задачи.

УДК 625.7

Развитие диагностики автомобильных дорог как основы управления их эксплуатационными качествами

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Для функционирования системы управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог требуются данные: технического уровня дорог, по эксплуатационному состоянию дорог, по интенсивности дорожного движения и составу транспортного потока, об издержках пользователей дорог; хронологические данные по проводимым ремонтам и данные ежегодных наблюдений за опытными участками.

Диагностика дорог является основным элементом системы сбора информации. При выборе системы диагностики необходимо четко сформулировать цели: определение технического состояния, в котором находится дорога в рассматриваемый период времени; прогнозирование технического состояния, в котором окажется автомобильная дорога по истечении определенного периода времени; выяснение первопричин возникновения тех или иных дефектов.

Диагностика автомобильных дорог как наука или методически обоснованная система сбора и анализа данных при технической и эксплуатационной оценке автомобильных дорог неразрывно связана с организацией всех дорожных работ. Данные диагностики позволяют оценить принятые проектные решения, установить недостатки, которые были допущены при строительстве, выбрать наиболее экономичные методы содержания и ремонта дорог. Полученная на основе диагностики и оценки состояния дорог информация служит для формирования и систематического обновления автоматизированного банка дорожных данных (АБДД).

Процесс управления состоянием дорог можно рассматривать как ряд последовательных этапов или действий, направленных на достижение конечных целей и задач управления: 1) определение целей и задач управления; 2) диагностика автомобильных дорог; 3) оценка состояния; 4) назначение корректирующих мероприятий; 5) прогноз изменения состояния; 6) назначение предупреждающих мероприятий; 7) оценка эффективности назначенных мероприятий и выбор стратегии ремонта с учетом реальных возможностей; 8) реализация намеченных мероприятий. На основе собранных данных в системе управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог выполняется инженерный анализ, необходимый для решения управленческих задач.

УДК 625.7

Битумная обработка дорожных покрытий – популярная практика в Непале

Чакхун Кришна

Белорусский национальный технический университет

Битумная обработка является одной из популярных форм покрытия дорог во многих странах мира, включая Непал. Горячий или холодный битум тонким слоем равномерно разбрызгивается на поверхность основы, и сразу покрывается слоем щебня однородной фракции. Если применяется один слой щебня и один слой битума, то он называется однослойной поверхностной обработкой (*single surface dressing*). Если поверх первого слоя используется второй слой, то такая обработка называется двойной поверхностной обработкой (*double surface dressing*). Такая поверхностная обработка представляет собой недорогой вид покрытия для дорог с низкой интенсивностью движения. Однослойной поверхностной обработкой достаточно, где интенсивность движения 100-125 машин в сутки. Двойной поверхностной обработкой считается достаточно для объема перевозок до 2000 машин в сутки. Поверхностная обработка обеспечивает водонепроницаемость, отсутствие пыли и долговечную

беговую поверхность с хорошей устойчивостью к скольжению. Заполнители должны быть чистыми, без пыли, однородной фракции, кубической формы, имеющие максимальное совокупное дробильное значение (ACV) в диапазоне 20-35 и степень гладкости со значением (PSV) в диапазоне 45-60. Обычно используются заполнители размерами 19 мм, 14 мм, 10 мм и 6 мм. Второй слой заполнителя должен быть меньше, чем первый слой.

Вязущее вещество может быть горячим битумом или холодной эмульсией. Холодная эмульсия считается экологически более чистой и, следовательно, более популярной. Поверхность должна быть подготовлена и очищена от пыли и свободных частиц перед распылением так, что вязущее проникает в подстилающие поверхности. Сразу после применения заполнителя каждый слой уплотняется. Поверхность дороги не имеет структурной прочности, но обеспечивает водонепроницаемый слой, который защищает дорожные одежды и земляное полотно от проникновения поверхностных вод. Количество распыления вязущего материала, в первую очередь, зависит от характера подстилающей поверхности, размера и типа заполнителя, уровня интенсивности дорожного движения, климатических условий. Если же вязущего материала меньше, тогда заполнитель будет отрываться, вызывая расползание поверхности. Когда избыток вязущего, – он будет истекать на дорожное покрытие, что в жарком климате приводит к смягчению и удерживанию колес транспортного средства. Таким образом, важно точно определить количество распыления. Количество распыления должно быть рассчитано на плотно утрамбованный один слой поверхности плюс 10%-ная надбавка. Это необходимо для обеспечения плотной поверхности. После того, как поверхность подготовлена, излишки щебня сметаются с дорожного покрытия, после дорога открыта для движения.

Из широкого перечня литературы по битумной обработке поверхности наиболее популярна инструкция «Overseas Road Note 3» 2000 года, опубликованная Transport Research Laboratory (TRL) в Великобритании.

УДК 625.7

Участки азиатских магистралей в Непале

Чакхун Кришна

Белорусский национальный технический университет

С целью улучшения системы дорожного движения в Азии в 1992 г. был запущен и одобрен Экономической и социальной комиссией ООН для Азии (ESCAP) совместный проект Great Asian Highways (Великие азиатские магистрали). Все 32 азиатские страны, где будет

реализовываться проект, подписали соглашение. Работа по данному проекту охватывает, в общей сложности, 140,479 км, из которых 1324 км находятся на территории Непала. Трасса АН2, начинающаяся в Бангладеш, Дакка (Dhaka, Bangladesh), проходит через Индию и входит в Непал на Какарбхитта (Kakarbhitta) на востоке. Она выходит из страны на западе в Brahmadev Mandi, имеет протяжённость 1027 км и входит в Индию, которая ведёт в Дели и переходит в АН1. Другая трасса, АН42, берет свое начало в Индии (Barhi) от АН1 и входит в Непал в Биргандже (Birgunj) на юге, проходит через Катманду, выходит в Кодарина на севере и входит в Китай. В общей сложности 297 км АН 42 проходят через Непал.

Правительство Непала стремится использовать эти дороги для контейнерных грузовых перевозок (фуры), от сухопутного порта на юге к Катманду и другим районам страны. Это потребует ремонтных работ по местам, особенно в плане улучшения геометрии, укрепления дорожного покрытия, устойчивости откосов и других работ, связанных с дорожным строительством и средствами обслуживания.

В настоящее время большинство дорог, подпадающих под проект реконструкции азиатских магистралей, имеют ширину две полосы с некоторыми исключениями в виде небольших участков, имеющих четыре полосы или более. Вся протяжённость существующей магистрали Восток-Запад (EWH) на равнине трассы в южной части Непала является частью азиатских автомобильных дорог АН2. Из-за большого количества широких рек в Индии поездка из северо-восточной части Индии в Дели и к другим частям северо-западной Индии значительно превышает расстояние по сравнению с расстоянием поездки путешественников по АН2 через Непал. Поэтому участок трассы АН2 после модернизации будет способствовать увеличению международного движения через Непал. Таким образом, это имеет большую перспективу; и инвестиции на его модернизацию, как ожидают, будут экономически жизнеспособными и выгодными во многих отношениях. В процессе строительства EWH в 1970-х население из соседних областей мигрировало ближе к строительству.

Другая часть АН42 проходит через четыре существующих транспортных магистрали: Трибхуван–Раджпатх, автострада «Восток-Запад» (включая часть АН2), шоссе Притхви и шоссе Кодари. Участок между Патхлайя и Нараянгар является общим для АН2 и АН42. После пересечения Нараянгар дорога переходит в холмистую местность, проходит вдоль пологих и крутых склонов крупных речных долин, вдоль Нараяни, Тришулии, Сункоши. Склоны этих долин являются хрупкими и склонными к частым оползням в сезон дождей. Таким образом, при модернизации этих дорог под АН42 придется много инвестировать для улучшения стабилизации склонов. Например, большое понижение земли

на шоссе Кодари, часть АН42, в долине реки Сункоши, в августе 2014 г. полностью разрушило дорожное звено между Непалом и Китаем на длительный период. В результате оползня был перегорожен речной поток, что, возможно, и стало причиной бедствия. В качестве альтернативного маршрута части АН2, в Катманду из Хетаунда приступили к осуществлению проекта «скоростной путь» через туннели, который будет протяжённостью около 78 км вместо существующих 220 км. Развитие АН42 увеличило бы возможности для торговли с Китаем и Индией, а также международный торговый транзит между этими двумя соседними странами. Поэтому Непал должен осуществить модернизацию и развитие своих участков Азиатского Шоссе.

УДК 625.76

Диагностика автомобильных дорог как инструмент государственного регулирования транспортной системы

Чернюк Н.И.
РУП «Белдорцентр»

Транспортная система Республики Беларусь представляет собой единый комплекс различных видов транспорта (автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный, трубопроводный) и имеет очень сложную и разветвленную структуру. Автомобильный транспорт в нашей стране играет основную роль в создании условий для развития экономики страны путем удовлетворения спроса и доступности автомобильных перевозок. Дорожное хозяйство страны является неотъемлемой частью единой транспортной системы и призвано обеспечить общегосударственные и региональные потребности в перевозке грузов и пассажиров. Государственной программой по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015-2019 годы предусмотрено создание дорожной сети, удовлетворяющей потребностям экономики и населения республики, и обеспечивающей растущий спрос на автомобильные перевозки по дорогам общего пользования.

Достижение поставленных целей возможно только инновационными путями развития. Одним из инструментов реализации Государственной программы является диагностика автомобильных дорог, позволяющая определять транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог. Государственной программой определено, что формирование перспективного и текущего планирования перечней объектов капитального и текущего ремонта дорог должно обеспечиваться на основе фактического технико-эксплуатационного состояния по данным диагностики. Диагностика автомобильных дорог включает в себя

обследование, сбор, анализ информации о параметрах, характеристиках и условиях работы автомобильной дороги, оценку ее транспортно-эксплуатационного состояния, необходимую для определения потребности в ремонтных мероприятиях и прогноза изменения ее состояния.

Важнейшими показателями, непосредственно влияющим на безопасность дорожного движения, являются ровность и сцепные характеристики дорожного покрытия, наличие колеи. Мероприятия по сокращению количества дорожно-транспортных происшествий, уменьшению количества мест концентрации ДТП за счет улучшения дорожных условий должны основываться, в том числе, на результатах диагностики, на устранении выявленных измерениями несоответствий безопасным условиям дорожного движения.

УДК 625.421

Метрополитен Санкт-Петербурга как основная транспортная система города*

Чемко М.А.

Белорусский национальный технический университет

Транспортную инфраструктуру города можно охарактеризовать как умеренно-загруженную, однако стабильно развивающуюся по той причине, что пассажирский транспорт в нынешнем виде развивается параллельно с ростом городского населения и автомобильной загруженности.

Петербургский метрополитен – скоростная внеуличная транспортная система Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Он открылся вторым по счету в Советском Союзе после московского – 15 ноября 1955 года. На сегодняшний день действует 5 линий петербургского метро, эксплуатационная длина которых составляет 113,6 км. Количество станций – 67 (среди них 7 пересадочных узлов – 6 двухстанционных и один трёхстанционный). 11 станций совмещено с вокзалами, железнодорожными станциями или платформами. В систему входят 73 вестибюля, 255 эскалаторов и 856 турникетов. Имеется 5 эксплуатационных и одно ремонтное депо. В 2013 году метрополитен перевез 771,9 миллиона пассажиров, что ставит его на 17-е место в мире по уровню загруженности.

Петербургский метрополитен является самым глубоким в мире по средней глубине залегания станций (около 60 метров). Многие станции имеют оригинальное архитектурно-художественное оформление.

* Руководитель: д.т.н., профессор Леонович И.И.

Сеть метро в Санкт-Петербурге недостаточно развита. Из 18 районов города в 6 метро отсутствует; существуют районы (например, Красногвардейский, Приморский), слабо охваченные сетью метрополитена.

В Санкт-Петербурге на метрополитен приходится наибольшая доля внутригородских перевозок, что говорит о том, что этот вид транспорта является основной транспортной системой города. 5 линий метро обслуживают 5 млн. жителей. До 2020 года планируется открыть 17 новых станций и электродепо «Южное».

УДК 625.7

Зависимость числа случаев превышения допустимой скорости транспортных средств от ширины дороги и допустимой скорости

Чигаите Л., Ясиуниене В.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

В 2010–2011 гг. на дорогах государственного значения Литвы, ширина которых не превышает 6,8 м, действовало 25 стационарных измерителей скорости, на дорогах с шириной от 6,8 до 11 м, – 92 измерителя, а на дорогах с шириной более 11 м, – 34 измерителя скорости. В результате анализа зависимости числа нарушений допустимой скорости 1000 автомобилей от ширины дороги было получено, что больше всего нарушений скорости зафиксировано на дорогах, ширина которых колеблется от 6,8 до 11,0 м. На результаты оказал влияние тот фактор, что на дорогах такой ширины установлено больше всего измерителей скорости. Однако, несмотря на то, что на дорогах, ширина которых не превышала 6,8 м, число стационарных измерителей скорости было более чем в три раза меньше, чем на дорогах, ширина которых составляет от 6,8 до 11 м, было зафиксировано примерно такое же количество нарушений скорости.

Анализ зависимости числа случаев превышения допустимой скорости проводился с учетом не только ширины дороги, но и допустимой скорости на местах, оборудованных стационарными измерителями скорости.

Распределение числа измерителей скорости в соответствии с допустимой скоростью

Пределы допустимой скорости, км/ч	Число измерителей скорости, ед.
30–50	48
60–70	44
80–90	48
100–130	11

Установлено, что больше всего нарушений совершается, когда допустимая скорость составляет 30–50 км/ч. Меньше нарушений при допустимой скорости 60–70 км/ч, а наименьшее, когда допустимая скорость 100–130 км/ч. Следовательно, можно утверждать, что чем больше допустимая скорость, тем меньше фиксируется нарушений скорости.

УДК 624.131

Проблемы строительства цементобетонных покрытий в современных условиях

Яромко В.Н.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

В 2014 году в связи с введением новых мощностей на белорусских цементных заводах появилась возможность возобновить в Беларуси строительство автомобильных дорог с цементобетонным покрытием. Первым крупным объектом стала Вторая кольцевая автодорога вокруг г. Минска, на которой в течение 2014–2017 гг. планируется построить 80 км цементобетонных покрытий с использованием современных бетоноукладчиков, новых конструкций дорожных одежд и материалов.

Предстоит усовершенствовать имеющиеся нормативные документы, базирующиеся на результатах исследований, проведенных еще в СССР. Новых исследований после распада СССР не проводилось.

Наиболее актуальными являются вопросы обеспечения прочности и устойчивости цементобетонных покрытий связано не только с обеспечением их несущей способности (трещиностойкости) под действием транспортных нагрузок, но и с обеспечением продольной устойчивости при высоких летних температурах, и сохранением ровности в результате образования уступов в деформационных швах в процессе эксплуатации. Показано, что применение укрепленных вяжущими оснований под цементобетонными покрытиями, существенно снижает вероятность образования в эксплуатационный период уступов в швах покрытий.

Высота уступа в швах зависит от расчетной нагрузки, ее повторности, толщины плиты, модуля упругости и прочностных и деформативных свойств нижележащих слоев. Расчеты показывают, что при толщине плиты 24–26 см, модуле упругости на поверхности нижележащих слоев не менее 500 МПа, уступы в швах не превысят допустимых значений, равных 3 мм.

Необходимо проведение дальнейших исследований для уточнения методики расчета и разработки рекомендаций по проектированию и устройству деформационных швов в цементобетонных покрытиях.

Организация дорожного движения и перевозок пассажира и груза

Динамика аварийности в Республике Беларусь

Капский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь снижается число отчетных (с пострадавшими) аварий, а также количество погибших и раненных в результате дорожно-транспортных аварий (рисунок 1) [1]. Для дальнейшего снижения числа аварий следует проводить системные мероприятия, например: повысить требования к квалификации экспертов, ответственных за прохождение государственной строительной экспертизы проектной-сметной документации; внедрить в практику проектирования аудит безопасности движения с ориентацией на минимизацию аварийных, экономических, экологических и социальных потерь; и др. [2,3]. Так, с июля 2012 года по февраль 2015 года введены в эксплуатацию и функционируют 200 датчиков контроля скорости (179 стационарных, 21 – мобильных).

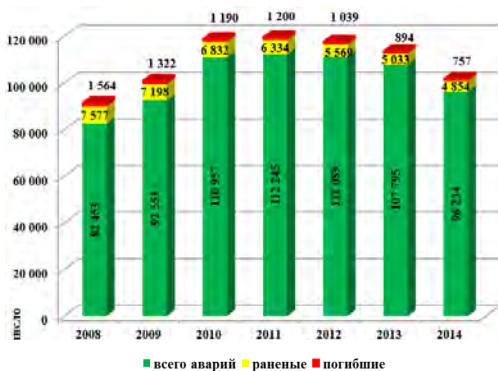


Рисунок 1 – Динамика аварийности в Беларуси (2008 – 2014 гг.)

Литература:

1. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2014 году: аналитический сб. / сост.: О.Г. Ливанский, В.В. Хаустович; гл. ред. Ю.А. Литвин; под общ. ред. Н.А. Мельченко. – Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2015. – 89 с.
2. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июня 2006 г., № 757 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 5/22459.
3. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении: монография / Ю.А. Врубель, Д.В., Е.Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006. – 240 с.

Разработка решений по организации движения по территории многофункционального комплекса и прилегающей сети

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

В результате проведенного анализа существующей транспортно-пешеходной нагрузки, особенностей существующей организации дорожного движения и условий движения с учетом устройства многофункционального комплекса, а также с учетом расчета распределения перспективной интенсивности движения транспорта проектируемого объекта и разработки схем распределения интенсивности движения транспортных потоков по улично-дорожной сети предложены планировочные решения, предусматривающие устройство светофорных объектов на ул. Аранской – проектируемый заезд к комплексу и ул. Маяковского – ул. Оранжевая. Предложения выполнены с учетом реконструкции перекрестка ул. Маяковского – ул. Аранская и устройства левоповоротного съезда.

На перекрестке ул. Аранская – Проектируемый заезд к комплексу необходимо: по улице Аранской со стороны ул. Володько – устройство четырех полос; по улице Аранской со стороны ул. Маяковского – устройство пяти полос, в т.ч. две полосы для поворота налево и разворота; по Проектируемому заезду – устройство 4 полос в двух направлениях.

На перекрестке ул. Маяковского – ул. Оранжевая необходимо: по ул. Маяковского со стороны ул. Аранская – устройство 6 полос, в т.ч. 1 полоса направо и 2 полосы налево; по ул. Маяковского со стороны ул. Денисовской – устройство минимум 4 полос, в т.ч. 1 полоса направо; по ул. Оранжевой – устройство 2 полос.

Обязательным условием для нормального функционирования всех устраиваемых или реконструируемых светофорных объектов, попадающих в зону проведения работ, является организация схем пофазного движения с количеством фаз не более 3.

Устройство транспортной развязки в разных уровнях на перекрестке ул. Аранская – ул. Маяковского в ближайшее время нецелесообразно. Рекомендуется реконструировать данный перекресток по ранее представленному проекту. Строительство запроектированной транспортной развязки усложнит ситуацию с обслуживанием транспорта проектируемого комплекса. В случае строительства транспортной развязки необходимо ее перепроектирование с учетом возможности обслуживания проектируемого комплекса, что снизит аварийные, экономические и экологические потери в исследуемом районе.

Транспортное обслуживание и планировка сети в районе пересечения улиц Филимонова и Скорины, а также проспекта Независимости в г. Минске

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

Для обоснования проектных решений по транспортному обслуживанию района застройки и виду развязки, проведен анализ существующей транспортно-пешеходной нагрузки, особенностей существующей организации дорожного движения и условий движения с учетом устройства транспортной развязки в разных уровнях и многофункционального комплекса на перекрестке проспекта Независимости и улицы Филимонова в городе Минске.

Выполнен расчет распределения перспективной интенсивности движения транспорта проектируемого объекта и разработаны схема распределения интенсивности движения транспортных потоков по улично-дорожной сети, а также предложены планировочные решения, предусматривающие устройство светофорных объектов для возможности заезда и выезда транспорта с/на территории комплекса во всех направлениях.

Предложено выполнить реконструкцию существующего светофорного объекта на ул. Филимонова (существующий выезд с автовокзала) для возможности организации заезда транспорта со стороны ул. Парниковая на территорию комплекса. При этом следует рассмотреть возможность заезда со стороны местного проезда на подземные паркинги, а не только для обслуживания медицинского и спортивного центров и заезда грузового обслуживающего транспорта. Заезд на исследуемую территорию комплекса со стороны местного проезда является перспективным с учетом развития данного участка сети и продлением существующего местного проезда до ул. Макаенка.

Обязательным условием для нормального функционирования всех устраиваемых или реконструируемых светофорных объектов, попадающих в зону проведения работ, является организация схем пофазного движения с количеством фаз не более 3.

Данные мероприятия позволят снизить дополнительную транспортную нагрузку от проектируемого комплекса на наиболее нагружаемый перекресток ул. Филимонова – ул. Ф. Скорины и позволят предотвратить возникновение заторовых ситуаций при заезде или выезде транспорта с ул. Филимонова на территорию многофункционального комплекса.

Применения редактора для фиксации дорожных объектов на различных веб-картах

Аземша С.А., Галушко В.Н., Филиппов А.А.

УО «Белорусский государственный университет транспорта»

Редактор добавления ДТП реализован различными способами внесения, редактирования и удаления объектов на карте (рисунок 1).

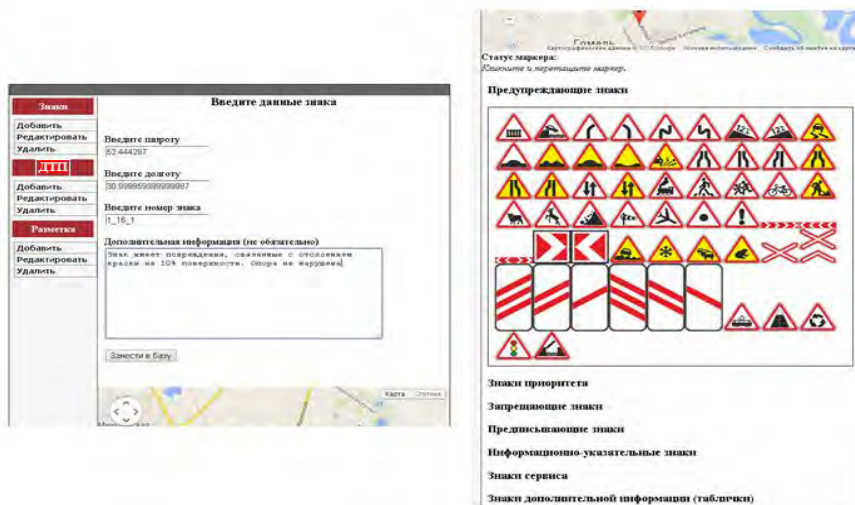


Рисунок 1 – Окно редактора сервиса фиксации дорожных объектов

На карте реализовано три слоя: знаки, ДТП, разметка. Изучение слоев возможно совместно или по отдельности. Процедура добавления ДТП реализована заполнением соответствующих ячеек в окне редактора: дата, время, погодные условия, пострадавшие, положение на карте ДТП. Предусмотрено накопление информации в стандартной форме, чтобы на карте было минимальное количество обозначений. При нажатии на соответствующий символ пользователю предоставляется дополнительная информация, соответствующая некоторым данным карточки учета ДТП, а также статистические данные об очаге аварийности. Окно слоя разметки позволяет отмечать наиболее важную информацию по расположению «лежачих полицейских», стоп-линий и пр. Актуальным является опция текущего состояния разметки за счет прикрепления любым пользователем фотографий или сообщений, отражающих и работу дорожных служб, наносящих разметку, с указателем обратного отсчета срока службы горизонтальной дорожной разметки и соответствующая цветовая палитра окна, для инте-

грации разносторонней информации по дорожной сети и т.д.

Использование предлагаемого сервиса (виды/качество покрытия, транспортная нагрузка, даты ремонтов), позволит построить динамическую модель износа и автоматизировать планирование ремонтов. Каждый интересующий объект может быть дополнен информационным сообщением, которое появляется при наведении курсора. Инструментарий не имеет завершенной формы, так как может использоваться для других целей. Например, разрабатывается инструментарий для отображения на карте пробок, оптимизатора маршрутов и состояния парковочных мест в городе в любой момент времени. Экспорт собранных данных в приложение анализа обеспечит прогнозирование аварийности и анализ состояния модели улично-дорожной сети и транспортной инфраструктуры. Просмотр слоев знаков, ДТП или разметки реализован картографическим сервисом Google Maps API. Для реализации приложения в качестве базы данных использовалась свободная реляционная система управления базами данных MySQL компании Oracle версии 5.6, а также скриптовый язык программирования PHP. При отображении карты и знаков в окне браузера использовались язык гипертекстовой разметки HTML, прототипно-ориентированный сценарный язык JavaScript и библиотека jQuery, а также формальный язык описания внешнего вида документа CSS. Применение продукта повысит оперативность и обоснованность принимаемых решений по безопасности движения на основе использования современных геоинформационных технологий, а применительно к деятельности ГАИ позволит формировать единое информационно-аналитическое пространство показателей ситуации в сфере обеспечения безопасности; осуществлять мониторинг показателей аварийности, анализ причин, фактов, времени и мест совершения ДТП, а также характеристик участников происшествий; анализ мест концентрации ДТП; моделирование и прогнозирование показателей БДД.

УДК 656

Разработка сервиса фиксирования дорожных объектов на веб-картах

Аземша С.А., Галушко В.Н., Филиппов А.А.

УО «Белорусский государственный университет транспорта»

В настоящее время сотовые телефоны очень популярны и, как правило, подключены к интернету. Поэтому актуальна разработка сервиса с информацией о дорожной ситуации в реальном времени (дорожные знаки, ДТП, ремонт дорог, временные перекрытия движения и т.д.). Сотрудники специализированных предприятий могут сами с помощью встроенного фотоаппарата добавлять любые события, и они тут же появляются на карте. Стандартные достоинства создания географической информационной сис-

темы: быстрая изменяемость масштаба; преобразование картографических проекций; варьирование объектным составом карты; возможность опрашивать через карту многочисленные базы данных в режиме реального времени; изменение способа отображения объектов (цвет, тип линии и т.п.), в том числе и легкость внесения любых изменений.

В рамках данной задачи был разработан сервис фиксирования дорожных знаков, дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и дорожной разметки на веб-картах для г. Гомеля с возможностью их просмотра на карте в браузере. Такой сервис является актуальным, поскольку на настоящий момент для г. Гомеля не существует программ, обладающих полной информацией и доступным инструментарием редактирования различных слоев, интересующих как водителей, так и ГАИ, дорожные и городские службы в целях планирования и оценки качества проводимых мероприятий.

Для запуска приложения пользователю достаточно иметь современный браузер. На данный момент добавление информации в приложение защищено паролем для защиты от неточной информации. Внесение информации организовано сотрудниками кафедры «Организация дорожного движения» УО «БелГУТ».

Инструментарий позволяет ознакомиться с аварийностью в г. Гомеля на основании карточек учета ДТП, полученных в соответствующих службах ГАИ. Процедура добавления дорожного знака предполагает переход на страницу сервиса для добавления нового знака с помощью редактора. Данное окно содержит выбор положения знака на карте и списки знаков по категориям. Форма окна редактора позволяет вносить расположение знаков двумя способами: по известным широте и долготе либо с помощью указателя прямо на карте.

УДК 629.13

Элементы интеллектуальных транспортных систем для использования в пассажирских перевозках автобусами категории М2

Рудзинский В.В.¹, Шумляковский В.П.¹, Пуха В.В.²

¹Житомирский государственный технологический университет,

²Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

В городах с населением до 300 тысяч жителей с перегруженной улично-дорожной сетью (УДС) и устаревшей инфраструктурой в условиях дефицита бюджетных средств решение задач повышения эффективности пассажирских перевозок взяли на себя частные предприниматели, инвестируя приобретение автобусов категории М2. Дорожные транспортные средства (ТС) категории М2 в таких городах показывают высокие коэффициенты наполняемости пассажирами салонов, имеют лучшие характери-

стики маневренности, динамики разгона, позволяют поднять качество пассажирских перевозок в условиях существующей УДС. Такие частные инвестиции позволили существенно развить автобусную маршрутную сеть, поднять уровень обеспечения общественным транспортом жителей города и сократить затраты времени на перемещение. Однако, увеличение количества автобусов категории М2 потребовало инвестиций для повышения эффективности системы управления и обеспечения безопасности перевозок.

Для решения этой задачи в городе Житомире для маршрутных транспортных средств был разработан комплекс компонентов интеллектуальных транспортных систем (ИТС) по сбору информации о месте нахождения на маршруте и некоторых основных показателей, которые могли бы охарактеризовать техническое состояние, расход топлива, динамику и безопасность движения, отслеживать пассажиропотоки.

Анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы. Внедрение компонентов ИТС на автобусах категории М2 позволяет осуществлять эффективный контроль над соблюдением графиков движения, оптимизировать их с учетом фактических пассажиропотоков. Для учета количества перевезённых пассажиров и оплаты проезда необходимо использовать валидаторы. Отслеживая скорость движения ТС и его маневрирование (с использованием дополнительных видеорегистраторов) можно провести организационные мероприятия по повышению безопасности движения и устранению препятствий движению. Получение информации от датчиков расхода топлива позволит перейти на эковождение, уменьшить затраты на эксплуатацию ТС.

УДК 656.07:504.06

Проблемы интеграционных процессов транспортной системы Украины

Хрутьба В.А., Самолюк В.М.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Уровень развития транспортной системы государства – один из важнейших признаков ее технологического прогресса и цивилизованности. Потребность в высокоразвитой транспортной системе еще более усиливается при интеграции в европейскую и мировую экономику, транспортная система становится базисом для эффективного вхождения Украины в мировое сообщество и занятия в нем места, отвечающего уровню высокоразвитого государства.

Объективные условия трансформационных процессов в развитии Украины обуславливают ее нацеленность на вхождение в мировую экономическую систему и, прежде всего – на экономическую интеграцию с веду-

щими западноевропейскими государствами. Этот процесс, безусловно, приведет к росту товарообменных операций между сотрудничающими странами.

Кроме того, геостратегическое расположение Украины позволяет ей быть выгодным мостом для транзитных перевозок товаров и пассажиров между государствами Европы, Азии и Ближнего Востока.

Одной из определяющих систем, обеспечивающих грузовые и пассажирские перевозки на территории Украины, является транспортная система, к которой в рыночных условиях предъявляются высокие требования по качеству, регулярности и надежности транспортных связей, сохранности грузов и безопасности перевозки пассажиров, сроков и стоимости доставки.

Для транспортной системы Украины характерны линейное размещение и универсальность производственных связей с другими отраслями хозяйства. Выделение транспорта в отдельную отрасль производства произошло с развитием капитализации экономики, с ростом обмена, углубления общественного разделения труда, переходом к фабричной системе производства.

Развитие транспорта в Украине обусловлено ее географическим положением, в частности, размещением в центре Европы.

Таким образом, транспорт нашего государства требует качественного обновления с целью повышения качества транспортного обслуживания, достижения максимальной экономии топлива, обеспечение безопасного движения, экологии и комфорта перевозок.

УДК 656.1

Элементы интеллектуальных транспортных систем в совершенствовании организации дорожного движения

Осипов В.А., Кравченко А.П.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

На автомобильных дорогах Украины последовательно решается вопрос оборудования опорной сети дорожными метеостанциями. Дорожная метеостанция – это комплекс технических средств, которые позволяют решать ряд важных задач, связанных с организацией движения в зимнее время. К таким можно отнести визуальный контроль над движением транспортного потока при помощи видеокамер, учет интенсивности движения при помощи индуктивных счетчиков, контроль скользкости покрытия и т.д. Важным фактором организации дорожного движения служит возможность взаимодействия метеостанции с электронными знаками со сменной информацией, которые предусмотрены действующим ДСТУ 4241-2003.

В последние годы наметилась определенная тенденция к изменению подходов в организации дорожного движения. Достаточно активно ис-

пользуются элементы интеллектуальных транспортных систем. Это стало возможным благодаря качественному скачку в разработке и внедрении компьютерных технологий, совершенствованию систем связи, навигации и других технических средств, которые отвечают за сбор, анализ и передачу информации.

Несомненно, одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений интеллектуальных транспортных систем является маршрутная навигация, однако существующие инновации не позволяют решать задачи оперативного вмешательства специалистов и в систему организации движения для принятия адекватных решений.

В контролируемой автоматизированной системе управления дорожным движением зоны, смена символов обеспечивается командой компьютера в соответствии с принятым алгоритмом управления. При помощи этой технологии управления участники дорожного движения имеют возможность получить оперативную информацию об изменении погодных условий, особенностях направлений реверсивного движения.

Однако на сегодня остается нерешенным вопрос взаимодействия метеостанций с интеллектуальным машинным парком техники для зимнего содержания дорог. Изучение этого аспекта позволит решить актуальную задачу – разработку методики совершенствования эксплуатации техники на основе информационной технологии, что в свою очередь приведет к оптимизации затрат на зимнее содержание автодорог.

УДК 656

Выбор оптимальных маршрутов поставки и режимов работы автотранспорта в логистической системе

Кичкина Е.И.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Задачи оптимизации маршрутов поставки в логистической системе возникают ежедневно и требуют решения в реальном времени и, в большинстве случаев, при недостатке конкретной информации или в условиях принятия решений с риском. Особенности транспортных систем обуславливают невозможность построения адекватных аналитических моделей, которые позволяли бы исследовать ее характеристики в различных условиях и варианты управления этой системой. В то же время имитационное моделирование, как метод исследования подобных объектов, является целесообразным подходом к решению этой проблемы: оно позволяет быстро и с хорошей точностью прогнозировать характеристики сложных систем подобной природы и оптимизировать существенные параметры, выбирая соответствующие параметры оптимизации.

Основной задачей данной работы было использование библиотеки элементов транспортной сети в одном из инструментов имитационного моделирования. В качестве среды моделирования был выбран пакет AnyLogic - универсальный инструмент для моделирования дискретных, непрерывных и гибридных систем. В модели можно изменять параметры и/или функциональность объектов транспортной системы. Критерии оптимизации могут не совпадать для различных элементов системы, цели оптимизации также могут быть противоположны. Поэтому, следует строить сложные критерии оптимизации с использованием весовых функций. В конкретной реализации рассмотрена доставка однородного груза. В отличие от стандартной транспортной задачи в модели решаются задачи управления снабжением грузом с учетом ситуации, а также вероятных значений времени выполнения технологических операций и движения транспортных средств. Активными элементами модели были выбраны: модуль технологической загрузки транспортного средства в пунктах загрузки; модуль выбора схемы транспортировки; модуль выбора режимов транспортировки; модуль технологической разгрузки транспортного средства в пунктах поставки.

Учитывая стохастический характер модели и невозможность точного практического измерения характеристик транспортной сети, можно сказать, что полученная модель, по крайней мере, качественно отражает реальную ситуацию на транспортной сети.

УДК 656

Усовершенствование расчета расхода топлива автотранспортом на маршруте

Кичкин А.В.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Расход топлива – одна из главных составляющих затрат в работе автотранспортного предприятия.

Важно отметить тот факт, что большинство исследователей в своих работах придерживаются определенной схемы математического моделирования, предполагающей синтез уравнений движения автомобиля и определенных характеристик работы двигателя. Этот подход широко применяется для расчета линейных и базовых норм расхода топлива автотранспортом. Однако существенным недостатком подобных методов является их сугубо экспериментальный характер, что очень усложняет, а иногда делает невозможным учет существенных эксплуатационных характеристик. Для учета этих характеристик формулы нормативных расходов топлива автотранспортом применяют корректирующие коэффициенты.

Количество этих коэффициентов постоянно растет, но этот факт лишь усложняет возможности их практического применения в повседневной практике автопредприятий.

Важным кажется дополнение существующей схемы расчета расхода топлива, которая учитывает характеристики модели автомобиля, пути и внешних условий, характеристиками конкретного человека за рулем. Кроме того, большое значение имеет упрощение возможности повседневного расчета затрат и увеличение их точности. Информационную основу реализации поставленной задачи составляет база данных путевых листов и ее постоянное пополнение. Математическое решение поставленной задачи требует построения нечеткой математической модели Сугено и ее нейро-сетевой адаптации к условиям маршрута движения и факторов, влияющих на количество расхода топлива при этом.

Создание методики совершенствует расчет планово-фактических и нормативных затрат топлива автотранспортом, позволяет автоперевозчикам не только в «облегченном» варианте более точно выполнять расчет расхода топлива, но и усовершенствовать процедуру «списания топлива».

УДК 656

Проблемы подготовки специалистов по транспортным системам

Ваксман С.А.¹, Пугачев И.Н.²

¹Уральский государственный экономический университет,

²Тихоокеанский государственный университет

Проект Федерального закона Российской Федерации «Об организации дорожного движения» предполагает совершенствование системы транспортного планирования путем ввода обязательности разработки таких документов как Комплексные транспортные схемы, Комплексные схемы организации дорожного движения; предполагается в течение переходного периода после вступления данного закона в действие разработать данные документы транспортного планирования для всех субъектов Российской Федерации, большинства муниципальных образований и населенных пунктов. Первичный анализ показывает, что при условии срока переходного периода в 5 лет, для разработки такого объема документации в сфере транспортного планирования потребуется одновременно задействовать более 7 тысяч специалистов в сфере территориального и транспортного планирования, организации и безопасности дорожного движения. Отметим, что необходимый объем (7 тысяч студентов!) теоретически может быть обеспечен за 5 лет, если вести набор по 30 студентов в год в 44 вузах страны, где велась ранее в той или иной степени подготовка специалистов по транспорту в градостроительстве и организации и безопасности движе-

ния. Даже если такую подготовку начинать с 2015 года, то первый выпуск будет осуществлен к 2020 году, когда переходный период действия упомянутого закона уже завершится. Добавим, что уровень подготовки специалистов по транспортному планированию в вузах страны всегда отличался разительно. Да и подготовить грамотного работника-бакалавра по территориальному транспортному планированию направлению в рамках складывающегося сегодня положения в образовательном комплексе высшей школы представляется весьма затруднительным. Скорее всего, следует говорить о подготовке магистров по направлению «строительство» с профилем «транспортное планирование (систем расселения)». Более четкое название этого направления, которого нет сегодня в образовательных стандартах, – «транспортные системы городов и организация городского движения». Строго говоря, такое название предопределяет организацию подготовки специалистов по двум направлениям: а) транспортное планирование городов и агломераций (исследователи, проектировщики, менеджеры органов территориального управления) и б) организация городского движения (исследователи и проектировщики в области организации и безопасности движения на период до 5–7 лет).

По экспертным оценкам, в настоящее время в государственных и частных проектных и научных институтах и вузах России занято не более сотни специалистов, способных разрабатывать комплексные документы транспортного планирования; при этом более 30% из них (а во многих организациях более 50 %) находятся в пенсионном и предпенсионном возрасте, причем сконцентрированы они всего в нескольких крупнейших и крупных городах: Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Иркутск, Волгоград, а также других крупнейших и крупных городах...

УДК 656.26:385

Компоненты теории стейкхолдеров при исследовании функционирования региональных транспортно-логических систем

Медведев Е.П.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Теория стейкхолдеров [1] исходит из того, что для повышения конкурентоспособности и эффективности деятельности предприятие (в нашем случае система) должно учитывать свои интересы и интересы заинтересованных сторон (стейкхолдеров) – покупателей, поставщиков, конкурентов, государственных учреждений и организаций, органов регионального управления, финансовых посредников, то есть предприятие должно развивать партнерские отношения.

Отношения со стейкхолдерами представляют собой «важнейший актив, которым должны управлять менеджеры, и конечный источник организационного богатства». Именно эти взаимоотношения между группами и индивидами, заинтересованными в деятельности конкретной компании исследует теория заинтересованных сторон. На примере решения практической задачи необходимо решить следующее:

- определить действительных стейкхолдеров и оценить их потенциальное воздействие на успех деятельности региональной транспортно-логистической системы (предприятия автомобильного и железнодорожного транспорта – грузоотправители и грузополучатели);

- определить цели, которые необходимо достигнуть в отношении с каждым из стейкхолдеров, факторы, влияющие на достижение целей, и возможные риски;

- определить возможности для взаимовыгодного сотрудничества, в частности, изучить пути оказания влияния (стратегии поведения), имеющие целью максимальное удовлетворение интересов стейкхолдеров;

- отслеживать отношения между стейкхолдерами, стремиться к их гармонизации.

Для реализации поставленных задач разработаны инструменты теории заинтересованных сторон, которые включают: модель Миттчела, сетевую модель и балансовую модель ресурсных отношений. Последующие исследования будут проводиться в направлении разработки модели функционирования региональных транспортно-логических систем с учетом интересов стейкхолдеров.

Литература:

1. Edward Freeman, R. Strategic Management: A Stakeholder Approach. – Boston: Pitman, 1984. – P. 46.

УДК 656.078:637

Оптимизация транспортных расходов в логистической системе молокоперерабатывающих предприятий

Шарай С.М.¹, Корпач К.М.²

¹Национальный транспортный университет (г. Киев),

²Украинский научно-исследовательский институт продуктивности
агропромышленного комплекса (г. Киев)

При определении транспортных тарифов за базу берется себестоимость перевозки грузов, в состав которой входит стоимость средств производства, которые используются в процессе перевозки, заработная плата работников и другие расходы.

Себестоимость перевозки зависит от размеров грузового потока, его состава, направления движения, самой расстояния перевозки, вида транспорта и др.

Для эффективного функционирования молокоперерабатывающего предприятия обязательным фактором является поступление сырья на постоянной основе. Так, как расходы на логистику транспортировки могут достигать до 30 % в себестоимости продукции, то стоит рассмотреть расходы на выполнение транспортной работы

На предприятиях используются в основном молоковозы на базе ГАЗ-3302-Г6-ОТА-1,3 и ГАЗ-3309. Первый из них, имеет меньшую емкость цистерны – 1,3 т, и используется чаще.

Используя нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте, выбраны отдельные показатели для молоковоза Г6-ОТА-1,3. Они составляют: для бензинового УМЗ-4216 – 13,6 л/100 км; для УМЗ на сжиженном нефтяном газе – 15,1 л/100 км; для дизеля на базе ГАЗ-560 – 9,5 л/100 км

Согласно нормам расхода топлива для молоковоза Г6-ОТА-1,3 на базе ГАЗ-3302 коэффициент корректировки $K = 0,9$. Нормы расхода топлива для автомобиля цистерны на базе шасси ГАЗ-3302 в нормативном документе не приводятся, мы принимаем нормы расхода топлива для автомобиля ГАЗ-3302 с кузовом бортовой платформы.

Проведя расчеты можно сделать выводы, что оптимальным для использования на предприятии будет молоковоз с бензиновым двигателем, переоборудованным для использования газового топлива, в частности сжиженного нефтяного газа. При этом расходы на топливо будут наименьшие. При активной эксплуатации молоковоза (20 тыс. км и более) деньги, потраченные на газобаллонное оборудование, можно окупить за один год, а то и быстрее.

УДК 656

Проектирование транспортно-логистических центров и систем и проблема подготовки специалистов для этих нужд

Седюкевич В.Н., Грабауров В.А., Холупов В.С.,
Андреев А.Я., Алисеенко Д.С., Лукьянчук А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Транспортная система – отрасль материального производства, осуществляющая перевозки людей и грузов. Консолидация усилий невозможна без оптимизации планировочно-управленческой структуры транспортно-логистических центров и систем. Ведь именно практическое использование различных систем логистики в условиях рыночной экономики высту-

пает как важнейший фактор развития предпринимательства и экономики нашей страны. При проектировании и совершенствовании логистических систем нужно располагать достаточным объемом разносторонних данных, учет которых, как и ход сбора и обработки, в дальнейшем не должен прекращаться, что позволяет говорить о необходимости четкого планирования не только самого предприятия (центра) с учетом размещения функциональных подсистем (строений, транспортных и инженерных сетей), но и мест размещения объектов (транспортно-логистических центров и систем), как организации взаимосвязанных, иерархично соподчиненных звеньев цепи логистических услуг. Это позволит комплексно управлять логистической системой страны с целью рационализации потоковых процессов и снижении различных невынужденных издержек транспортно-экспедиционного и логистического процессов.

Но на сегодняшний день отсутствует учреждение образования, подготавливающее специалистов с высшим образованием для нужд проектирования транспортно-логистических центров и систем. Организация такой подготовки инженеров возможна на базе Белорусского национального технического университета, кафедры «Организации автомобильных перевозок и дорожного движения», которая занимается не только теоретическими, но и практическими аспектами проектирования и функционирования транспортно-логистических центров и систем различного уровня. Подготовка инженеров может быть трансформирована на базе специальности 1-44 01 01 «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте», которая уже сейчас рассматривает и вопросы управления (оценки эффективности логистических систем с учетом специфики транспортировки, управления запасами, складирования и грузопереработки, развитием информационными систем и современных технологий и пр.) и вопросы проектирования систем.

УДК 656.13

Эффективность использования автомобильных транспортных средств

Алисеенко Д.С., Лукьянчук А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрен алгоритм постановки задачи оптимизации расстояния перевозки грузов автомобильным транспортом. Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на эффективность использования транспортных средств, является расстояние перевозки, от величины которого зависит количество транспортной работы. Между двумя пунктами, расположенными на транспортной сети города может быть $\langle n \rangle$ вариантов проезда, которым соответствуют определенные расстояния L_i ; скорости V_i

и время t_i ($i = 1, 2, 3 \dots n$). Наиболее часто в качестве критерия принимается минимум суммарного пробега, так как при одинаковых условиях движения на всех участках маршрута план, оптимальный по пробегу, будет оптимальным по затратам времени и стоимости. Решение такой задачи может быть выполнено на основе положений теории графов.

Задача о кратчайшем пути на графе в общем виде может быть сформулирована следующим образом: Дан граф $G = (x, u)$.

Каждому ребру этого графа приписано некоторое число $L_{ij} \geq 0$, называемое длиной ребра. Тогда любая цепь (μ), составленная из нескольких ребер, характеризуется длиной $L(\mu) = \sum Li$.

Требуется для двух произвольных вершин « a » и « b » графа найти путь, причем такой, чтобы его полная длина была наименьшей.

Для решения задачи необходимо подготовить данные о расстояниях между всеми пунктами транспортной сети, составить модель транспортной сети. Построив модель транспортной сети, измеряют расстояния между соседними вершинами. Затем для нахождения кратчайших путей используется методика «нахождения кратчайшего пути в графах с ребрами произвольной длины».

УДК 656.13.08

Оценка взаимозависимости показателей при анализе аварийности

Андреев А.Я., Грабауров В.А.

Белорусский национальный технический университет

Установление причинных связей является совершенно необходимым при анализе ДТП. Мероприятия по предупреждению ДТП должны планироваться таким образом, чтобы устранить или ослабить причины, порождающие аварийность. Наличие простой связи между переменными не дает никаких оснований для вывода о существовании причинной зависимости. Если не проводить дальнейших исследований, такие выводы могут привести к значительным и неоправданным затратам. Установление причинной связи, обусловленности значений одних показателей другими, а не наоборот, представляет собой весьма сложную задачу при анализе аварийности. Можно утверждать, что причинная зависимость является наиболее важным видом взаимозависимостей различных факторов. Наша способность анализировать и делать правильные выводы существенно зависит от того, насколько хорошо мы представляем себе причинные связи. Многие неудачи борьбы с аварийностью объясняются тем, что мы либо допускаем существование причинной связи там, где она отсутствует, либо неправильно характеризуем причинную связь, которая действительно существует. Задача установления причинной зависимости усложняется тем, что в

системе ОБДД связь между показателями аварийности и факторами, влияющими на их значения, редко бывает простой и очевидной. Сложные проблемы редко имеют простые решения, т.е. решения, связанные только с одной переменной, с одной причиной. На состояние аварийности влияет множество факторов, и действие одного из них может заменяться и искажаться другими. Такую зависимость нелегко понять и трудно обнаружить. Но даже незначительное, частичное улучшение понимания происходящих явлений способно привести, хотя и длинным путем, к эффективному решению сложных проблем. Один из таких методов, позволяющих улучшить понимание происходящих процессов, – расчет и изучение корреляционных связей между показателями.

УДК 656.13.08

Организация дорожного движения в системе устойчивой мобильности

Кот Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшими качественными характеристиками любого города являются существующая система транспортных коммуникаций и обустройство общественных пространств. По оценкам европейских экспертов, качество жизни на одну треть зависит от состояния городской мобильности. В самом общем виде понятие «мобильность» (подвижность) означает способность человека передвигаться самостоятельно или с применением транспортных средств. Процессом мобильности управляют личные предпочтения людей, их физические и финансовые возможности в выборе способов передвижения. Устойчивость системы мобильности конкретного города определяется условиями передвижения в нем пешком, на велосипеде, в общественном транспорте или в личном автомобиле, а также пропорциями и взаимосвязями этих видов передвижений. Устойчивая система мобильности должна быть удобной, экономически эффективной, безопасной для окружающей среды и здоровья людей.

Реальное представление о способах достижения устойчивой мобильности можно получить только при комплексном исследовании всех ее составляющих. Болезни транспортной системы города, как правило, являются результатом ошибочных решений в его социально-экономическом развитии, несогласованных действий городских служб, некорректного градостроительного и территориального планирования.

Мероприятия по организации дорожного движения (ОДД) должны разрабатываться и реализовываться с учетом системного подхода к городской мобильности в целом. В городах Беларуси в настоящее время первоочередной целью ОДД является обеспечение безопасности дорожного движе-

ния, а снижение других видов потерь в дорожном движении (затрат времени на перемещения, уровня шума и вредных выбросов от транспортных средств) к приоритетным не относится.

В системе устойчивой мобильности существенно возрастает роль ОДД как способа стимулировать использование людьми для передвижений по городу «зеленых» способов (пешая ходьба, движение на велосипеде или общественном транспорте) вместо поездок на личном автомобиле.

УДК 656

Проблемы дорожного движения

Капский Д.В.¹, Глик Ф.Г.²

¹Белорусский национальный технический университет, ²УП «Минскградо»

Дорожное движение характеризуется относительно неплохими дорогами, автомобилями, водителями и пешеходами, но плохой организацией движения, – к сожалению, мы не умеем грамотно управлять сложным социально-производственным процессом, не умеем разумно распоряжаться теми благами, которые дает нам судьба. В результате, при неплохих исходных данных, качество дорожного движения невысокое и из-за огромных масштабов – 3,2 млн автомобилей на 9,5 млн жителей – страна несет непомерно большие потери, соизмеримые с 8,5 % ВВП, что почти в два раза больше, чем в некоторых развитых странах. Разумное реформирование управления позволит без больших затрат уменьшить потери в разы, а сэкономленные средства и ресурсы останутся в стране и будут работать на ее процветание. Дорожное движение – это основной процесс оказания транспортной услуги – непосредственное перемещение по дорогам людей, машин и грузов. Это главная, целевая функция огромной социально-производственной системы, именуемой дорожным транспортом, являющимся одним из важнейших видов транспорта в транспортной отрасли – на его долю приходится от 2/3 до 3/4 всего объема транспортного обслуживания. Он представляет собой громадную систему, в которую входят несколько тоже очень больших и сложных подсистем, таких как дороги, транспортные средства, организация движения и т.д. По некоторым сведениям, в системе дорожного транспорта и на нее работает почти каждый 10-й работоспособный гражданин, и она в значительной мере определяет уровень жизни всего общества. Сегодняшний фактический оценочный критерий качества дорожного движения – число аварий с пострадавшими – не является достоверным и ничего не оценивает (максимум, 3–4 % от общей суммы потерь), и лишь прикрывает истинное неблагоприятное положение. Кто же платит за все это? За все это платит нация – и деньгами, и здоровьем, и жизнью, и духовностью, платит непомерно высокую цену. По скром-

ным оценкам, ежегодные экономические, экологические и аварийные потери только в дорожном движении в Беларуси составляют около 6,5 млрд долл./год, что очень много. А есть еще социальные потери, которые мы пока не умеем точно считать, но которые, по оценкам, составляют тоже огромную сумму (порядка 1/3 от приведенной). Цифры шокирующие. Разумеется, невозможно создать такую систему, в которой бы не было потерь. Потери были, есть и будут, особенно, в дорожном движении, с его невероятной массовостью и неподконтрольностью. Но не такие же огромные, как сейчас! По самым скромным подсчетам, только наведение разумного порядка в организации дорожного движения позволит уменьшить потери почти наполовину. Это даст ежегодную экономию материальных и людских ресурсов свыше 2,5 млрд долл./год. Каждый год, и практически без серьезных капитальных вложений. Дальнейшее снижение потерь в дорожном движении также возможно и очень выгодно, хотя оно уже будет меньше и потребует возрастающих капиталовложений.

УДК 659.13

Исследование влияния различных транспортных объектов на задержки в трамвайном движении

Кустенко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Эффективность трамвайного движения во многом зависит от средней скорости сообщения на маршруте, на которую в свою очередь оказывает влияние величина задержек и количество остановок. Нерегулируемые пешеходные переходы являются наиболее опасными для трамвая объектами на проезжей части с точки зрения времени задержки вследствие не предсказуемости возникновения подобных задержек. В данной работе было рассмотрено влияние нерегулируемых пешеходных переходов на скорость трамвая и оценены задержки с точки зрения экономических потерь. С этой целью были проведены замеры влияния интенсивности пешеходного движения на величину задержек трамвая на пешеходном переходе в районе дома ул. Я.Колоса, 12 г. Минска, в течение 30 минут. В результате время нахождения пешеходов на проезжей части и тем самым это время запрещенного движения для трамваев, что составляет 75 % от общего времени. За время замера остановилось всего 6 трамваев, однако визуально было видно, что порядка 9 трамваев снижают скорость при подъезде к пешеходному переходу. В связи с этим провели исследование скорости на участке с 2 нерегулируемыми пешеходными переходами и на эталонном участке без каких-либо помех. В результате на исследуемом участке (300 м) среднетехническая скорость ниже на 13 км/ч, чем на эталонном, тем самым

каждый трамвай теряет 20 секунд времени. Кроме пешеходных переходов скорость снижается и из-за автомобилей, которые заезжают на трамвайное полотно. Таким образом, нерегулируемые пешеходные переходы оказывают значительное влияние на скорость движения и как следствие на потери времени.

Существуют две формы организации проезда транспортного потока через светофорный объект: координированная с другими светофорными объектами; некоординированная с другими светофорными объектами. Целью исследования является изучить поведение трамвая перед светофорным объектом при координированном и некоординированном регулировании, а также определить факторы, влияющие на координированное движение.

Некоординированное направление: ул. Дорошевича – ул. Я. Коласа. В результате 90% трамваев прибывает в диапазоне 50 с. Это связано со следующими факторами: следующим перекрестком на пути движения трамвая является ул. Я. Коласа – пр. Независимости. В этом случае прохождение трамвая по участку без нерегулируемых пешеходных переходов разделило полученные данные на 2 группы протяженностью в 20 с, включающие 83 % всех трамваев: первая группа в начале красного сигнала светофора (36 %), вторая ближе к концу горения красного и началу зеленого сигнала светофора (47 %). Как можно заметить, отсутствие дополнительных помех привело к сжатию времен прибытия трамвая. Координированное регулирование перекресток ул. Дорошевича – ул. Я. Коласа. При координированном регулировании и отсутствии помех в движении трамвая, прибытие 86 % трамваев происходит в диапазоне 25 с, на разрешающий сигнал светофора. Следующий перекресток ул. Я. Коласа – ул. Б. Хмельницкого. Установлено, что 63 % трамваев, по-прежнему, прибывают одной группой в диапазоне до 20 с, а прибытие оставшихся 37 % "растягивается" на 40 с.

Это связано с наличием на перегоне 2 нерегулируемых пешеходных переходов и 1 остановочного пункта. Таким образом, для обеспечения координированного регулирования и пропуска 90 % на зеленый сигнал светофора, необходимо устранить дополнительные помехи в виде нерегулируемых пешеходных переходов, предотвратить не санкционированные выезды автомобилей на трамвайное полотно и обеспечить протяженность трамвайной фазы светофора не менее 25 с.

УДК 659.13

Исследование динамических характеристик трамвая в плотном потоке и в зоне остановочного пункта

Кустенко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Для расчета потерь в трамвайном движении необходимо привести

трамвай к легковому автомобилю. Это позволит использовать формулы по расчету времени отдельных светофорных фаз для автомобилей в расчете трамвайной фазы с учетом динамических характеристик трамвая. Были проведены исследования динамического габарита при движении трамваев после остановки и на скорости. В результате проведенных замеров обнаружилось, что при движении после остановки динамический габарит между трамваями равен 6,86 с, при движении на скорости 7,66. Для приведения трамвайного движения к автомобильному используем динамический коэффициент приведения – это отношение времени освобождения стоп-линии с момента разрешения движения данным типом транспортного средства по отношению к легковому автомобилю:

$$K_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{нтр}}}{T_{\text{пл}}}$$

где $T_{\text{нтр}}$ – средний интервал между трамваями при свободном рассасывании достаточно длинной очереди перед стоп-линией, с;

$T_{\text{пл}}$ – средний интервал между легковыми автомобилями при свободном рассасывании достаточно длинной очереди перед стоп-линией, $T_{\text{пл}} = 1,9$ с.

$$K_{\text{пр}} = \frac{7,66}{1,9} = 4,0$$

Таким образом, был рассчитан динамический коэффициент приведения, позволяющий учесть особенности трамвайного движения, и определен поток насыщения для трамвайного движения, позволяющий рассчитать максимально возможное количество трамваев, способных проехать светофорный объект за один светофорный цикл.

Для трамвая характерны динамические свойства железнодорожного подвижного состава. Выполнены исследования его ускорения и замедления. С целью определения потерь времени трамвая на разгон и торможение и определения факторов влияющих на значение данных показателей, были проведены исследования в зоне остановочного пункта БНТУ. Исследования заключались в измерении скорости трамвая перед началом торможения, установившейся скорости трамвая после режима ускорения и времени замедления, и ускорения соответственно. В результате: среднее время ускорения $1,68 \text{ м/с}^2$. Средняя величина замедления $1,012 \text{ м/с}^2$. Выявлены следующие факторы, оказывающие влияние на значения ускорения и замедления: 1) наполняемость трамвая (наполняемость была исследована визуальным методом путем разбиения на 5 групп, начиная с самой маленькой (все пассажиры сидят) заканчивая большой (трамвай переполнен, пассажиры отказываются от посадки); 2) уклон проезжей части; 3) наличие препятствий на пути трамвая: светофорные объекты; нерегулируемые пешеходные переходы; автомобили, выехавшие на трамвайное полотно; дру-

гой трамвай и т.д.; 4) личные качества водителя.

Таким образом, время задержки трамвая, вызванное разгоном и торможением на остановочном пункте БНТУ, составит 8,6 с, что составляет 43 % от времени непосредственного простоя.

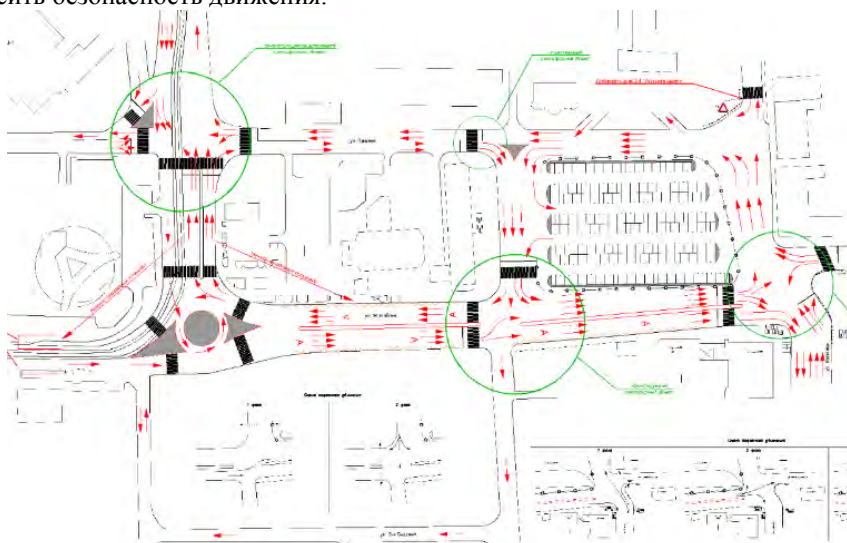
УДК 656

Совершенствование дорожного движения на площади Желябова в г. Смоленске

Мозалевский Д.В., Кузьменко В.Н. Полховская А.С.,
Ермакова Н.С., Киселевич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Изучены вопросы улучшения качества дорожного движения в районе Колхозной площади в г. Смоленске. На основе проведенных исследований разработаны предложения по повышению качества дорожного движения методами организации дорожного движения, с помощью планировочных и управленческих решений. На рисунке 1 приведено одно из планировочных решений. Такая ОДД позволит обособить движение общественного транспорта, выделить большую зону для отстоя маршрутных транспортных средств, не увеличить перепробег транспорта, а также сохранить существующие принципы и общую схему движения транспорта на Колхозной площади. При этом реализация предложений по реконструкции перекрестков позволит повысить пропускную способность, снизить очереди и повысить безопасность движения.



**Способ повышения видимости пешеходов
в зоне наземного пешеходного перехода**

Овчинников И.А.

Белорусский национальный технический университет

Предлагаемый способ и конструкция устройства, реализующая данный способ позволят:

- 1) информировать каждого водителя, приближающегося к пешеходному переходу, о наличии пешеходов перед пешеходным переходом и о степени их готовности начать движение;
- 2) дать возможность водителю знать о наличии пешеходов вне его зоны видимости (обзор ограничен другими ТС), но которые еще осуществляют движение по пешеходному переходу;
- 3) значительно увеличить шансы быть замеченными на пешеходном переходе для объектов небольших размеров (например, детей, мелких животных).

При разработке данного способа ставилась задача получения максимального положительного эффекта от его внедрения при минимальных денежных затратах на производство изделия и его монтаж, а также высокой степени надежности в работе.

Данные преимущества реализуются с помощью несложного электронно-оптического устройства, монтируемого возле пешеходного перехода и создающее визуальный эффект наличия пешехода на расстоянии нескольких метров (до 15 м и более) перед ним самим. Для лучшего привлечения внимания водителя к пешеходу, а также для дополнительного стимулирования дисциплины пешеходов, одновременно с проецированием изображения включается освещение пешеходного перехода (на регулируемых пешеходных переходах – вместе с разрешающим сигналом светофора, на нерегулируемых – по датчику приближающегося автомобиля (или пешехода)). Эффект визуализации пешехода (в том числе и людей в темных одеждах) в большей степени проявляется в темное время суток, что как раз и является большим достоинством данного устройства.

Потребляемая электрическая мощность работающего устройства значительно зависит от геометрических характеристик пешеходного перехода и составляет 200...700 Вт.

Геометрические размеры устройства также зависят от параметров пешеходного перехода, но не выходят за пределы:

4 000...8 000x200x200.

Цена единицы предлагаемого устройства с монтажом составляет порядка 40 000 000 руб. (на 01.05.2015).

**Оценочная деятельность
на транспорте
и в промышленности**

**Экспертиза количества и качества поставляемой продукции
как составляющая часть хозяйственной деятельности
(обзор проблематики)**

Ануфриев П.В.

Белорусский национальный технический университет,
Белорусская торгово-промышленная палата

Хозяйственная деятельность промышленного предприятия неотрывно связана с выполнением обязательств по гражданско-правовым договорам. Любые спорные моменты по полноте выполнения таких обязательств – это прямые издержки. А вероятность их возникновения – риски ведения хозяйственной деятельности. Исходя из предпосылки, что создание и функционирование любого предприятия направлены на получение прибыли, проблема минимизации издержек и создание для этих целей эффективной системы управления рисками становится первостепенной задачей.

Необходимо отметить, что хозяйственные споры в основе своей касаются фактов поставки продукции ненадлежащего качества либо неполного выполнения обязательств в виде недопоставки товара. При этом такое невыполнение договорных обязательств влечет как прямые убытки (в случае невозможности доказательства самого факта невыполнения), так и косвенные – выражающиеся в недополученной прибыли от осуществления хозяйственной деятельности, внутренних затратах на составление претензионных материалов, оплате сборов на рассмотрение хозяйственных споров и прочее. Таким образом, оптимизация бизнес-процессов при реализации обязательств в рамках гражданских правовых договоров с целью предупреждения своевременного выявления недопоставок продукции и поставки продукции ненадлежащего качества позволит, с одной стороны снизить временные потери и затраты человеческих ресурсов, и, как результат, получить экономию средств; с другой же – позволит стороны уменьшить риски несвоевременного поступления материальных ресурсов, основных средств и готовой продукции, а также поставки некачественных товаров.

Основой данной оптимизации может стать совершенствование нормативно-правовой базы, регулирующей приемку продукции, четко закрепляющей механизм проведения экспертизы количества, качества, комплектности, – с привлечением к проведению экспертизы компетентных представителей третьей независимой стороны, чья репутация позволяет предоставлять составленные ею документы в качестве доказательной базы.

Оценка домовладений для изъятия

Багиров И.Г., Трифонов Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В столице Азербайджана городе Баку предоставление земель под новое строительство в значительной мере решается в рамках сложившейся городской территории за счет сноса старой (в том числе, – начала прошлого века) застройки, состоящей главным образом из объектов недвижимости, относящимся к одно- и многосемейным домовладениям.

Необходимость подключения оценщика в любой процесс развития недвижимости на более ранней стадии была в своё время указана в работе [1]. При освобождении участка от старых строений для нужд новой застройки роль оценщика становится едва ли не определяющей, поскольку при этом возникает проблема оценки стоимости сносимых объектов недвижимости. Целью такой оценки стоимости является определение подлежащей компенсации для их владельцев.

Суть предлагаемой методики определения стоимости семейных домовладений следующая. В общем случае определяется рыночная стоимость объекта оценки в текущем использовании, которое, как правило, не является наилучшим. Объект оценки рассматривается как комплексный объект недвижимости, включающий в себя земельный участок и находящееся на нём и неотъемлемое от него здание. Существенным элементом этого комплексного объекта недвижимости могут быть и многолетние зелёные насаждения, находящиеся на участке. Возможны на участке и дополнительные постройки. При этом особое внимание обращается на юридическое оформление сносимых строений, которые зачастую его не имеют. Это обстоятельство можно объявить почти типичным для разного рода дополнительных хозяйственных построек на земельном участке.

В отдельных случаях возникает ещё более существенная (хотя, по сути – юридическая) ситуация, когда технический паспорт на сносимое строение вообще отсутствует. Тогда оценщик вынужден проводить осмотр с замерами и последующим составлением акта осмотра, где указываются все характеристики объекта оценки.

Литература:

1. Трифонов Н.Ю., Тэрэбуркэ Д.Е. Инвестиционные стратегии и управление развитием недвижимости на возникающих рынках // Материалы международной научно-практической конф. «Экономика, оценка и управление недвижимостью и природными ресурсами», г. Минск, 18-20 апреля 2007 г. – Минск, БГТУ, 2007. – С.35–42

**Оценка собственности
в условиях Евразийской Экономической Комиссии**

Гулевич И.И.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Международная ассоциация "Совет объединений оценщиков Евразии" (СОО Евразии) при создании одной из своих целей постановила считать систематизацию особенностей оценки в условиях меняющихся рынков для сведения их в региональные стандарты оценки, гармонизированные с Международными стандартами оценки [1]. Первая редакция Евразийских стандартов оценки стоимости (ЕСОС) представлена в июне 2014 года в рамках XIII Международного конгресса оценщиков Евразии в Беловежской пуше. Разработчиками явились представители Азербайджана, Беларуси, Грузии, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, России.

В эту редакцию включены три стандарта: "ЕСОС 1. Кодекс этики", "ЕСОС 2. Виды стоимости", "ЕСОС 3. Итоговый документ об оценке". В дальнейшем содержание ЕСОС должно быть расширено. Предполагается разработка квалификационных требований к оценщику. Также предполагается разработка стандартов по применению оценки к различным видам объектов оценки. Применения будут описаны как традиционные (например, оценка недвижимости), так и менее разработанные. Среди последних следует упомянуть оценку ущерба (урона), в том числе возникнувшего в результате масштабного конфликта различной природы (экологического, военного и др.) [2].

ЕСОС являются региональными стандартами и предназначены для использования в странах, чьи национальные организации оценщиков входят в СОО Евразии. Они гармонизованы с Международными стандартами оценки, дополняют и уточняют их для применения на территории действия. В октябре 2014 г. Совет по международным стандартам оценки принял СОО Евразии в свой состав в качестве институционального члена, взяв таким образом ЕСОС под свою эгиду. Фактически с формированием ЕСОС была создана нормативная база в области стоимости для стран – участниц Евразийского экономического союза.

Литература:

1. Трифонов Н.Ю. Евразийские стандарты оценки стоимости: история и концепция // Экономические стратегии. – 2013. – № 4. – С. 2-6.
2. Трифонов Н.Ю. Евразийские стандарты оценки стоимости: первая редакция и дальнейшее развитие // XIV Международный конгресс оценщиков Евразии. Габала, Азербайджанская Республика, 18-19 февраля 2015 г.

Системный подход к оценке предприятий

Жанкубаев Б.А.

Казахский национальный технический университет им. К.И.Сатпаева

С точки зрения системного подхода к предприятию и его стоимости [1,2] возможно оценить стоимость предприятия как системы или как стоимость имущества предприятия. В первом случае используем: сбор информации с учетом трансформации отчетности к существующему состоянию, анализ факторов деятельности, анализ финансовой отчетности, осуществляем использование затратного, доходного, сравнительного подходов, согласование результатов. Во втором случае рассматриваем предприятие как систему элементов, подготовленную к продаже, в составе материальных и нематериальных активов. В данном случае система оценки включает: инвентаризацию и идентификацию материальных активов; инвентаризацию и идентификацию нематериальных активов; оценку материальных активов тремя подходами; оценку нематериальных активов тремя подходами; оценку стоимости предприятия (стоимость материальных активов + стоимость нематериальных активов).

Одним из дискуссионных вопросов при оценке предприятия доходным подходом является расчет ставки приведения, в частности, безрисковой ставки. В международных стандартах оценки и существующей методологии оценки [3] в качестве таковой рекомендуются проценты по государственным ценным бумагам. Но в Казахстане их не выпускают. Берут в качестве безрисковой ставку рефинансирования Национального банка Казахстана. Это, на наш взгляд, недостаточно обосновано. Используют государственные ценные бумаги США, что не корректно, так как Казахстан находится в зоне экономического кризиса. Далее, включают в качестве дополнительного риска страновой риск. Здесь тоже имеет место неувязка, так как расчет странового риска тоже недостаточно обоснован: ведь Казахстан считается страной со стабильной экономикой.

Сегодня в Казахстане требуются проводить специальные исследования для разработки расчета ставки приведения с учетом кризисных явлений.

Литература:

1. Павловец В.В. Оценка бизнеса. Системный подход. (<http://www.bkg.ru>)
2. Касьяненко Т.Г. О системном подходе в оценке собственности // Известия СПбУЭФ. – 2009. №1.
3. Трифионов Н.Ю. Формулы Трифионова для расчёта ставки капитализации методом накопления рисков // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2011. №2.

УДК 656:004 (476)

**Применение информационных технологий
для снижения транспортных издержек
предприятий Республики Беларусь**

Ионин В.С., Никитин А.И.

Белорусский национальный технический университет

Использование современных материало- и энергосберегающих технологий, уменьшающих прямые затраты на производство продукции, а также информационных технологий, сокращающих затраты на реализацию и транспортировку продукции, управление производством, снизит издержки составляющих жизненного цикла продукции, включая маркетинговые исследования, производство продукции, транспортные расходы и др. Одним из таких перспективных направлений является логистика. Логистическая сфера, транспортные грузоперевозки должны стать двигателем белорусской экономики. Необходимо использовать выгодное географическое положение связующего звена между Западом и Востоком. Развитая логистика в центре Европы может дать прирост до 5 % ВВП.

В Беларуси отставание в области логистики обусловлено рядом причин: необходимы прочные связи между производителями, поставщиками и потребителями; создание логистических систем требует значительных капитальных вложений; темпы развития производственной, технической и технологической базы логистики в разных отраслях экономики высоки и требуют улучшений, внедрения новых продуктов; совершенствование технологий предполагает подготовку кадров по специальности «логистика», повышение квалификации в этой области персонала среднего и высшего менеджмента.

В настоящее время в республике функционируют 25 из планируемых 36 логистических центров. В реализацию логистических проектов привлечено около 350 млн. долларов США. Заявленный объем инвестиций до 2016 г. в эту отрасль: ожидается более 900 млн. долларов США. Дальнейшее повышение эффективности функционирования центров предусматривает их совместное использование в рамках Таможенного союза России, Беларуси и Казахстана.

Кроме этого, снижение транспортных расходов и повышение дисциплины водителей достигается установкой на автомобилях систем спутникового контроля и управления транспортом нового поколения, обеспечивающих контроль скоростного режима транспортных средств.

**Перспективы использования баз данных и баз знаний
в оценочной деятельности**

Ионин В.С., Новик Д.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Оценочная деятельность, как и всякая иная, предполагает наличие определенных знаний, присущих этой форме деятельности. При ее формализации, предполагающей использование специалистов (экспертов), возникают существенные трудности. Разработка экспертных систем (ЭС), позволяет использовать в них приобретенный экспертами опыт. Применительно к оценке ЭС больше подходят при использовании сравнительного подхода. В этом случае задача состоит в поиске аналогов к оцениваемому объекту, выборе элементов сравнения, обработке информации о ценах объектов-аналогов, последующей их корректировке по выбранным элементам сравнения. Для возможности выполнения этих действий ЭС должна включать в себя *базу данных* и *базу знаний*, позволяющую, на основе выявленных закономерностей в предметной области, решать в ней задачи. Базы знаний в комплексе с системами поиска информации, обновляют базу данных аналогов с корректировкой их значений с учетом показателей состояния рынка, таких как колебания спроса, предложения, динамики продаж, их цен и др.

Методы расчета стоимости объекта оценки при реализации сравнительного метода могут включать как количественный, так и качественный анализ. Анализ возможности использования информации оценивается с исследованием рынка подобных объектов. При различии характеристик объекта-оценки и объектов-аналогов, они должны быть учтены при определении стоимости объекта оценки. В качестве элементов сравнения могут быть использованы физические и экономические характеристики, вид использования и др. Методы расчета стоимости объекта оценки могут включать статистический анализ и корректировки при количественном анализе, распределительный анализ (ранжирование) при использовании качественного анализа.

Целесообразно использовать системы поддержки принятия решений (СППР). При решении неструктурированных задач принятие решения предполагает выбор наилучшего варианта из возможных. СППР поможет в решении этой задачи с использованием входящих в нее баз данных, баз знаний и баз моделей, путем предоставления выводов, рекомендаций оценок возможных альтернативных вариантов решения проблемы.

**Оценка стоимости объекта
с позиции функционально-стоимостного анализа**

Кочетов Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Оценочная деятельность объектов нередко сталкивается с противоречиями, вызванными оценкой по установленным методикам, рыночной стоимостью объекта и субъективной оценкой потенциального покупателя или продавца.

Насколько сильны могут быть эти расхождения в оценке?

Возьмём жилые объекты. Например, «хрущёвские» квартиры 1960-х годов постройки. Срок эксплуатации этих объектов предполагался порядка 40 лет. Но на практике мы видим, что цены на такие объекты достаточно высокие. Долгое время высокую стоимость имели квартиры в постройке в стиле «сталинский ампир». Но появление элитного жилья в новостройках, расположенных в престижных районах крупных городов, значительно снизило привлекательность таких объектов.

Другой пример: автомобили. Цены для новых автомобилей быстро падают с началом их эксплуатации. Однако, автомобили, имеющие достаточный запас эксплуатационного износа, в цене падают существенно меньше. Например, если не рассматривать фактор престижности, а рассматривать автомобиль как транспортное средство, то такой некогда популярный автомобиль «Шкода «Фелиция» 1995-1998 гг. с пробегом 250 тыс. км. при хорошем обслуживании и гаражном хранении будет выглядеть как привлекательный бюджетный вариант при рыночной стоимости \$1500-2500. Интересно, что при использовании коэффициентной методики оценки, стоимость такой машины должна была бы быть отрицательной (износ 125%).

Не следует забывать и о внешних факторах. Например, таких: снятие машины снята с производства, появление на рынке производителей-конкурентов, установление повышенных таможенных пошлин на ввоз машин старше 5 лет, введение утилизационного сбора, ужесточение экологических норм и т.д. Эти факторы способны скачкообразно и существенно изменить стоимость объекта, особенно на рынке автомобилей с пробегом.

Таким образом, оценочная и реальная стоимость объекта могут иметь существенные расхождения, и об этом следует не забывать, когда производится оценка объекта. Видимо, есть необходимость, периодически уточнять методики оценки с учётом более широкой статистики и изменения рыночных предпочтений.

УДК 368.025.46

Интеллектуальная собственность как объект оценки

Павлова В.В.

Белорусский национальный технический университет

Результаты интеллектуальной деятельности, как и приравненные к ним в правовом режиме средства индивидуализации товаров и их изготовителей, относятся к категории нематериальных объектов. Духовная природа таких объектов обуславливает основные особенности правового регулирования отношений, связанных с использованием и защитой исключительных прав. К этим отношениям неприменимы нормы о праве собственности, относящиеся к вещным правам.

Важной проблемой рынка интеллектуальной собственности, является установление справедливой цены на реализуемую интеллектуальную продукцию в виде самого объекта интеллектуальной собственности (ОИС) или прав на его использование. Наличие неопределенности в достижении коммерческого успеха, уровень которой зависит от изменяющихся внутренних и внешних факторов, требует разработки объективных методов оценки ОИС. Однако определение истинной стоимости ОИС или стоимости лицензии на право его использования (тиражирования) – практически недостижимая цель. Истинная стоимость может проявиться спустя многие годы, иногда после окончания срока действия патента, поэтому ее определение носит ориентировочный характер. Более реальной экономической характеристикой ОИС (или объекта сделки) является его рыночная цена, которая в конечном счете определяет доход владельца ОИС. По своей природе объекты интеллектуальной (промышленной) собственности в составе нематериальных активов не имеют натурально-вещественного воплощения, поэтому их стоимостная оценка в значительной мере носит вероятностный характер.

УДК 339.138

Международная оценка эффективности маркетинга

Павлова В.В.

Белорусский национальный технический университет

В целях совершенствования маркетинговой деятельности и повышения конкурентоспособности, предприятиям необходимо регулярно осуществлять оценку эффективности маркетинга. Большинство практиков утверждают, что эффект маркетинговой деятельности заключается в росте объемов продаж и прибыли. Интерес к переменам в маркетинге и в отношении к нему проявляли многие зарубежные исследователи (Doyle,

1992; Liu et al., 1990; Shaw & Doyle, 1991; Wong et al., 1989; Avlonitis et al., 1992; Jaworski & Kohli, 1993; Mueller-Heumann, 1993; Narver & Slater, 1990; Wink, 1992). Однако для заинтересованных лиц, т.е. высшего руководства компаний и широкой общественности сообщались только результаты исследований, а не методика их проведения, поскольку она представляет собой коммерческую тайну.

Независимую экспертизу качества маркетинга осуществляет международная организация Marketing Quality Assurance Ltd (MQA), которая образована в 1990. Ее деятельность и структура поддерживаются в соответствии с Европейским Стандартом EN 45012. MQA выполняет услуги по сертификации маркетинга компаний на соответствие систем международным стандартам 339.138серии ИСО 9000. Подходы, реализованные в стандартах BS 5750, ISO 9000, ES 29000 подвергались критике за то, что, несмотря на их позитивное влияние на качество товаров, они мало чего достигли по отношению к потребителю.

Оценка качества маркетинга MQA производится по 35 стандартам, которые разделены по трем направлениям: ориентация на потребителя; деловые, маркетинговые и сбытовые планы; ответственность руководства. Представляется, что система оценки эффективности маркетинга, закрепленная в этих стандартах, безусловно, позволяет дать точную, объективную, разностороннюю оценку маркетинга предприятий, но эта методика также не разглашается ввиду коммерческой тайны, поскольку такая услуга по сертификации платная. Кроме того, она очень трудоемка и не может быть использована в практике отечественных предприятий самостоятельно.

Таким образом, наука не выработала методических основ комплексной оценки эффективности маркетинга, доступной для практического использования в аналитической работе предприятий и консалтинговых служб.

УДК 336

Прямая капитализация дохода объекта недвижимости с учетом данных затратного подхода по обесцениванию

Трифонов Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Составляющей оценки недвижимости доходным подходом является ставка возмещения, параметр множителя возмещения в формуле прямой капитализации. До настоящего времени последовательные рекомендации по определению её величины отсутствовали. Предложен способ

определения величины ставки возмещения по данным обесценивания, полученным из исследований объекта в рамках затратного подхода.

В [1] показано, что при применении прямой капитализации требуется учитывать остаточную стоимость объекта оценки. В случае недвижимости:

$$V = \frac{I}{R + D \cdot s(n; i)}, \quad (1)$$

где V — стоимость объекта; I — приносимый им постоянный ежегодный доход; R — ставка капитализации; D — доля обесценивания объекта за время n его остаточной жизни, $s(n; i)$ — множитель возмещения.

Часто неоправданно полагают, что объект оценки обесценивается полностью (т. е. $D = 1$). При этом рекомендуется принимать ставку возмещения i равной либо рыночной R (метод Инвуда), либо безрисковой R_0 (метод Хоскольда), либо нулевой (метод Ринга). Подобная неопределённость в выборе ставки возмещения настораживает.

Получено аналитическое выражение для обесценивания Δ_t объекта недвижимости за t лет при сроке экономической жизни n лет ($t \leq n$) через множители возмещения, зависящие от единственной ставки возмещения i :

$$\Delta_t = (V - S) \frac{(1 + i)^t - 1}{(1 + i)^n - 1}. \quad (2)$$

Взяв величину обесценивания Δ_t объекта недвижимости в рамках применения затратного подхода в качестве промежуточного результата, с использованием формулы (2) рассчитываем по нему значение ставки возмещения i , характерное для данного объекта недвижимости, которое в дальнейшем и используем в (1) для расчета стоимости объекта.

Литература:

1. Трифонов Н.Ю. Последовательный вывод формул прямой капитализации для изнашивающихся объектов (методические заметки) // Наука – образованию, производству, экономике: Материалы 12-й Междунар. науч.-техн. конф.: В 4 т. – Минск: БНТУ, 2014. – Т. 2. – С. 303–304.

УДК 332.64+656.13

Описание обесценивания автомобилей методом фонда амортизации

Скрыган С.В.

Белорусский национальный технический университет

Нелинейную модель обесценивания таких объектов оценки, как транспортные средства (ТС), можно получить, применяя для моделирования износа метод фонда амортизации, который характеризует

накопленный износ различных классов автомобилей с помощью финансовых множителей.

Основными параметрами, необходимыми для определения накопленного износа ТС методом фонда амортизации являются: первоначальная стоимость ТС, срок экономической жизни ТС, фактический возраст ТС, норма процента фонда амортизации.

Степень обесценивания ТС с возрастом, при описании обесценивания методом фонда амортизации, зависит от годовой нормы процента фонда амортизации.

Метод фонда амортизации, как математический метод описания ускоренного износа, обеспечивает возможность адаптации полученных для расчета формул к объектам оценки различного характера, то есть обеспечивает возможность построения зависимости износа с переменной кривизной. Таким образом, выбирая значение нормы процента фонда амортизации в соответствии с экспериментальными данными по износу определенного класса активов, можно адаптировать метод фонда амортизации к описанию износа именно этого класса активов.

В результате анализа вторичного рынка ТС и произведенных расчетов экспериментально были определены значения нормы процента фонда амортизации для шести классов автомобилей, что позволяет в дальнейшем использовать данный метод для построения модели обесценивания конкретного автомобиля, относящегося к определенному классу.

Для полученных путем применения метода фонда амортизации моделей обесценивания шести классов автомобилей была проведена оценка их точности. Для каждой модели были рассчитаны четыре статистических показателя точности, таких как: среднее квадратичное отклонение; средняя относительная ошибка аппроксимации; коэффициент сходимости; коэффициент детерминации.

Анализ рассчитанных значений статистических показателей, характеризующих адекватность и точность построенных моделей, позволяет сделать вывод о высоком качестве полученных моделей и большой надежности итогового результата.

УДК 656.13

Экспоненциальное обесценивание легковых автомобилей на вторичном рынке

Парфенюк М.С.

Белорусский национальный технический университет

В ходе исследования были проанализированы данные по 9 классам

легковых автомобилей и по каждому построен график протекания обесценивания, уравнение стоимости и коэффициент детерминации.

Обесценивание легковых автомобилей всех классов может описываться по экспоненциальному закону, поэтому в выборках всех исследуемых классов были построены экспоненциальные графики обесценивания, данные которых свидетельствуют о схожем характере его у всех классов автомобилей.

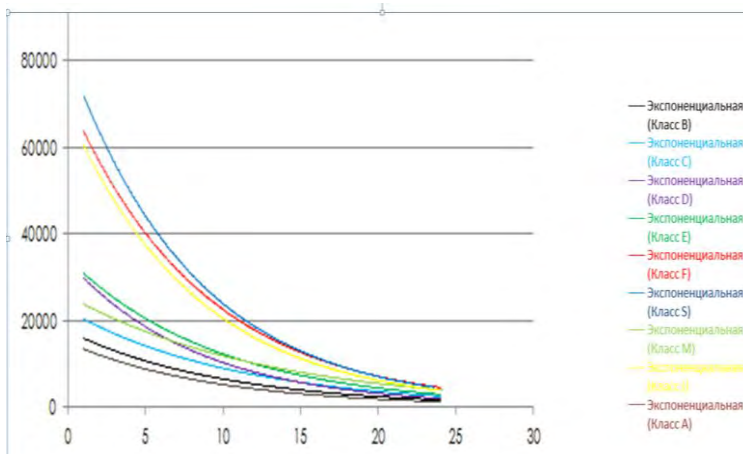


Рисунок 1 - Сводная диаграмма экспонент обесценивания в абсолютном значении

Также экспоненты классов более дорогих автомобилей имеют гораздо больший диапазон значений (большой изгиб), чем менее дорогие, т.е. более дорогие автомобили обесцениваются быстрее. Полученные данные исследования подтверждают теорию износа автомобиля со временем, и вместе с тем детализируют ее в разрезе различных классов, давая более точное представление о протекании обесценивания различных автомобилей.

УДК 711.417

Возможности социально-экономического развития городов-спутников Минска

Прохорова О.А.

Белорусский государственный университет

Изменение социально-экономических условий в государстве и ускоренный рост населения столицы Республики Беларусь, вызвали

необходимость создания городов-спутников в нашей стране. Начало такого проекта было положено еще в 2007 году. Во исполнение поручения Президента Республики Беларусь от 08.07.2008 г. № 09/86 П939 на основе научно-исследовательской работы, проведенной УП «БелНИИПградостроительства», были разработаны проекты специального градостроительного планирования «Градэкономическое обоснование создания городов-спутников г. Минска в г. Заславль и г. Смолевичи». За основу был взят вариант развития существующих городских поселений и строительства в них новых жилых районов многоквартирной застройки для минчан.

В целях реализации основных направлений государственной градостроительной политики 7 мая 2014 г. был подписан Указ Президента Республики Беларусь №214 «О развитии городов-спутников». Указ придает статус города-спутника г. Минска городам Держинску, Заславлю, Логойску, Смолевичи, Фаниполю, г.п. Руденск.; г. Жабинке – статус города-спутника г. Бреста; г. Скиделю – статус города-спутника г. Гродно.

Первоначальный проект развития городов-спутников предполагал создание «спальных районов». Такая необходимость возникла в связи со все увеличивающимся населением столицы, и недостаточным количеством земли для строительства жилых домов в существующих границах города для всех желающих поселиться именно в Минске. Однако, такой проект был пересмотрен в пользу создания полноценных городов-спутников. Идет работа над созданием градостроительных планов будущих городов-спутников, которые, как предполагается, будут учитывать ландшафтные, исторические и экономические особенности базовых городов. С целью улучшения экологической ситуации Минска и создания рабочих мест в городах-спутниках, предлагается вынести туда крупные производственные предприятия.

Основной задачей в развитии городов-спутников является привлечение в новые города труда и капитала. Потенциальных жителей привлекает возможность льготного кредитования при строительстве жилья и близость к Минску. Инвесторов же привлекает преференция при реализации проектов.

УДК 711.417

Современные тенденции в развитии городов и городских систем

Прохорова О.А.

Белорусский государственный университет

Город – крупный населённый пункт, жители которого заняты, как правило, не сельским хозяйством. Имеет развитый комплекс хозяйства и

экономики, является скоплением архитектурных и инженерных сооружений, обеспечивающих жизнеобеспечение населения. Разрастаясь, города образуют городские агломерации. Особенно важную роль для стран и континентов играют столицы, а также города-миллионники или агломерации-миллионеры (имеющие численность населения более 1 миллиона человек), в том числе мегалополисы и глобальные города.

Современный мир все больше похож на единый организм, жизненной силой которого служат потоки труда и капитала. Это объективный, естественный исторический процесс, который охватывает все сферы жизни общества. Происходит экономическая, политическая и культурная интеграция и унификация. Имя этому процессу глобализация. Наша жизнь все в большей степени испытывает на себе влияние действий и событий, происходящих достаточно далеко от той социальной реальности, в которой протекает наша повседневная деятельность. Процессы, происходящие глобально несут глобальные последствия, будь то положительные или отрицательные явления, – принцип действия одинаков.

Общемировой тенденцией развития современного общества на протяжении многих лет является урбанизация. Урбанизация – исторический процесс повышения роли городов в развитии общества, который охватывает изменения в размещении производительных сил, и, прежде всего, в расселении населения, его демографической и социально-профессиональной структуре, образе жизни и культуре. Еще в 1800 г. в городах проживало лишь около 3% населения мира, в то время как сегодня – уже около половины. По степени урбанизированности в Европе выделяются Великобритания (более 90%), Швеция, ФРГ (более 80%), в Северной Америке – США и Канада (около 80%). В России эта доля равна 73%. По прогнозу Фонда ООН в области народонаселения, в Беларуси к 2030 году доля городского населения достигнет 80%.

Увеличение темпов урбанизации ведет не только к разрастанию уже существующих городов, но и к созданию новых больших городов. Такая ситуация, может представлять большую опасность для всего мирового сообщества в вопросе продовольственной безопасности, т.к. происходит перераспределение рабочей силы в ущерб сельскому хозяйству.

УДК 330.322

Анализ рынка лизинга на транспорте в Республике Беларусь

Третьякевич Г.М.

Белорусский национальный технический университет

Парк подвижного состава Республики Беларусь, осуществляющий

международные перевозки грузов, насчитывает сегодня свыше 10000 автопоездов, срок эксплуатации более половины из которых превышает 8 лет.

Основным способом обновления парка подвижного состава международных перевозчиков является лизинг. Основным параметром, определяющим степень развития лизинга в стране, является отношение объема нового бизнеса к ВВП. В Беларуси этот показатель в 2014 г. составлял 2,0% (854 млн. евро) и являлся самым высоким среди стран СНГ (в Казахстане (228 млн. евро) — 0,18%, в России (18 124 млн. евро) — 1,4%, в Украине (635 млн. евро) — 0,55%).

Вторым важным общепринятым мировым показателем рынка является объем лизингового «портфеля» на конец отчетного года. На 31 декабря 2014 г. суммарный объем лизингового «портфеля» составил 17 908 млрд. руб. Рост по отношению к 31 декабря 2013 г. составил 11%. Отношение величины лизингового «портфеля» к объему нового бизнеса характеризует динамику роста лизинга. По итогам 2014 г. это отношение составило 1,68 раза.

На основании официальной статистики, предоставленной Белстатом, можно подвести окончательные итоги 2014 года. Объем нового бизнеса или стоимость заключенных за год договоров лизинга составил 10 652 864 млн. рублей или по средневзвешенному курсу евро за 2014 год – 904,1 млн. евро. В рублевом эквиваленте прирост к 2013 году составил 0,5%, в валютном – падение на 8%. Доля лизинга в общем объеме инвестиций в основной капитал снизилась еще на 1,7% и составила 5,3%. По отношению к объему средств, направленных в 2014 году на приобретение машин, оборудования и транспортных средств, доля лизинга составила 14,3%, что на 1,0% ниже, чем было в 2013 году. Средняя цена договора лизинга снизилась с 1,8 млрд. рублей в 2013 году, до 1,4 млрд. рублей в 2014 году. Снижение средней стоимости договора лизинга вероятней всего связано с уменьшением количества крупных договоров лизинга железнодорожного подвижного состава.

Для дальнейшего развития лизинговой деятельности в Республике Беларусь, необходимы государственная поддержка, усовершенствование законодательной базы, формирование надлежащей инфраструктуры, дополнительные налоговые и таможенные льготы, а также активное взаимодействие промышленного и банковского капиталов.

Экономическая сущность финансовых результатов

Третьякевич Г.М.

Белорусский национальный технический университет

Каждому предприятию перед тем, как планировать объем производства, формировать производственную мощность, необходимо знать, какую продукцию (работы, услуги), в каком объеме, где, когда и по каким ценам оно будет продавать. Для этого нужно изучить спрос на продукцию (работы, услуги), рынки их сбыта, их емкость, реальных и потенциальных конкурентов, потенциальных покупателей, возможность организовать производство по конкурентной цене, доступность необходимых материальных ресурсов, наличие кадров необходимой квалификации и т.д. От этого зависят конечные финансовые результаты, воспроизводство капитала, его структура и, как следствие, финансовая устойчивость предприятия. Таким образом, финансовые результаты предприятия могут быть отражены через такие показатели как самоокупаемость и рентабельность.

Самоокупаемость — принцип эффективной деятельности предприятия, фирмы, согласно которому все произведенные расходы на простое воспроизводство должны покрываться доходами (выручкой) от реализации произведенной продукции, объема оказания услуг. Коэффициент самоокупаемости рассчитывается как отношение выручки от продажи товаров (оказания услуг) к себестоимости проданных товаров или оказанных услуг.

Рентабельность — относительный показатель экономической эффективности. Рентабельность комплексно отражает степень эффективности использования материальных, трудовых и денежных ресурсов, а также природных богатств. Основными источниками информации для исследования рентабельности являются бухгалтерская отчетность и данные бухгалтерского учета. Коэффициент рентабельности рассчитывается как отношение прибыли к активам, ресурсам или потокам, её формирующим.

Финансовый результат может выражаться также в качестве убытка, что отрицательно сказывается на платежеспособности и финансовой устойчивости предприятий.

Таким образом, предприятиям рекомендуется проводить своевременно анализ и разрабатывать мероприятия по снижению затрат и по повышению прибыли, по увеличению выручки и т.п. Белорусские предприятия нуждаются в рациональном развитии маркетинговой стратегии и тактики.

Особенности формирования информационной компетентности студентов специальности "Оценочная деятельность на автомобильном транспорте"

Хохлова Е.О.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях одним из важнейших требований работодателей к выпускникам образовательных учреждений высшего технического образования, в том числе кафедры «Оценочная деятельность на транспорте и в промышленности» Белорусского национального технического университета, является умение владеть информационными технологиями. При подготовке будущего инженера-оценщика ставится задача всестороннего формирования личности, готовой к успешной профессиональной деятельности, стремящейся к постоянному обновлению профессиональных знаний, способной проектировать профессиональный и личностный рост. На одно из первых мест выдвигается задача формирования информационной компетентности у студентов еще при их обучении в рамках изучения дисциплины «Информатика». «Информатика» – техническая дисциплина, целью изучения которой является развитие научного мировоззрения, приобретение студентами необходимых знаний для работы с информацией, умений и навыков применения современных информационных технологий в профессиональной деятельности и при изучении других дисциплин, для дальнейшего повышения квалификации путем самообразования для решения новых профессиональных задач.

Основными направлениями улучшения качества учебного процесса в контексте повышения информационной компетентности подготавливаемых специалистов-оценщиков является использование современных образовательных технологий, внедрение передовых методов и форм проведения занятий с использованием ТСО, а также междисциплинарная интеграция. Междисциплинарная интеграция усиливает использование знаний, приобретенных при изучении экономических, математических и профильных дисциплин, путем решения междисциплинарных задач, что позволяет студентам применять полученные знания в будущей профессиональной работе. Методологическую основу таких задач составляет метод компьютерного математического моделирования, осуществляемый при помощи программы MS Excel в среде пакета программы Microsoft Office, реализуемый при помощи надстройки «Пакет анализа», где особое внимание следует акцентировать на регрессионном и корреляционном анализе.

**Урегулирование убытка с определением размера вреда
по стоимости ремонта методом использования «экспресс-расчетов»
для легковых автомобилей**

Шабека В.Л., Лебедев М.В.

Белорусский национальный технический университет,
ОАСО "Би энд Би Иншуренс Ко"

Практика оценки и урегулирования ущербов в автотранспортном страховании свидетельствует, что доля несложных случаев составляет порядка 95,5%, т.е. 71,5% в диапазоне выплат по одному случаю до 500 у.е., 14,0% в диапазоне выплат по одному случаю от 500 у.е. до 1000 у.е., 9,1% в диапазоне выплат по одному случаю от 1000 у.е. до 5000 у.е., 0,9% в диапазоне выплат по одному случаю от 5 000 у.е. до 10 000 у.е., и от общего объема по выплатам соответствует 80,6%. Ситуация достойна изучения с точки зрения разработки универсального метода с определением размера вреда по стоимости ремонта методом использования "экспресс-расчета" для легковых автомобилей.

В данной ситуации все больше внимания страховых организаций обращается в сторону оптимизации затрат связанных с более точным и четким механизмом определения размера вреда, который в полной мере отражает реальную ситуацию по рынку с учетом колебаний, а также результата удовлетворяющий интересы обеих сторон без лишних издержек на процесс урегулирования ущерба, в части точности и времени принятия решения по окончательному размеру вреда.

В процессе урегулирования, перед страховой организацией возникает вопрос: урегулировать ли ущерб "классическим" расчетным методом или предложить, как альтернативный, эмпирический метод оценки. Таким образом, разработка некоторого организационно-экономического механизма урегулирования ущерба методом "экспресс-расчета" на сегодняшний день остается актуальным практическим вопросом. Сформированная и накопленная ОАСО "Би энд Би Иншуренс Ко" статистика по выполненным расчетам ущерба "классическим" расчетным методом, а также фактического ремонта ТС в условия СТО разных категорий, является весьма интересным прикладным материалом для анализа с целью выявления элементов сравнения, влияющих на окончательный размер ущерба. На сегодняшний день проводятся исследования по выявлению факторов, а также требования к ним, которые наиболее значимо будут влиять на результат определения размера ущерба.

**Мониторинг потребности владельцев транспортных средств
в заменяемых частях (оригинальные или неоригинальные)**

Каптилович В.О.

Белорусский национальный технический университет

Во время эксплуатации транспортных средств возникают различные поломки и повреждения, что приводит к необходимости замены запасных частей. Данная работа посвящена изучению различных видов запасных частей и потребности владельцев автомобилей в них.

Запчасти бывают оригинальными и неоригинальными.

Оригинальные автозапчасти представляют собой детали и узлы, которые идентичны поставляемым заводом-производителем на сборочный контейнер. Запчасти такого вида обязательно обладают фирменным маркированием и собственным номером изготовителя автомобиля.

Неоригинальные запчасти — изделия независимых компаний-производителей, специализирующихся на выпуске деталей определенной группы (например, подвески и рулевого управления, тормозной системы, двигателя, электрооборудования и т.д.) для различных марок и моделей автомобилей, которые в свою очередь делятся на:

- запчасти от заводских поставщиков. Как правило, изготовители «оригинала» поставляют свою продукцию не только автоконцернам, но и в магазины и неавторизованные сервисы;

- запчасти от производителей, не имеющих договоренностей с заводами изготовителями автомобилей;

- запчасти от упаковщиков. Большое количество запчастей, выпущенных производителями с мировыми именами, продаются со штампом и в упаковке других, не менее известных фирм.

В рамках работы было проведено исследование и опрос владельцев транспортных средств, о том, какие заменяемые детали они использовали при ремонте транспортных средств.

53% опрошенных сказали, что при ремонте использовали неоригинальные запчасти.

12% опрошенных используют оригинальные запасные части при ремонте автомобиля.

35 % опрошенных, при ремонте автомобилей используют как оригинальные, так и неоригинальные запасные части.

**Категория ресурса транспортных средств
как ключевая составляющая
понятия базового аналога в теории оценки стоимости**

Каптилович В.О., Шабeka В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Широко известным фактом является то, что при одинаковых условиях эксплуатации автомобили разных марок, а иногда одной марки, но разных моделей, ведут себя по-разному. Одни автомобили после пятнадцати лет эксплуатации не пригодны к эксплуатации, а другие и после двадцати пяти лет продолжают работать без значительных эксплуатационных затрат.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что при производстве и конструировании транспортных средств (ТС) производители закладывают определенный ресурс, по истечению которого расходы на содержание машины превысят расходы на содержание нового автомобиля той же марки.

Данная зависимость прослеживается и в ТКП 52.6.01-2012 при определении процента износа ТС и учитывается в таком понятии, как категория пробега ТС. Чем выше категория пробега ТС, тем медленнее изнашивается ТС. Категории пробега разрабатываются и определяются производителями автомобилей.

Для всех авто, которые эксплуатируются на европейском рынке, немецкими специалистами в области автомобилестроения разработан специальный справочник «Шваке» в котором каждый автомобиль отнесен к определенной категории для расчета нормативного пробега ТС.

В Республике Беларусь категория пробега ТС определяется по информационным справочникам, в том числе «Шваке», «Белорусский авторынок» и «Автомобили». Известны случаи, когда для одного автомобиля различные источники дают отличную информацию, в то время как содержание самого понятия *категория пробега* не раскрыто, и отсутствуют рекомендации по её формированию.

Принимая во внимание роль этого показателя в процедуре оценки дорожных транспортных средств, нахождение зависимости для определения категории пробега от таких основным характеристик как марка, модель, год выпуска, объем двигателя, вид материалов кузова, габариты («коммерческий класс») и полная масса следует признать актуальным.

**Экономика, логистика
и управление
цепями поставок**

Разработка организационно-экономических основ развития транзитного потенциала Республики Беларусь

Ивуть Р.Б., Зиневич А.С.

Белорусский национальный технический университет

В условиях формирования единого транспортного рынка ЕАЭС и завершения реализации Стратегии и Государственной программы развития транзитного потенциала Республики Беларусь на 2011-2015 гг. высокую актуальность приобретает разработка организационно-экономических основ дальнейшего развития транзитного потенциала страны как её важнейшего экономического ресурса (см. рис.). Под *транзитным потенциалом* страны понимается совокупность внешних и внутренних факторов, определяющих её возможности по оказанию транспортно-логистических и иных сопутствующих услуг в рамках обслуживания международных транзитных потоков грузов и пассажиров.

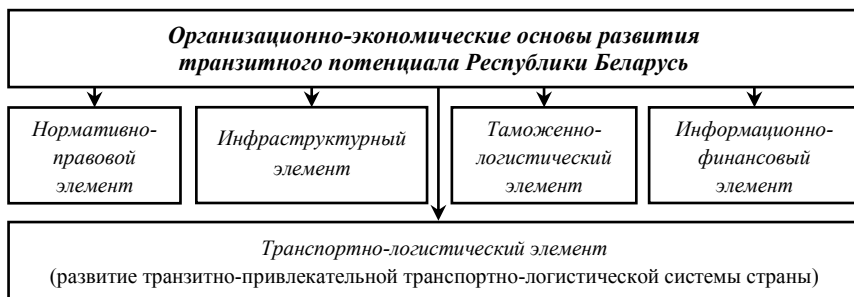


Рис. Схема формирования организационно-экономических основ развития транзитного потенциала Республики Беларусь

Транспортно-логистический элемент занимает центральное место и предполагает формирование на территории страны транспортно-логистической системы, отвечающей принципам комплексности, мультимодальности, трансграничности и международного сотрудничества. В 2014 г. общий объём транспортно-экспедиционных и логистических услуг, оказанных логистическими центрами и операторами Республики Беларусь, составил 372,4 млн. долларов США. Обслуживание транзитных грузопотоков формирует менее 4% указанного объёма услуг. В настоящее время видится необходимым повышение комплексности оказываемых услуг (в республике она составляет порядка 15% при среднеевропейском уровне 70%), а также расширение практики аутсорсинга на логистическом рынке (сегодня его доля в Беларуси – 3%, в странах ЕС – 55-65%).

**Рынок транзитных автомобильных грузоперевозок
в Республике Беларусь**

Зиневич А.С., Ивуть Р.Б.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшим обобщающим индикатором динамики транзитного рынка Республики Беларусь выступают общие доходы от транзита всеми видами транспорта. Рост данного показателя наблюдался в 2009-2013 гг. В 2013 г. сумма транзитных доходов республики превысила 3,1 млрд. долларов США, что на 4,5% выше уровня 2012 г. и на 8,8% выше задания. Однако в 2014 г. впервые программное задание не было выполнено: по уточнённым данным, доходы составили 2,8 млрд. долларов США (90,6% к прогнозу), поскольку не удалось нивелировать негативное влияние экономических санкций США и Евросоюза в отношении Российской Федерации, а также торгового эмбарго России в отношении ряда товаров из стран Евросоюза.

Объём транзитных автомобильных перевозок по территории Беларуси за пятилетний период возрос на 74% – с 9,25 млн. т в 2009 г. до 16,1 млн. т в 2013 г. (в т.ч. 2,6 млн. т – объём перевозок в транзитном сообщении, выполненных в 2013 г. резидентами республики). В 2014 г. последовало снижение общего объёма автомобильного транзита в стране на 3%, обусловленное указанными выше причинами геополитического характера. Логистические центры и операторы Республики Беларусь обрабатывают 10-11% грузов, следующих транзитом через территорию страны.

В целях прогнозирования будущих состояний белорусского рынка автомобильного транзита в ходе исследования разработана двухфакторная регрессионная модель динамики объёма транзитных автомобильных грузоперевозок по территории страны:

$$Y = -267181 + 6,147 \cdot X_1 + 646,511 \cdot X_2,$$

где Y – годовой объём транзитных автоперевозок в Беларуси, тыс. т;

X_1 – величина ВВП Российской Федерации, млрд. долларов США;

X_2 – густота сети автомобильных дорог в Беларуси, км/1000 км².

ВВП России избран в качестве экзогенного параметра модели, поскольку отражает фактическую макроэкономическую ситуацию одной из крупнейших экономик на континенте и состоит в тесной корреляции с результирующим показателем Y (коэффициент $R = 0,937318$). Исходя из имеющегося прогноза значений показателей-факторов X_1 и X_2 на текущий год, спрогнозирован объём транзитных автомобильных грузоперевозок по территории Беларуси на 2015 г. – в размере 15,55 млн. т. Полученный прогноз носит умеренно пессимистический характер.

**Система целей, функций и методов управления
инновационной деятельностью транспортных предприятий**

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Под системой управления инновационной деятельностью следует понимать систему подготовки и принятия решений, направленных на поддержку, развитие и превращение потенциала страны в решающий фактор ее экономического роста.

Создание общей модели системы управления инновационной деятельностью связано с пониманием ее отдельных элементов (целей, функций, методов).

Общая классификация целей управления инновационной деятельностью приводится к следующим главным критериям:

- уровню (стратегические и тактические);
- видам среды (внешние и внутренние);
- содержанию (экономические, социальные, политические, научные, технические, организационные и т.д.);
- приоритетности (приоритетные, постоянные, традиционные, разовые);
- периоду действия (долгосрочные, среднесрочные, краткосрочные);
- функциональным структурам (производство, НИОКР, персонал, финансы, маркетинг, менеджмент);
- стадиям жизненного цикла транспортного предприятия (возникновение, рост, зрелость, спад и завершение жизненного цикла).

Можно выделить следующие функции полного цикла управления инновационной деятельностью: прогнозирование, нормирование, планирование, организация, учет, контроль, стимулирование, регулирование, координация, анализ.

Систематизация методов и моделей управления инновационной деятельностью затруднена ввиду их многообразия и различной результативности.

Наиболее сложными являются методы прогнозирования на стадии фундаментальных исследований и генерирования идей.

На этих стадиях применяются методы прогнозирования, основанные на экспортных оценках, экстраполяции, аналогии и т.д. Особого внимания заслуживает разработка прогноза методом прогнозного графа, он составляется на основе данных экспертного опроса, результатами которого являются возможные пути решения проблемы.

Новационные аспекты экономической оценки проектируемых автомобилей

Гайнутдинов Э.М.

Белорусский национальный технический университет

Оставленная в наследство практика производства автомобилей советской системы в Беларуси была рассчитана на их потребление в масштабах огромной советской страны, с ликвидацией которой возникли трудности по реализации продукции белорусского производства.

Автомобили белорусского производства имели те же недостатки, что и российского, поэтому в новых условиях рыночного характера объемы реализации белорусской техники и, в том числе, автомобилей подверглись корректировке в сторону сокращения, что, безусловно, отразилось на эффективности их производства. Следовало оперативно принимать меры касающиеся производства техники, ориентированной на другие условия реализации, но для этого необходимо было провести серьезные экономические обновления и обоснования, которые не состоялись.

В числе новационных решений, учитывающих изменение условий реализации машин, было повышение их качества и снижение цен.

Для решения этих задач необходимо было: внести изменения в конструкцию машин и технологий их изготовления; создать творческие коллективы способные решать вопросы корректировки конструкции отдельных составляющих машин, технологии их изготовления; рассчитать экономическую целесообразность проводимых изменений для чего необходимо было участие экономистов и маркетологов. Именно участие последних всегда было самым слабым звеном конструкторско-технологических новаций.

В свою очередь именно маркетологи и экономисты должны были формировать рыночную концепцию изменений, однако этого не произошло.

Стереотипное представление о том, что решение вопросов качества и снижение цен на производимую продукцию возможно при ведущей роли конструкторов ошибочно, она должна принадлежать экономистам.

В то же время экономическая оценка проектируемых машин зависит от понимания многочисленных факторов рыночного порядка. Прежде всего, необходимо разобраться для какого потребителя необходимо в дальнейшем создавать те или иные машины и в том числе автомобили. В частности для России, являющейся до сих пор основным потребителем белорусской продукции или для населения нашей страны.

**Реструктуризация промышленных предприятий –
основа стабильности рыночных отношений в стране**

Гайнутдинов Э.М., Поддерегина Л. И.

Белорусский национальный технический университет

С некоторых пор стратегическая необходимость формирования рыночных отношений в стране для большинства специалистов, занимающихся экономической перспективой развития страны, стала практически безальтернативной. Однако первые шаги, направленные на реализацию рыночных намерений оказались достаточно проблемными.

Советское представление о движении к рынку наткнулось на целый ряд сложных для понимания явлений – маркетинг, конкуренция, ценообразование и другое, что явилось причиной негативных хозяйственных результатов. Предприятия столкнулись с падением реализации изготавливаемой продукции, сокращением численности, в том числе квалифицированных специалистов, нарушением финансовой дисциплины, явлениями криминального характера.

В советский период Белоруссия характеризовалась высоким уровнем развития промышленного производства. Тракторы, автомобили, двигатели, станки, холодильники были гордостью республики.

С развалом Советского Союза изменилось отношение руководства Беларуси к предприятиям, которые ранее поддерживались на централизованном уровне. Им было предоставлено рыночное право – работать самостоятельно, без централизованной поддержки. Результат оказался плачевным.

Попытки спасти производство машиностроительной продукции более схожи с виртуальными намерениями, нежели с реальными действиями.

Многочисленные заявления о необходимости модернизировать производство наталкиваются на отсутствие необходимых для этого средств. Привлечь зарубежные инвестиции в течение многих лет стабильно не получается.

Что же делать дальше? Продолжить работу на «книгу Гиннеса», расширяя модельный ряд промышленной продукции, игнорируя при этом рыночный фактор ее реализации или запустить механизм планового снижения объемов выпускаемой продукции до уровня реального рыночного спроса на нее?

Принимая во внимание исключительную важность градообразующих предприятий промышленного производства, представляется необходимым организовать их рыночную реструктуризацию.

**Пропускная способность цепей поставок химической продукции
и сопряженность ее звеньев**

Гулягина О. С.

Белорусский государственный экономический университет

Поскольку логистические цепи строятся из звеньев, производительность которых различна, необходимо оценить их пропускную способность и обеспечить сопряженность работы отдельных участников цепи.

Под мощностью (пропускной способностью) цепи поставок понимают максимальное количество товаров, которое цепь может доставить от производителя к потребителю в единицу времени.

Анализ литературных источников позволили прийти к выводу, что пропускная способность звеньев цепи изменяется под воздействием ряда факторов, которые можно подразделить на две группы: постоянные и возникающие. Постоянные факторы являются неотъемлемой частью цепей поставок, а их появление связано с экономической природой взаимоотношений в цепях. К ним относят: различные «внутренние возможности» участников цепи; конфликт интересов участников цепи, периодическая смена участников в цепи, влияние внешней среды на мощность участников. Возникающие факторы – это те, появление которых носит вероятностный характер, такие как: статистические колебания, принцип «Мерфи», резкие изменения конъюнктуры рынка.

Таким образом, можно сделать вывод, что обеспечить сопряженность звеньев в цепи поставок и достичь определенной пропускной способности в ней возможно в случае устранения негативного влияния указанных факторов. Для нивелирования влияния постоянных факторов мы предлагаем следующие рекомендации: организация деятельности на принципах субконтрактных отношений, практика экономических компромиссов, учет фактора мощности при выборе нового участника цепи, тесное сотрудничество между участниками цепи либо выбор участника с учетом внешней среды. Устранить возникающие факторы возможно за счет: повышения надежности и устойчивости цепи поставок посредством обеспечения их гибкости, увеличения мощности (при наличии резервных мощностей), тесного сотрудничества между участниками цепи либо поиска более подходящих участников.

Анализ методов определения месторасположения терминальных комплексов

Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на территории Республики Беларусь увеличение масштабов логистических операций при одновременном стремлении к сокращению транспортных расходов заставляет задуматься о надлежащем числе и месторасположении терминальных комплексов.

Типичные проблемы, связанные с размещением логистических мощностей, характеризуются высокой сложностью, которая объясняется многочисленностью вариантов, подлежащих анализу.

В зависимости от исходных данных, когда необходимо определить будущее месторасположение объектов складской сети используют определенные методы. При небольшом количестве потребителей применяется прямой расчет приведенных затрат по каждому варианту. Рост количества потребителей значительно увеличивает число возможных альтернатив выбора, полученных при решении задачи аналитическими методами (метод центра тяжести, метод пробной точки и метод сетки), методами оптимизации на основе линейного, нелинейного и динамического программирования, а также экспертными методами (метод начисления баллов и метод аналитической иерархии) и методами имитационного программирования.

Представленные методы позволяют получить оптимальные результаты на микроуровне. Для определения расположения логистических объектов с возрастающим числом участников логистической цепочки и трудно отслеживаемыми связями между ними, выбор такими способами становится неэффективным ввиду большой размерности и многофакторности задачи.

К недостаткам существующих методов и подходов при выборе мест размещения логистических мощностей можно отнести следующее:

- проблема масштабируемости: ограниченное число потребителей и поставщиков;
- игнорирование общих издержек;
- статичность: не учитывается динамика изменения основных критериев и перспектива развития потенциальных мест размещения;
- несистемность: существующие методики разработаны для нахождения местонахождения склада, в то время как терминальный комплекс представляет более сложную систему распределения.

Экономический механизм внутрипроизводственных отношений организации

Поддергина Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Каждому этапу развития общества соответствует свой адекватный ему экономический механизм, связанный с сознательной деятельностью людей, взаимодействующих не с самими экономическими законами и законами общественного развития, а с практическими формами их проявления и методами использования. Он является подсистемой социально-экономической системы.

Спорным вопросом, возникающим при исследовании экономического механизма, является понимание его составных частей. Одни экономисты говорят о структуре, другие – об элементах, третьи – об экономических компонентах, четвертые – о формах экономического механизма. В основном они не поясняют существо этих понятий. В результате анализа различных точек зрения по изучению структуры экономического механизма можно обобщить известные точки зрения. Экономический механизм состоит из управления и регулирования; экономического и организационного механизмов; организационно-экономических отношений; производственных отношений и экономического потенциала. Точки зрения ученых по поводу структуры экономического механизма весьма разнообразны. В результате систематизации различных точек зрения по поводу структуры экономического механизма предлагается следующая методологическая основа ее формирования. Структура экономического механизма состоит из подсистем, характеризующих ту или иную функцию хозяйствования, и элементов, сходных по своему экономико-логическому смыслу. Все элементы экономического механизма взаимосвязаны через систему стимулов. Подсистемы экономического механизма – совокупность элементов, характеризующих ту или иную функцию хозяйствования: методы хозяйствования, формы собственности и организационных построений, методы менеджмента и т.д. Так, подсистема «формы собственности» экономического механизма включает ее элементы: частная, коллективная, государственная и другие. Целесообразно, что экономический механизм – это регламент производственных отношений, которые отклоняются от регламента, поэтому производственные отношения и экономический механизм следует рассматривать как самостоятельные подсистемы в социально-экономической системе.

Информационные системы в логистике

Краснова И.И., Гомза Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в практике хозяйственной деятельности все большее распространение получают ERP-системы (Enterprise Resource Planning – управление ресурсами предприятия), которые представляют собой информационные системы эффективного планирования и управления всеми ресурсами предприятия, необходимыми для осуществления закупок, производства, продаж и учета при исполнении заказов клиентов в сферах производства, распределения и оказания услуг.

В основе ERP-систем лежит принцип создания единого хранилища данных, содержащего всю корпоративную бизнес-информацию и обеспечивающего одновременный доступ к ней любого числа сотрудников предприятия, наделенных необходимыми полномочиями. В настоящее время на предприятиях применяются следующие информационные системы, включающие платформу и прикладные решения: «1С: Предприятие», «Галактика», SAP/R3, Oracle и др.

Сама платформа не является программным продуктом для использования конечным пользователем, работающим с прикладными решениями (конфигурациями), разработанными на данной платформе. Такой подход позволяет автоматизировать различные виды деятельности предприятия, используя единую технологическую платформу.

Информационные системы (ИС) позволяют решать следующие задачи:

- сбор фактических данных, первичный анализ производства и потребления, анализ динамики производства;
- анализ спроса (эластичности спроса) на данный вид продукции по определенной группе потребителей;
- анализ новых рынков сбыта;
- прогноз сбыта соответствующих наименований продукции, развития предприятия в целом.

На уровне предприятия ИС реализуют следующие функции:

- *плановые;*
- *диспетчерские ;*
- *исполнительные.*

Концепция логистики фирмы

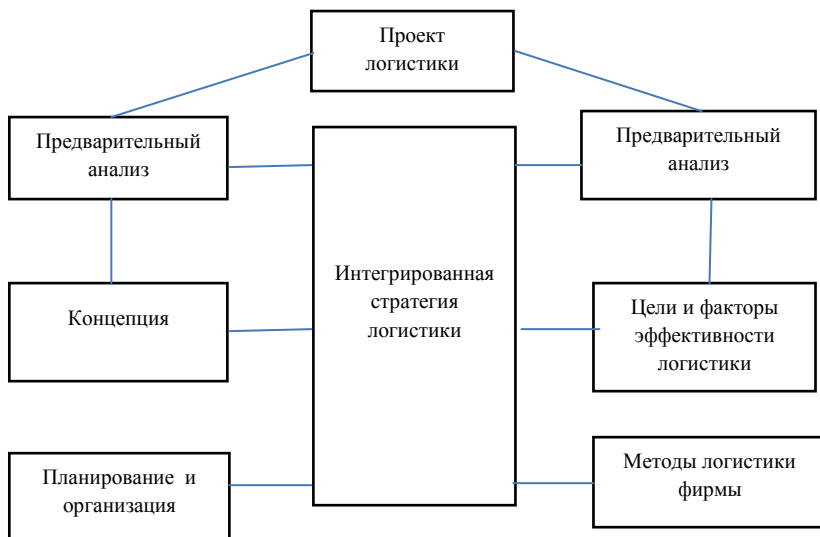
Краснова И.И., Скоркин Д.А.

Белорусский национальный технический университет

В конкурентной среде поведение фирмы определяется рядом факторов: издержками, эффективностью хозяйственной деятельности, спросом на продукцию и ценами на нее, капиталом, ценами на сырье, материалы и комплектующие изделия, платежеспособностью потребителей, состоянием конкуренции на рынке и другими.

С точки зрения кибернетического подхода фирма представляет собой черный ящик, на входе которого – ресурсы, а на выходе – продукция и услуги. Соотношение входных и выходных параметров определяет ее конкурентоспособность.

Логистика оперирует категориями, отражающими суть логистических процессов – расходы транспортно-заготовительные, расходы на формирование и хранение запасов, издержки транспортные, издержки хранения. Исходя из того, что для фирмы логистический подход означает целостность и оптимизацию общих издержек, системное мышление, основные задачи реализации интегрированной стратегии логистики могут иметь вид, представленный ниже:



Использование транзитного потенциала стран Евразийского экономического союза

Антюшеня Д.М.

Белорусский национальный технический университет

Передача функций управления с белорусско-российской и российско-казахстанской границы на внешнюю границу Евразийского экономического союза (ЕАЭС) сократит время прохождения операций таможенного контроля и сократит затраты на логистику (в настоящее время они оцениваются в \$50 млрд.) для потока товаров из ЕС через территорию ЕАЭС в страны Азии и наоборот. Партнерство между Россией, Казахстаном, Беларусью и Арменией может изменить конфигурацию транспорта между ЕС и Азией. Необходимо иметь в виду, что в связи с принятым планом по развитию логистики Западного Китая китайцы уже активно работают над развитием наземных транспортных связей между Азией и Европой. Сухопутный транзит через территорию ЕАЭС в товарообороте ЕС и Китая (около 0,5 трлн.долл.), и в целом в Азиатско-Тихоокеанском регионе (это еще 0,5трлн.долл.) составляет менее, чем 1%. До сих пор практически весь объем товаров доставляется морским путем через Суэцкий канал. Но активные действия ЕАЭС призваны увеличить эту долю. В 2015 году доходы стран ЕАЭС от транзита грузов в направлении ЕС-Китай оцениваются в 60 миллиардов долларов.

Несмотря на значительный транзитный потенциал стран ЕАЭС, отметим его невысокую востребованность на данном этапе. Современная политическая ситуация в Украине предоставляет возможность переориентировать грузопотоки, следующие из Китая в Европу и обратно через южный коридор «ТРАСЕКА» на центральный и северный коридоры через Казахстан, Россию и Беларусь. Не воспользоваться политическим моментом сегодня, значит потерять потенциальные грузопотоки через Беларусь в ближайшем будущем. Тем не менее, несмотря на незначительные объемы «внешнего» транзита, развитие транзитного потенциала ЕАЭС является очень актуальным. Согласно данным Интеграционного Комитета ЕврАзЭС к 2020 году объем транзитных грузопотоков из стран ЕврАзЭС, а, следовательно, в основном стран ЕАЭС, в третьи страны через территорию государств-членов ЕАЭС и обратно достигнет 300 млн. тонн, что в 6 раз больше показателей 2000 года. В тоже время транзит из третьих стран в третьи страны через страны ЕАЭС вырастет в 16 раз по сравнению с 2000 годом и составит 16 млн. тонн.

**Особенности экономического анализа материальных потоков
логистической системы в строительной отрасли**

Лапковская П.И.

Белорусский национальный технический университет

В строительной отрасли Беларуси преобладают государственные предприятия, но в силу того, что сегодня они имеют больше возможностей самостоятельно вести свою деятельность и формировать стратегию развития, каждое предприятие решает только свои текущие проблемы и индивидуально старается добиваться конкурентных преимуществ, зачастую в ущерб соседних участников строительного цикла.

Основными проблемами в жилищной строительной сфере страны являются отсутствие постоянных заказов у производителей строительной продукции; отсутствие возможности формирования страховых запасов строительных материалов; недостаточность и неритмичность финансирования; постоянный рост цен на материалы и топливо; трудности у большинства предприятий с выходом на международный рынок в силу отсутствия единых стандартов; неполная загрузка производственных мощностей предприятий стройиндустрии; негибкость всех участников строительного цикла, их организационных структур управления и как следствие упущение возможностей.

Гораздо эффективнее решать проблему совместными усилиями, полагаясь на общие ресурсы и результаты. Применение системного подхода приводит нас к созданию логистических систем в строительной отрасли.

Именно формирование логистических систем позволит, полагаясь на общие ресурсы и результаты, решить ряд вышеперечисленных проблем в строительной отрасли. Объединяя усилия участников логистической системы, таких как, поставщиков строительных материалов и сырья, предприятий строительной промышленности, организаций, возводящих жилье, транспортных организаций и иных звеньев логистической системы, можно получить конкурентоспособный строительный продукт.

В рамках предлагаемой методики экономического анализа был проведен процесс декомпозиции логистической системы строительной отрасли по основным экономическим параметрам функционирования и предложены расчеты интегральных экономических характеристик логистической системы, выделены отличия предлагаемой методики экономического анализа от уже существующих.

Финансовые и нефинансовые критерии оценки деятельности центров ответственности

Корсик Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Необходимость регулирования затрат и конечных финансовых результатов в деятельности организации продиктовано выделением центров ответственности, что существенно повышает экономическую эффективность хозяйствования субъекта. Управление предприятием через центры – это инструмент для тех, кто хочет оперативно управлять, а также иметь системное представление о направлении и темпах развития организации, определять наиболее эффективные подразделения компании.

В большинстве своем при анализе оценки деятельности используют финансовые показатели, однако они не позволяют учесть все требования рынка. Для комплексной оценки деятельности центров ответственности предлагается сбалансированная система показателей. Эта система показателей наиболее применимая и отрегулированная модель оценки деятельности организаций, учитывающая и финансовые, и нефинансовые показатели, играет важную роль в процессе управления деятельностью организации. Наибольшая трудность при подборе нефинансовых критериев заключается в том, что должно быть оценено, чему следует уделить внимание, а что можно проигнорировать. Связь нефинансовых показателей с конечными результатами деятельности организации может быть определена только на основе статистических данных, сбор которых может занять несколько месяцев или даже лет. С течением времени объективно оценивать деятельность подразделения с помощью одного и того же нефинансового критерия становится все сложнее. Это связано с тем, что с течением времени значения нефинансовых показателей достигают практически максимального возможного уровня и различия между нефинансовыми показателями сравнимаемых между собой подразделений становятся незначительными.

Поэтому при использовании финансовых и нефинансовых показателей для оценки деятельности необходимо чтобы число показателей должно быть больше двух, но меньше шести, показатели должны быть взаимозависимы и ограничивать друг друга, нефинансовые показатели должны отвечать следующим требованиям возможность их улучшения (совершенствования), они должны контролироваться ответственным лицом, способным принимать меры по их улучшению; они должны вызывать улучшение финансовых результатов.

**Рейнжиниринг бизнес-процессов
логистической компании ООО «Фабеас»**

Самойлова А.Г, Рубан Я.А.

Полоцкий государственный университет

Основная цель группы компаний «Фабеас» – действуя на разных рынках, взаимодействуя с различными контрагентами, предоставить клиенту максимально полный, комфортный, качественный, оптимальный по стоимости комплекс логистических услуг. В виду сложной специфики деятельности ООО «Фабеас» и большого перечня предоставляемых услуг, необходимо четко контролировать правильность и слаженность бизнес-процессов. До сих пор, фактически, господствовал функциональный подход. Но выполняя свои узкоспециальные задачи, сотрудники перестают видеть конечные результаты труда всего предприятия и осознавать свое место в общей цепочке. Конфликт интересов – еще одна большая проблема, порожаемая природой функциональной организации труда. Для разрешения подобных ситуаций используется специальный язык описания бизнес-процессов. Он позволяет описывать существующие процессы («как есть»), а также создавать модели будущего («как надо»). Модель включает в себя описание всех составляющих процесса – функции, ресурсы, участников, цели, информацию, результаты, события, направление и последовательность действий, – таким образом отражая существующую реальность или представление о ней в будущем. Описание имеет многоуровневую структуру, что обеспечивает системность, структурную взаимосвязанность. Действия всех подразделений и сотрудников, выполняющих свои обязанности в соответствии с такой моделью, отлажены, скоординированы и направлены в русло общего процесса для достижения общего результата. На ООО «Фабеас» проведен рейнжиниринг бизнес-процесса «Предоставление логистических услуг».

Для того чтобы обеспечить нормальное функционирование бизнес-процессов, сделано документальное закрепление обязанностей и алгоритмов действий оперативных сотрудников (специалист продаж логистических услуг и экспедитор транспортный) в виде регламентов. А для анализа деятельности сотрудников и с целью эффективной мотивации разработана система показателей, а именно: KPI (Key Performance Indicators) – измеримые показатели результативности работы персонала, что позволит четко сформулировать действия каждого сотрудника, определить границы ответственности и связь с другими подразделениями и службами компании.

**Зарубежный опыт развития логистических систем
на примере концепции «Канбан»**

Скворода Е.В.

Белорусский национальный технический университет

В 1972 г. корпорацией Toyota Motors была разработана система «Канбан» (в переводе с японского – «карта»), которая в настоящее время широко применяется многими машиностроительными компаниями в США и Западной Европе. Система «Канбан» — информационная система, обеспечивающая оперативное регулирование количества произведенной продукции и организации непрерывного производственного потока, способного к быстрой перестройке и практически не требующего страховых запасов. Внедряя систему «Канбан» необходимо создать определенные условия:

- создание поточного производства;
- сокращение размеров партий и времени переналадок;
- выравнивание и сглаживание производства;
- сокращение транспортных циклов и унификация маршрутов;
- непрерывное производство;
- соблюдение адреса и места хранения детали;
- определение вида упаковки и типа контейнера в соответствии с требованиями последующего процесса.

Практическое использование системы «Канбан» или ее модифицированных версий позволяет значительно улучшить качество выпускаемой продукции; сократить логистический цикл, существенно повысив тем самым оборачиваемость оборотного капитала фирм; снизить себестоимость производства; практически исключить страховые запасы и значительно уменьшить объем незавершенного производства.

Кроме того, подобные современные логистические системы обладают достаточной гибкостью, так как ориентированы на короткие составляющие логистических циклов, что требует быстрой реакции на изменение спроса и, соответственно, гибкой производственной программы.

Анализ мирового опыта применения микрологистической системы «Канбан» многими известными машиностроительными фирмами показывает, что она дает возможность уменьшить производственные запасы на 50%, товарные — на 8% при значительном ускорении оборачиваемости оборотных средств и повышении качества готовой продукции.

Проблемы организации внутреннего контроля качества аудита

Корсик Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Достоверные данные аудиторской проверки повышают доверие пользователей к деятельности организации, что способствует ее развитию. В современных условиях функционирования рынка аудиторских услуг выделяется ряд существенных проблем, ограничивающих возможности контроля качества предоставляемых аудиторских услуг.

Одним из основополагающих элементов качества аудита выступает квалификация сотрудников. Лица, ответственные за осуществление внутреннего контроля качества, назначаются с учетом требований к их квалификации. В настоящее время многими специалистами отмечается, что наибольшие трудности у претендентов на получение квалификационного аттестата аудитора вызывают именно вопросы по контролю качества, что является одной из проблем организации эффективного и надежного внутреннего контроля качества аудита. Правильная организация работы аудитора в рамках внутреннего контроля качества аудита предполагает правильность и рациональность планирования аудиторской работы, поручение сложных заданий достаточно опытным и квалифицированным сотрудникам.

Внутрифирменный контроль также является важной и в определенной мере основополагающей категорией в общей структуре контроля качества аудита. Для повышения качества профессиональной деятельности каждой отдельно взятой аудиторской организации необходима модель осуществления внутрифирменного контроля качества аудита, включающая алгоритм проведения контроля качества аудита, определение места работника в общей структуре осуществления аудиторской проверки, его полномочий, а также устанавливающая контрольно-подчиненные связи между работниками. Такая модель позволит упорядочить и тем самым сделать более эффективными процедуры внутреннего контроля качества аудита.

Создание эффективных систем и внутреннего контроля позволит повысить качество аудита, прозрачность, информативность и надежность данных систем, снизить риски недостоверности информации, что в конечном итоге обеспечит более устойчивое развитие и функционирование рынка аудиторских услуг и субъектов аудиторской деятельности.

Выбор между прямой и терминальной системой доставки грузов

Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что наиболее эффективными являются перевозки партий груза, по массе соответствующих или кратных грузоподъемности подвижного состава.

Вместе с тем развитие производства и торговых связей все чаще вызывает необходимость отправок мелких партий груза, когда грузоотправитель вынужден либо ждать накопления соответствующей партии груза, либо оплачивать перевозку малой партии груза по стоимости крупнотоннажной перевозки.

Для решения этой проблемы в странах с развитой системой сообщений наибольшее распространение получил терминальный способ перевозок. Однако эта система доставки имеет свои недостатки, что создает предпосылку её сравнения с прямой (сквозной) перевозкой мелких отправок, не обеспечивающих полного использования грузоподъемности или вместимости единицы подвижного состава.

При терминальной перевозке сбор груза и доставка его на терминал отправления, а также развоз с терминала в пункт назначения производится автомобилями средней и малой грузоподъемности. В случае прямой перевозки сбор и развоз отправок производится непосредственно большегрузным автомобилем, выполняющим магистральную перевозку.

В международном сообщении при этих схемах доставки грузов помимо погрузки у отправителя и разгрузки у получателя с учетом перевозок в пунктах отправления (назначения) груза производится сбор (развоз) груза, а также таможенное оформление на терминале, разгрузка автомобиля, сортировка, хранение груза и погрузка в автомобиль. При прямой перевозке таможенное оформление груза производится в установленных складах временного хранения у отправителей, получателей или таможенных органов.

Учитывая всю специфику данных вариантов перевозок для их сравнения следует сопоставить затраты (тарифы) отправителей и получателей на доставку груза на всем пути его следования с учетом качества и условий работы всех участников доставки.

Условием эффективности терминальных перевозок будет являться:

$$T < П,$$

где Т — затраты при терминальной перевозке; П — затраты при прямой перевозке.

Структура человеческого капитала организации

Макарова А.Н.

Белорусский государственный экономический университет

Оценка эффективности инвестиций в человеческий капитал организации невозможна без четкого определения его структуры.

Рассматривая возможную структуру человеческого капитала на уровне организации, необходимо учитывать, что каждый из ее элементов должен накапливаться в результате приложения экономических ресурсов, выступать как запас, требовать инвестиций и генерировать поток доходов, обеспечивать длительный экономический эффект, который можно измерить в натуральном или денежном выражении, оказывать влияние на развитие компании, подвергаться физическому и моральному износу, т.е. иметь ограниченный срок жизни, но являться благом длительного пользования, требовать отказа от части текущего потребления для будущих выгод. Основу структуры человеческого капитала организации составляют три главных компонента: профессиональный капитал, капитал культуры и капитал здоровья.

1) Культура объединяет все виды деятельности и взаимоотношения внутри фирмы, сплачивает коллектив и повышая его производительность. Она создает внешний образ организации, формирует ее имидж, определяет характер отношений с поставщиками, клиентами и партнерами. Кроме того, она помогает концентрировать усилия на главных стратегических направлениях, определяемых в соответствии с основным предназначением компании — ее миссией.

2) Креативный капитал является отражением и результатом профессионализма бизнесмена, руководителя либо ученого, что в сочетании с капиталом образования составляет профессиональный капитал.

3) Капитал здоровья – это неотъемлемая часть человеческого капитала. Инвестиции в капитал здоровья проявляются в сохранении работоспособности путем уменьшения заболеваемости и увеличения продуктивного периода жизни.

Следует отметить, что если набор компонентов является универсальным и характеризует человеческий капитал на уровне общества в целом, то представленная структура элементов — специфическая характеристика для каждой конкретной компании.

Таким образом, мы можем говорить о взаимосвязи компонентов человеческого капитала и эффективности инвестиций в него.

Таможенное регулирование внешней торговли

Антюшеня Д.М.

Белорусский национальный технический университет

Темпы экономического развития Республики Беларусь побуждают государственные органы к модификации инструментов регулирования внешнеэкономической деятельности (ВЭД). Страны мирового сообщества внедряют новые принципы таможенного регулирования внешней торговли, различные упрощения таможенных и торговых процедур, рекомендуемые, в частности, Всемирной таможенной организацией, объединяющей более 170 государств, на долю которых приходится 98 % мировой торговли.

Следует отметить, что в некоторых странах повысился общий уровень барьеров по отдельным направлениям экономического развития, как, например, международные грузоперевозки. Значительными барьерами на пути реализации транспортных услуг являются длительные сроки оформления документов при пересечении границы, большое количество документов, требуемых таможенниками при пересечении границы, принудительное платное сопровождение грузов, вымогательство со стороны представителей контрольных служб сопредельных государств.

Благодаря дальнейшему росту числа стран – членов Всемирной торговой организации (ВТО) и реализации программ либерализации ВЭД, усиливается тенденция ослабления протекционизма, в том числе таможенного, в международной торговле.

Характерным примером ослабления протекционизма во внешней торговле является использование различных упрощений процедур торговли, которые применяются странами в рамках интеграционных образований. Показательным примером ослабления государственного протекционизма во внешней торговле является устранение нетарифных барьеров и снижение тарифной защиты на пути международного перемещения товаров и услуг.

Для реализации принципа «точно вовремя» при доставке товаров необходимо чтобы таможенные процедуры проходили более гибко, отсутствовали технологическая несовместимость операций таможенного оформления и контроля.

Однако следует отметить, что в Беларуси консолидированный подход к либерализации таможенного дела посредством внедрения упрощений таможенных процедур не обозначен в правовых актах национального таможенного законодательства.

**Формирование сбалансированного портфеля
инвестиционных проектов
(на примере ОАО «Белмагистральавтотранс»)**

Алимова В. В., Тозик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Инвестиционная привлекательность в современных условиях является одной из важнейших характеристик деятельности хозяйствующего субъекта, поскольку она прямо влияет на его перспективы развития, конкурентоспособность, финансовую устойчивость, кредитоспособность. Грамотная инвестиционная политика предприятия позволяет привлекать дополнительные инвестиции и укреплять свое финансовое положение.

Процесс формирования портфеля реальных инвестиционных проектов в ОАО «Белмагистральавтотранс» рекомендуется проводить по следующим этапам:

Этап 1. Поиск инвестиционных возможностей. Предприятие в рамках разработанной инвестиционной стратегии, вне зависимости от наличия инвестиционных ресурсов, должно проводить активный поиск вариантов реальных инвестиционных проектов для возможной их реализации;

Этап 2. Первичный отбор инвестиционных проектов на основе многокритериальности. Несоответствие проектом большинству критериев влечет за собой отказ от его дальнейшего рассмотрения;

Этап 3. Выбор главного критерия отбора проектов в инвестиционный портфель и формулировка системы ограничений. Наиболее существенную роль в процессе формирования портфеля инвестиционных проектов играет отбор объектов инвестирования по критерию доходности. В качестве критериального показателя доходности, который должен быть максимизирован, используется показатель чистого приведенного дохода инвестиционного портфеля, отражающий совокупный эффект инвестиций;

Этап 4. Окончательный отбор инвестиционных проектов, формирование инвестиционного портфеля. Если для осуществления проекта необходим объем инвестиций, превышающий возможности инвестора, то, в этом случае находится оптимальная комбинация проектов последовательным пересмотром всех возможных вариантов сочетания проектов и расчетом суммарного чистого дисконтированного дохода (NPV) для каждого варианта портфеля. Комбинация, максимизирующая суммарный NPV портфеля, будет оптимальной;

Этап 5. Практическая реализация оптимального проекта.

Управление карьерой персонала логистического центра

Маевская А.В.

Белорусский государственный экономический университет

В современных условиях развития вопросы карьеры являются наиболее актуальными, что вызвано реформированием всех основных сфер общества, становлением рыночной экономики, повлекшими за собой изменение отношения ко многим процессам и явлениям. В настоящее время особый интерес вызывает карьера персонала логистических центров, что связано с процессами их быстрого развития, т.к. логистические центры выступают одной из форм интеграционного взаимодействия компаний в целях максимизации доходов на основе координации совместных усилий и централизации материального и информационного обеспечения товародвижения.

Особенностью должностного продвижения персонала в логистическом центре является быстрый карьерный рост, но существует необходимость начинать со склада или транспортного отдела, чтобы знать весь процесс изнутри. Кандидатам без опыта работы необходимо сначала пройти практику, затем испытательный срок, и лишь потом соискатель будет принят на работу. Многие логистические центры сотрудничают с вузами Беларуси, так рабочие специальности предлагаются студентам по договору подряда, и в таком персонале потребность существует всегда. Кандидаты на вакантные должности могут присылать свои резюме, они будут храниться в базе и рассматриваться при необходимости компании в наборе персонала.

Таким образом, управление карьерой персонала логистического центра обеспечивает взаимосвязь целей организации и сотрудника, учет и увязку их потребностей; изучение и оценку потенциала их продвижения; ознакомление сотрудников с реальными перспективами их роста и условиями, которые позволяют им достичь желаемого и избежать при этом «карьерных тупиков». В целом управление карьерой персонала логистического центра связано с мотивацией продвижения по карьерной лестнице и является долгосрочной программой перемещения по горизонтали и вертикали. В результате у сотрудников имеет место большая удовлетворенность трудом, видение перспектив, возможность планировать другие аспекты собственной жизни, целенаправленно повышать квалификацию и готовиться к будущей работе.

Обоснование дисконтных программ логистической компании

Макаревич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Применяемый в маркетинге регрессионно-корреляционный анализ основан на исследовании вариаций факторных и результирующих показателей, в случае дисконтных программ логистической компании – соответственно финансовых потерь от скидок и размеров прибыли. Для описания регрессионной зависимости необходимо знание условного закона распределения зависимой переменной Y (размер прибыли логистической компании за определенный период) от независимой переменной X (размер дисконтной скидки – за объем заказанной логистической услуги). При построении корреляционных зависимостей по дисконтным программам решаются две практические задачи: необходимо установить саму эту зависимость по фактическим материалам, т.е. установить форму связи и измерить силу, или тесноту, корреляционной связи между показателями. Тип уравнения выбирается маркетологом на основе теоретического анализа исходных фактических данных. Как правило, на предварительном этапе выяснения зависимости размеров прибыли от величины скидки предполагают, что она будет описываться уравнением прямой линии. Тогда уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = a + b \cdot X,$$

где Y – размеры прибыли логистической компании как результирующий показатель или зависимая переменная; X – финансовые потери от ценовых скидок за объем заказанных логистических услуг как факторный признак или независимая переменная; a и b – константа и коэффициент регрессии.

Два последних параметра регрессии определяются по формулам:

$$b = (\Sigma XY - X_{CP} \cdot \Sigma Y) / (\Sigma X^2 - X_{CP} \cdot \Sigma X),$$

$$a = Y_{CP} - b \cdot X_{CP}.$$

Как видим, данное уравнение хорошо и тем, что позволяет установить, как будут продаваться услуги логистической компании вообще без скидок (то есть при $X=0$). На соответствующий размер прибыли указывает величина константы регрессии a . Коэффициент регрессии b демонстрирует, насколько в среднем вырастут показатели прибыли с увеличением финансовых потерь от скидок на 1 млн. руб. Он позволяет сравнивать различные логистические проекты. Чем выше коэффициент (чем круче идет линия корреляционной зависимости), тем более эффективной оказалась система скидок (дисконтная программа).

Логистика транспорта как исследовательская проблема

Божанов П.В.

Белорусский национальный технический университет

Логистика сложилась как одно из важных направлений науки. Ученые проявляют большой интерес к вопросам теории логистики, а также ее развитию в различных отраслях экономики, в т.ч. на транспорте.

Фундаментальные труды по проблеме выходят за рубежом. Большой интерес представляет коллективный труд С. Джонсона и др. «Современная логистика» (2004), который выдержал уже семь изданий. Авторы рассматривают такие теоретические вопросы, как сущность и предназначение логистики, концепцию «совокупных затрат логистики» и т.д. В книге «Стратегическое управление логистикой» (2005) коллектив авторов обращает внимание на сущность логистического менеджмента, роль логистики в экономике, характеризует транспортное обслуживание. Под редакцией Дж. Гатторны вышел труд «Управление цепями поставок» (2013), где всесторонне рассмотрена организационная схема движения товаров по логистической цепочке. Отдельно авторы исследовали интегрированное управление транспортировкой.

Следует отметить, что в Беларуси логистика также подвергается подробному научному осмыслению. Здесь можно назвать работу В.Г. Булаво, П.Г. Никитенко «Формирование транспортно-логистической системы Республики Беларусь» (2009). Экономические основы автотранспортных услуг в своей книге рассматривают белорусские ученые Р.Б. Ивуть и А.Ф. Зубрицкий «Экономические основы формирования механизма оценки и конкурентоспособности автотранспортных услуг» (2010). Здесь четко сформулированы теоретические основы, качественные показатели и ряд других экономических обоснований логистики.

Белорусские авторы сборника статей «Современные концепции развития транспорта и логистики» (2014) подвергли всестороннему анализу логистику, как с точки зрения теории, так и ее производственного развития в различных отраслях национальной экономики, а также в международных перевозках. Международная логистика рассмотрена в одноименном труде Т.Г. Зориной и М.А. Слонимской (2014).

Таким образом, можно сделать вывод, что в современной зарубежной и отечественной библиографии в отношении транспортной логистики сформировалась развитая и фундаментальная научная проблематика, позволяющая выстраивать на этой основе новые концепции и модели, развития и совершенствования транспортной логистики в Беларуси.

**Предпринимательская активность
на основе информационных технологий**

Амелин М. А.

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

Информационные технологии (ИТ) – это важный элемент успешной модернизации предпринимательской активности традиционных организаций. Они играют ведущую роль в процессе модернизации и призваны обеспечивать поддержку новых бизнес-процессов и целей. ИТ не должны интегрироваться предприятиями ради простого соответствия технологическому прогрессу. Многие предприятия, осуществляя процесс модернизации своей предпринимательской активности, разделяют информационную и бизнес-составляющую. В результате не достигается необходимый эффект синергии между ними. В дальнейшем, когда значительная часть изменений внесена, то оказываются не учтенными многие мотивы заинтересованных сторон процесса модернизации. Но в контексте трансформации предпринимательской активности в среду Интернет-бизнеса наиболее значимым фактором будет скорость, с которой организации адаптируют новые технологические достижения в соответствии с нуждами отраслей и своими бизнес-потребностями.

Сетевые технологии также поддерживают процесс трансформации традиционной предпринимательской активности. Фактический результат модернизации может быть существенно улучшен с их помощью. Это может проявляться в переносе традиционного программного обеспечения для поддержки бизнес-процессов на облачную платформу (cloud platform). За счет применения облачных технологий могут быть существенно повышены интерактивные характеристики бизнес-проектов.

Сетевые технологии играют важную роль с точки зрения возможностей улучшения взаимодействия как между отделами организации, так и между предприятием и внешними заинтересованными лицами. Это становится возможным за счет корпоративных сетей и сети Интернет, и ряда облачных приложений. Например, за счет применения технологий баз данных и сетевой коммуникации ответ на запрос клиента может быть дан персоналом предприятия в реальном времени. В целом же сетевые технологии ускоряют время между получением заказа и его доставкой конечному потребителю. Это обеспечивает лучшее обслуживание клиентов и приносит возможность осуществления большего объема продаж за то же время, обеспечивая сокращение времени бизнес-цикла.

Оценка конкурентоспособности автотранспортных предприятий

Жданова Е.С.

Белорусский национальный технический университет

В условиях высокой насыщенности рынка автомобильных перевозок, превышения предложения над спросом, автотранспортным предприятиям приходится вести борьбу за потребителя. В то же время предпочтение потребителя отдается услугам, которые в маркетинге определяются как конкурентоспособные.

В результате анализа было сформулировано следующее определение конкурентоспособности автотранспортного предприятия – оцененное субъектами внешней среды его превосходство на выбранных сегментах рынка над конкурентами в данный момент времени, достигнутое без ущерба окружающим, определяемое конкурентоспособностью его конкретных услуг и уровнем конкурентного потенциала, характеризующего его способность в настоящем и будущем разрабатывать и оказывать услуги, превосходящие по критерию цена/качество аналоги.

В основе решения проблемы определения конкурентоспособности автотранспортных предприятий лежит анализ особенностей их деятельности, а также сложности оказываемых услуг, требуемой точности оценки, цели исследования и других факторов.

Для анализа конкурентоспособности автотранспортных предприятий часто используются дифференцированный и комплексный методы.

Дифференцированный метод оценки основан на использовании единичных показателей. Он дает ответ на вопросы: достигнут ли уровень конкурентоспособности в целом, по каким признакам не достигнут и по каким из них имеется наибольшее отклонение.

Комплексный метод позволяет на основе единичных, групповых и интегрального показателей получить обобщенную оценку уровня конкурентоспособности в целом и за счет каждого фактора. В настоящее время имеются следующие разновидности комплексного метода: аналитические (модель Розенберга и идеальной точки, на основе объема продаж, интегрального показателя) и графические – матрица БКГ, матрица Портера, модель привлекательности рынка, модель многоугольника конкурентоспособности.

Для оценки конкурентоспособности автотранспортных услуг в основном используется разновидность комплексного метода, а именно расчет интегрального показателя.

**Разработка и обоснование оптимальной структуры
автомобильного парка агропромышленного комплекса**

Пилипук Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Исследованиями установлено, что одним из главных путей снижения транспортных затрат является рациональное использование сельскохозяйственного транспорта и прежде всего, оптимальное для заданных естественно-производственных условий комплектования транспортного парка по его структуре и типуажу. Однако нельзя оптимизировать структуру парка без детального рассмотрения уборочно-транспортных процессов в периоды напряженных транспортных работ.

Наиболее напряженными периодами транспортных работ, согласно нашим исследованиям, является время вывозки торфокрошки и органики, уборки зерновых и кормовых структур. Обоснование транспортно-технологических схем основывается на соблюдений условия:

$$T_1 * W_1 * n_1 = T_2 * W_2 * n_2 = T_3 * W_3 * n_3$$

где T_1, T_2, T_3 – время работы погрузочных средств, транспорта и разгрузочных устройств;

W_1, W_2, W_3 – соответственно их производительность;

n_1, n_2, n_3 – количество этих средств.

На оснований принятых транспортно-технологических схем перевозки сельскохозяйственных грузов рассчитано время погрузочно-разгрузочных работ $/t_{пр}/$, себестоимость перевозок $/S_i/$, и определены техническая скорость $/V_t/$ время в наряде $/T_n/$, коэффициенты использования грузоподъемности $/\gamma/$ пробега $/\beta/$ для расчета оптимальной структуры парка.

В ходе исследования показано, что основным направлением совершенствования транспортного обслуживания агропромышленного комплекса и повышения эффективности использования подвижного состава является оптимизация структуры автотранспортного парка и концентрация его достаточно крупных и хорошо оснащенных базовых автотранспортных предприятий.

УДК 336.2(476)

Диверсификация рынка как средство роста бизнеса в условиях кризиса (на примере компании STADLER RAIL AG (Швейцария))

Пилипук Н.Н., Король В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Компания Stadler Rail AG является крупным европейским производителем рельсового транспорта: модельный ряд компании включает электро- и дизельные поезда, трамваи и специальный подвижной состав для эксплуатации в сложных условиях.

В условиях мирового кризиса снижается спрос на традиционных рынках как из-за отказа ряда потребителей от размещения заказов, так и за счет переориентации на более дешевую технику.

Тем не менее, компания предприняла ряд мер, направленных на устранение негативных последствий кризиса на традиционных рынках за счет выхода на новые рынки и рыночные сегменты при сохранении высочайшего уровня обслуживания и индивидуального взаимодействия с каждым потребителем.

С целью повышения конкурентоспособности, компания также использует такой инструмент, как организация сборочных заводов на территориях целевых рынков.

Таким образом, успешный опыт работы компании Stadler Rail AG доказывает, что снижение цены в ущерб качеству не является единственным инструментом рыночной стратегии в условиях кризиса. Гораздо более важным является анализ потребителей на рынке, создание и предложение продукта, в наибольшей степени соответствующие этим потребностям, а также высочайший уровень работы с каждым клиентом. Указанный опыт в настоящее время внедряется на новом подразделении компании Stadler Rail AG, созданном в Республике Беларусь, что позволит внедрить швейцарские стандарты качества в повседневную работу на отечественном рынке.

Методический подход к оценке и развитию потенциала диверсификации

Огинская А.В.

Белорусский государственный экономический университет

Стратегическое развитие предприятия формируется под воздействием факторов внешней среды, а также внутреннего потенциала. Внешняя среда характеризуется факторами макро- и микроокружения. Глобальный контур внешней среды отражают общие социально-экономические, политические, экологические факторы, которые поддаются анализу на основе PEST-методологии. Микроокружение формируется за счет взаимодействия с конкурентами, потребителями, поставщиками, а также финансово-кредитными учреждениями и партнерскими организациями.

Внутренний потенциал подразумевает соответствие и достаточность ресурсов и компетенций организации для разработки и реализации стратегии. Поэтому для обоснования выбора стратегии диверсификации предлагается методический подход к оценке потенциала данной стратегии. В соответствии с подходом формируется интегральный показатель потенциала диверсификации на основе суммы экспертных оценок по ряду критериев с учетом их весового коэффициента. Критерии разделены на три группы, характеризующие микро-, макроокружение и внутреннюю среду организации, способствующую успешной реализации стратегии диверсификации. Разработанный показатель отражает способности предприятия производить востребованную рынком продукцию; наличие у предприятия соответствующих ресурсов; уровень спроса на продукцию; экономическую целесообразность производства новых видов продукции.

Особое место в анализе внутренних факторов потенциала диверсификации занимает оценка ресурсов и компетенций, необходимых для успешной реализации стратегии. Ресурсы и компетенции должны быть стратегически уместны, т.е. позволять эффективно воспользоваться возможностями внешнего окружения. Выбор ресурсов требует предварительного анализа конкурентной среды, т.к. их ценность в результате реализации стратегии диверсификации возрастает при условии производства особых продуктов и услуг, отличающихся от существующих на рынке. В случае динамичной внешней среды набор компетенций также не может оставаться постоянным. Поэтому выбор и успешное использование стратегии диверсификации определяется также и тем, насколько организация умеет определять и формировать недостающие для стратегического развития компетенции.

Особенности конкурентоспособности персонала предприятия

Шмыгун К.И.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

В настоящее время на многих предприятиях Республики Беларусь большое внимание уделяется вопросу конкурентоспособности их на внутреннем и мировом рынках. Конкурентный рынок выступает как главный регулятор экономического развития, определяет ведущую роль персонала на предприятии и повышении эффективности производства, формировании командных и корпоративных интересов, обеспечении высокой инвестиционной привлекательности предприятия.

Конкурентоспособность персонала предприятия определяется его высокой адаптивностью к социально-экономической обстановке в стране, креативностью и способностью к нестандартным решениям задач, наличием у специалистов знаний, умений, навыков и мотивов, позволяющих включаться в различные виды профессиональной деятельности, достигать максимального эффекта, а также готовностью к постоянному самосовершенствованию (подготовка и переподготовка специалистов, повышение квалификации, стажировка и т.д.).

Потребности предприятий в развитии конкурентоспособного персонала складываются сегодня под воздействием следующих основных факторов:

- профессиональные знания быстро устаревают, что приводит к снижению квалификации специалистов;
- происходят стремительные технологические изменения, которые требуют овладения новыми знаниями, умениями и навыками;
- предприятия ощущают постоянную конкуренцию, требующую повышения качества предоставления работ (услуг), более эффективного использования ресурсов предприятия.

На основе вышеизложенного, можно сделать вывод, что развитый, высококвалифицированный персонал становится главным конкурентным преимуществом предприятия; ведь именно он отвечает за достижение его стратегических целей. В связи с этим, особое внимание необходимо уделять вопросам подготовки высококвалифицированных специалистов, разработке методики оценки конкурентоспособности персонала (с учетом направлений деятельности предприятий) и системы маркетинга развития персонала, а также применение современных кадровых технологий на предприятиях, в том числе активно использовать кадровые резервы.

Оценка эффективности инвестиций на транспорте

Якубовская Т.Л.

Белорусский национальный технический университет

Эффективность инвестирования в отрасль может быть определена по соотношению результата (эффекта) и соответствующих затрат. Эффект от инвестиций в транспортную отрасль является многоаспектным и складывается из экономического, социального, экологического, технологического и других эффектов, которые взаимосвязаны между собой и во многих случаях могут быть приведены к стоимостному виду, что упрощает общую оценку эффективности инвестиций.

Инвестиционные решения в области развития транспортной системы Республики Беларусь оцениваются как с точки зрения экономической эффективности, так и с точки зрения безопасности и экологичности, причем все указанные приоритеты являются равнозначными.

Оценка эффективности инвестиций в транспортную отрасль зависит от вида субъекта, для которого инвестиционные проекты транспортной отрасли имеют значение:

народнохозяйственная экономическая эффективность отражает эффективность проекта с точки зрения интересов экономики страны, отдельных отраслей, регионов;

бюджетная эффективность отражает влияние результатов инвестиционного проекта на доходы и расходы бюджета;

коммерческая эффективность, определяет соотношение финансовых затрат и результатов для каждого участника проекта.

При оценке эффективности также учитывают:

научно-технические оценки проектов (например, при оценке проектов транспортных терминалов учитывают возможности переработки грузов, доставляемых по интермодальным схемам, или с учетом перспектив развития международных транспортных коридоров);

социальные оценки (например, строительство автодорог способствует уменьшению в ряде районов страны числа населенных пунктов, не имеющих связи по автодорогам с твердым покрытием с основной сетью автомобильных дорог);

экологические оценки, учитывающие влияние транспорта на окружающую среду.

Проблемы диагностики банкротства в Республике Беларусь

Якубовская Т.Л., Илькевич А.

Белорусский национальный технический университет

В условиях рыночной экономики выявление неблагоприятных тенденций развития предприятия и предсказание неплатежеспособности и банкротства имеют большое значение.

С каждым годом увеличивается количество убыточных предприятий, например, за январь-февраль 2015 г. убыточными были 1 874 организации, или 24,1% от общего количества организаций (за январь-февраль 2014 г. – 1 479 организаций, или 19%). Сумма чистого убытка убыточных организаций за январь-февраль 2015 г. составила 12,3 трлн. рублей, что в 3,3 раза больше, чем за январь-февраль 2014 г.

Согласно нормативным требованиям первый этап диагностики потенциального банкротства связан с выявлением и анализом неплатежеспособности предприятия на основе бухгалтерского баланса, что предполагает сравнение коэффициента текущей ликвидности и коэффициента обеспеченности собственными оборотными средствами с нормативными значениями, а также выявление устойчивости неплатежеспособности предприятия.

Второй этап связан с признанием (или непризнанием) устойчиво неплатежеспособного должника потенциальным банкротом на основании значений таких показателей, как коэффициент обеспеченности финансовых обязательств активами и коэффициент обеспеченности просроченных финансовых обязательств активами.

Несмотря на то, что система критериев, используемая для диагностики вероятности наступления банкротства, базируется на анализе бухгалтерской отчетности и коэффициентах, которые дифференцируются в зависимости от отрасли предприятия, она является несовершенной и должна быть дополнена более сложными многокритериальными методиками. Например, комплексным балльным показателем финансового состояния организации, который используется в Российской Федерации и отражает эффективность финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Также могут использоваться многофакторные модели на основе известного подхода Э. Альтмана и его последователей (модель Р. Лиса, Таффлера-Тишоу).

Общеметодологические вопросы оценки эффективности инновационной деятельности транспортных предприятий

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки эффективности инновационной деятельности транспортных предприятий используются методы оценки эффективности инвестиционных проектов. Инвестиционные проекты рождаются из потребностей предприятия. Условием жизнеспособности инвестиционных проектов является их соответствие инвестиционной политике и стратегическим целям предприятия, находящим основное выражение в повышении эффективности его хозяйственной деятельности. Оценка эффективности инвестиционных проектов - один из главных элементов инвестиционного анализа; является основным инструментом правильного выбора из нескольких инвестиционных проектов наиболее эффективного, совершенствования инвестиционных программ и минимизации рисков.

Методы оценки эффективности инвестиционных проектов не во всех случаях могут быть едиными, так как инвестиционные проекты весьма значительно различаются по масштабам затрат, срокам их полезного использования, а также по полезным результатам.

К мелким инвестиционным проектам, не требующим больших капитальных вложений, не оказывающим существенного влияния на изменение выпуска продукции (работ, услуг), а также имеющим относительно небольшой срок полезного использования, можно применять простейшие способы расчета.

В то же время реализация более масштабных инвестиционных проектов (новое строительство, реконструкция, освоение принципиально новых видов продукции (работ услуг) и т. п.), требующих больших инвестиционных затрат, вызывает необходимость учета большого числа факторов и, как следствие, проведения более сложных расчетов, а также уточнения методов оценки эффективности. Чем масштабнее инвестиционный проект и чем больше значительных изменений он вызывает в результатах хозяйственной деятельности предприятия, тем точнее должны быть расчеты денежных потоков и методы оценки эффективности инвестиционного проекта.

При перспективной оценке эффективности инвестиционных проектов возникает множество проблем. Избежать или свести их к минимуму в значительной мере поможет выбор наиболее объективных методов оценки эффективности инвестиций.

Перспективы развития биржевой логистики в Республике Беларусь

Довнар В.И.

Белорусский национальный технический университет

Биржевой механизм Республики Беларусь является одним из важнейших и необходимых элементов рыночной экономики. В силу своей сущности биржевая торговля является формой организованного саморегулирования рынка и должна быть органично встроена в национальную рыночную инфраструктуру.

Полное понятие о *биржевой логистике* Республики Беларусь отображено в деятельности ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа», которое предлагает своим клиентам одновременно с совершением биржевых сделок получить комплекс складских и транспортно-экспедиторских услуг с обеспечением контроля количества и качества приобретаемых товаров. С этой целью формируется разветвленная *логистическая структура*, обеспечивающая эффективное продвижение биржевых товаров и мониторинг их качества.

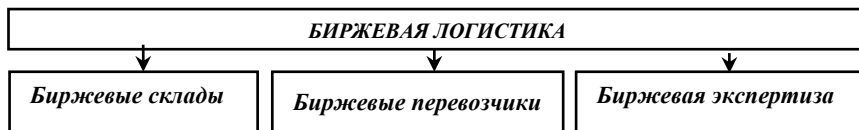


Рис. Элементы биржевой логистики Республики Беларусь

С целью консолидации усилий в развитии биржевой логистики по инициативе биржи и при поддержке партнеров из России, Польши, Казахстана, Украины и Германии создана Ассоциация биржевых логистов и брокеров «БЛБ». Ее основной задачей является развитие биржевого движения с использованием биржевой логистики, в т.ч. налаживание сотрудничества с зарубежными логистическими центрами и крупными железнодорожными и портовыми терминалами.

Основанная в 2014 году она быстро развивается, что свидетельствует о большом интересе и востребованности со стороны игроков товарного рынка к биржевой логистике. В настоящее время, с учетом наработанного опыта, видится необходимым создание в Республике Беларусь, на базе ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа», площадок параллельных торгов логистическими услугами для приобретенной продукции и сырья. Предоставление клиентам биржи комплекса торговых и логистических услуг будет способствовать востребованности белорусского экспорта и развитию отечественной логистики.

Физическая культура и спорт

Оптимизация восстановления функции мышц нижней конечности после травм у спортсменов

Попова Г.В.¹, Загородный Г.М.², Парамонова Н.А.³, Петрова О.В.¹, Котов И.В.¹

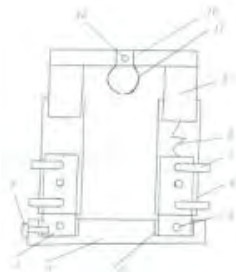
¹Белорусская медицинская академия последипломного образования,

²ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта»,

³Белорусский национальный технический университет

В процессе реабилитации спортсменов, перенесших травму нижних конечностей, дозированная тренировка с использованием механотерапии способствует функциональной адаптации организма. Тренажер для восстановления функции мышц конечности после травмы позволяет восстановить функцию мышц-сгибателей и разгибателей голени и бедра. Поставленная задача решается следующим образом. Предложенный тренажер для восстановления функции мышц конечности после травмы состоит из основания 1, по обеим сторонам которого выполнены пазы 2, в которые установлены цилиндрические опоры 3 и 4, коаксиально относительно друг друга с возможностью их телескопического перемещения, соединенные между собой посредством размещения фиксирующих элементов 5 в совмещенных отверстиях 6, выполненных в них. Опоры установлены с возможностью возвратно-поступательного перемещения в пазах 2 и фиксации посредством винта 7. Внутри внешней опоры 4 с зазором размещена часть поплавка 8, одна сторона которого соединена с внутренней опорой 3 посредством пружины 9, а вторая – с перекладиной 10, соединяющей опоры с двух сторон основания 1.

На перекладине 10 размещена разъемная скоба 11 с возможностью возвратно-поступательного перемещения относительно перекладины и фиксации посредством винта 12 (рисунок). Технический результат достигается за счет того, что скоба, размещенная на перекладине, может перемещаться за счет перемещения поплавка, который сжимает и разжимает пружину. Опоры установлены с возможностью телескопического перемещения. Можно установить любую высоту и зафиксировать ее посредством размещения фиксирующих элементов в совмещенных отверстиях, выполненных в опорах.



Применение данного устройства позволяет восстановить функциональность мышц нижней конечности после травм без посторонней помощи. Это позволяет индивидуализировать подходы к организации, планированию и проведению реабилитационного процесса у спортсменов.

Восстановление объёма движений в суставах нижних конечностей после травмы у спортсменов

Попова Г.В.¹, Загородный Г.М.², Парамонова Н.А.³, Петрова О.В.¹,
Калюжин В.Г.⁴, Попов В.Н.⁵

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования,

²ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта»,

³Белорусский национальный технический университет,

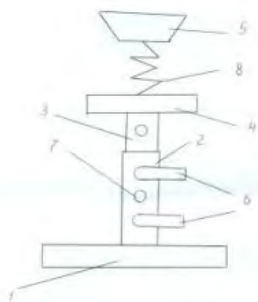
⁴Белорусский государственный университет физической культуры,

⁵УЗ «4-я городская поликлиника г. Минска»

С целью оптимизации периода восстановления у спортсменов, перенесших травму нижних конечностей, коллективом авторов была разработана полезная модель «Устройство для восстановления функции мышц нижней конечности после травмы».

Задачей данной полезной модели является восстановление объёма движений в суставах и функции мышц нижней конечности после травмы.

Поставленная задача решается следующим образом. Предложенное устройство для восстановления функции мышц нижней конечности после травмы состоит из основания 1, на котором установлена опора 2. На опоре 3, установлена пластина 4. Гильза для травмированной конечности 5 соединена с опорой 3. Опора 2 и опора 3 установлены с возможностью их телескопического перемещения относительно друг друга и соединены между собой посредством фиксирующих элементов 6 в совмещенных отверстиях 7. Гильза для травмированной конечности 5 соединена с пластиной 4 посредством пружины 8 (рисунок).



Технический результат достигается за счет того, что опоры, имеющие возможность телескопического перемещения, можно установить на любую высоту и зафиксировать посредством размещения фиксирующих элементов в совмещенных отверстиях, выполненных в опорах. Благодаря размещённой на пружине гильзе имеется возможность осуществлять разнонаправленные движения в суставах нижней конечности в облегчённом режиме с постепенным увеличением амплитуды, что позволяет проводить реабилитацию спортсменов уже на ранних этапах восстановления.

Характеристика артпластических и психомоторных технологий программных средств обучения в образовательном пространстве БНТУ

Масловский О.Е., Мойсеенко Ю.Н., Кузьмицкая Е.А.
Белорусский национальный технический университет

С позиции специалистов обучающие технологии должны включать в себя программы трех типов: предметно-, телесно- и эстетически ориентированные. Акцент делается на творческое выражение мысли на «языке тела» и двигательное выражение нервно-мышечного аппарата на «языке коры головного мозга» с художественно-эстетическим оформлением «текста движений», а также моторно-соревновательное выражение нервно-мышечного аппарата на «языке энергетики движений».

Теоретико-методическое решение проблемы в условиях БНТУ предполагает создание трех стопок. 1-я стопка (интеллектуальная составляющая сознания) – это психофизический набор средств, меняющий функциональное состояние, его поведенческие реакции, фон настроений человека, вплоть до времени принятия решений, адекватности действий. Конечной целью является подготовка индивидуумов, когда мышление должно работать как управляемое воображение, влияющее на силу, концентрацию и последовательность формирования мысли. 2-я стопка (телесно-формирующая) – это папка учебно-оздоровительного комплекса телесно-формирующего направления, в которой отражены: 1) рабочая группа мышц; 2) последовательность работы мышц; 3) максимальное произвольное напряжение и расслабление, амплитуда между ними; 4) индекс жесткости мышцы; 5) асимметрия; 6) индекс осанки; 7) гармония тела; 8) «язык» тела в движениях; 9) моторика тела; 10) координация телодвижений; 11) пластичность тела; 12) «перекос» в соотношении развития разгибателей и сгибателей отдельных мышечных групп; 13) резервные возможности нервно-мышечной системы в повышении мощностных и координационных характеристик телодвижений. 3-я стопка (волевая) – это папка, цель которой – добиться максимального результата на дистанции в условиях прогрессирующего утомления – «воля» должна быть продуктивно «истязаемая» в полной мере.

Телесная пластичность как биомеханическое свойство «живых движений» постепенно прорастает во внутренний мир ментально-телесного сознания человека и через него – в мир спорта, культуры, когда образуется психосоматический модус человека как физического тела, организма и личности. На этой основе следует разработать единые критерии красоты, совершенства для таких объектов как тело, телесно-психическое здоровье человека, артпластика и мощность телодвижений, когда «воля» становится «смысловым квантом» проникающего разума.

**Особенности технико-тактической подготовки
к стремительному нападению у баскетболисток**

Баранова И.И., Кравченко В.Н., Петровская О.Г.
Белорусский национальный технический университет

Комплексное применение технической и тактической подготовки в женском баскетболе имеет ряд особенностей: гендерные, индивидуальные и специфические по игровому амплуа. Они базируются на основе психофизических возможностей спортсменки и тесно связаны с показателями сенсомоторного реагирования. Поскольку действия игроков взаимосвязаны и обусловлены единой целью, актуальным является разработка средств и методов, способствующих совершенствованию игрового взаимодействия. Командные действия в нападении направлены на согласованное взаимодействие всех игроков команды против защиты соперника с целью создания оптимальных условий для взятия корзины. Классификация командных тактических действий в нападении предусматривает позиционное, с системой игры без центрального и через центрального игрока, и стремительное нападение с системой эшелонированного и быстрого прорыва. Прогресс игры в скоростном аспекте, наряду с другими факторами, во многом определяется систематическим применением быстрого прорыва. Совершенствование эффективности быстрого прорыва, как вида скоростного нападения, является одним из ключевых моментов комплексной технико-тактической подготовки.

Проведенное исследование включало развитие специальных качеств средствами специальной физической подготовки; наигрывание тактических комбинаций с учетом вариантов использования быстрого прорыва путем повторения; отработка согласованности действий игроков (формирование взаимопонимания) путем создания неопределенности игровой ситуации. Критерием оценки эффективности разработанной программы являлись показатели тестов и результаты соревновательной деятельности.

Полученные данные показали, что тренировочная работа по совершенствованию скоростного нападения способствовала увеличению количества случаев применения быстрого прорыва на 4,7 % и достоверному повышению результативности его использования на 3,9 %, а развитие специальных качеств способствовало улучшению результатов в челночном беге 4×9 м на 1,7 %, а в беге на 20 метров – на 2,1 %.

**Оценка населением благополучия состояния
сферы физической культуры и спорта в Республике Беларусь**

Винник В.А.¹, Кольцова Е.В.²

¹Белорусский государственный университет физической культуры,

²Белорусский национальный технический университет

Материалы мониторинга благополучия состояния сферы физической культуры и спорта в Республике Беларусь свидетельствуют о том, что позитивное отношение к положению дел в стране характерно независимо от контекста рассмотрения для большинства респондентов. В целом по стране оценка благополучия по 5-балльной системе составляет 3,8 балла.

Наиболее высоко оценивают ситуацию в стране жители Брестской области (3,90 балла), Витебской и Гомельской областей (3,89 балла в обоих случаях), наименее – жители Минска и Минской области (по 3,71 балла).

Оценки общей ситуации в стране практически не расходятся с оценками состояния дел в конкретных регионах. Наиболее высоко оценивают ситуацию в регионе жители Гомельской области (3,57 балла), наименее – Минской (3,15). Логичен вывод, что о ситуации в стране население судит практически всегда по состоянию дел в регионе.

Наиболее высоко оценивают ситуацию в стране и в регионе жители агрогородков (4,16 балла по стране и 3,51 балла в регионе) и областных центров (кроме г. Минска) – 3,51 и 3,67 балла. Наименее – на селе – 3,36 и 2,91 балла. Как видим, в последнем случае оценка ниже положительной.

Среди групп населения наиболее высоко ситуацию в стране оценивают подростки и женщины в возрасте активной карьеры – 4,05 и 3,89 балла соответственно, наименее – мужчины в возрасте стабилизации жизненной карьеры – 3,36 балла.

По своему социально-профессиональному статусу практически все группы дееспособного населения оценивают ситуацию в стране в пределах 3,82–3,87 балла за исключением спортивных работников, оценивших такую в 3,38 балла.

Аналогичные тенденции отмечаются и по оценке ситуации в регионе: в этом случае оценки колеблются от 3,56 балла – общие педагоги – и 3,44 балла – дееспособное население в целом за исключением студентов и профессиональных групп, рассматриваемых как контингенты, от которых зависит физическая культура населения (медики, общие и спортивные педагоги), до 3,19 баллов по оценке спортивных работников.

Показательно, что наиболее высоко оценивают ситуацию люди с более высокими доходами, что можно объяснить большим доступом к системе платных услуг в сфере физической культуры и спорта.

Возрастная динамика показателей физического развития ватерполистов

Ковель С.Г., Неженец И.С., Гришук В.А.

Белорусский национальный технический университет

Цель исследования – изучить динамику прироста показателей физического развития юных ватерполистов в системе многолетней подготовки.

Для изучения динамики показателей физического развития ватерполистов были исследованы основные антропометрические показатели, такие как длина и масса тела, кистевая динамометрия. В исследовании приняли участие 363 спортсмена 10–16 лет, занимающихся водным поло (таблица 1).

Таблица 1 – Показателей длины, массы тела и кистевой динамометрии у ватерполистов 10–16 лет

Возраст, лет	Кол-во чел.	Длина тела, см	Масса тела, кг	Кистевая динамометрия, кг	
				правой кисти	левой кисти
10	12	150,7±7,05	39,7±5,79	14,6±4,03	14,1±4,10
11	55	153,1±7,99	43,7±8,11	17,3±5,06	15,8±4,57
12	79	160,1±9,03**	49,6±10,66**	21,3±6,08**	18,7±5,93*
13	82	167,4±10,25**	55,9±11,61**	26,1±8,04**	22,9±7,71**
14	61	171,9±8,56*	60,1±10,38*	32,8±8,43**	28,7±7,83**
15	47	178,1±6,04**	67,3±9,40**	39,7±7,57**	33,9±6,96**
16	27	181,9±5,31*	72,1±8,40*	44,3±5,94	38,3±8,53*

Примечания: достоверные различия на уровне значимости * – P<0,05; ** – P<0,01

Сопоставление результатов центильного оценивания длины и массы тела юных ватерполистов с республиканскими данными показали, что физическое развитие спортсменов в возрасте 10–12 лет можно оценивать как высокое гармоничное, в 13 и 15 лет – очень высокое дисгармоничное, в 14 и 16 – выше среднего гармоничное. Показатели кистевой динамометрии увеличиваются существенными темпами в 14 лет, затем в 15–16 лет результаты стабилизируются. Наиболее интенсивный прирост показателей физического развития юных ватерполистов наблюдается с 12 до 16 лет, однако индивидуальные показатели физического развития спортсменов имеют различные темпы роста. Полученные данные следует учитывать при планировании учебно-тренировочного процесса.

Построение годичной подготовки команды по мини-футболу в условиях вуза

Мишенский М.Ю., Драчевский В.В., Ковель С.Г.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в течение учебного года студенты-спортсмены, специализирующиеся в мини-футболе, принимают участие в двух соревнованиях Республиканской универсиады, Республиканской студенческой футбольной лиге (РСФЛ) и в чемпионате Республики Беларусь по мини-футболу (высшая лига). Согласно календарю соревнований игры РСФЛ проходят с 22 сентября по 13 октября, Республиканская универсиада по футболу в залах – 12–16 октября, Республиканская универсиада по мини-футболу – 16–20 марта, чемпионат Республики Беларусь по мини-футболу (высшая лига) с 6 сентября по 1 мая.

Цель исследования – изучить структуру построения годичной подготовки команды по мини-футболу в условиях вуза в зависимости от особенности календаря соревнований.

Таблица 1 – Количество тренировочных занятий и соревновательных игр в течение года у сборной команды БНТУ по мини-футболу

Месяц	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Учебно-тренировочные занятия	14	17	15	19	27	26	22	21	23	29	14
Соревновательные игры	–	10	14	7	1	3	4	8	5	3	–

Анализ годичной подготовки студентов, занимающихся мини-футболом в условиях вуза, показал, что продолжительность всего цикла подготовки составляет 42 недели. Количество соревновательных игр за сезон свидетельствует о том, что календарь соревнований сборной команды БНТУ по мини-футболу достаточно насыщенный. В течение сезона спортсмены проводят 206 учебно-тренировочных занятий и принимают участие в 55 играх. Важнейшими для студенческой команды являются игры Республиканской универсиады по мини-футболу и футболу в залах, где в течение многих лет команда БНТУ занимает призовые места.

В заключении отметим, что построение годичной подготовки в условиях вуза обусловлено особенностями современного календаря соревнований студенческих команд по футболу, мини-футболу и футзалу. Структура годичной подготовки так же, как и у высококвалифицированных команд по футболу, предполагает одноцикловое планирование, включающее три периода: непродолжительный подготовительный (август-сентябрь, 6 нед.), длительный соревновательный (сентябрь-июнь, 9 мес.) и переходный (июль-август, 4 нед.).

Мотивации к занятиям физической культуры девушек 9-11 классов

Кузьмицкая Е.А., Герасимчик М.С., Колтунова А.Н.
Белорусский национальный технический университет

С целью выявления и изучения предпочтений, мотивов и интересов к занятиям физической культурой и спортом было проведено анкетирование. На вопросы анкеты ответили 204 учащихся 9-11 классов средней школы № 1 г. Ивацевичи.

Результаты исследований показали, что во всех классах более 50 % школьников не занимаются физкультурно-оздоровительными занятиями и спортом во внеурочное время. Подавляющее большинство опрошенных из числа тех, кто не занимается физической культурой и спортом во внеурочное время, хотели бы им заниматься: в 9-х классах – 58,97 %, 10-х – 44,83 % и 11-х – 46,73 %. Можно отметить устойчивую тенденцию в желании заниматься легкой атлетикой и шейпингом учеников всех исследуемых классов (9 классы – 33,33 и 43,59 %, 10 классы – 25,86 и 50 %, 11 классы – 17,76 и 40,19 % соответственно). Подавляющее большинство школьников основными целями в занятиях физическими упражнениями видят совершенствование форм тела и улучшение состояния здоровья. Среди причин, мешающих заниматься физической культурой и спортом, главной школьницы называют недостаток времени.

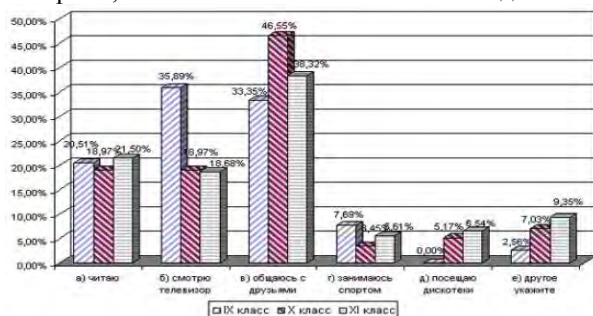


Рисунок – Любимые занятия школьников в свободное время

Полученные результаты позволили обозначить причины низкой эффективности физического воспитания в школе и наметить пути повышения мотивации к занятиям физической культурой девушек среднего и старшего школьного возраста. Выявлено, что недостаточно времени отводится на уроки физической культуры в процессе занятий; программа по физической культуре для школ не в полной мере отвечает требованиям настоящего времени, что оказывает влияние на мотивацию к занятиям.

Мотивация студентов групп спортивной специализации к обучению в БНТУ и занятиям спортом

Баранова И.И., Боровок О.А., Дремач В.Э., Кравченко В.Н.
Белорусский национальный технический университет

Цель исследования – изучить предпочтения, мотивы и интересы студентов групп спортивной специализации к обучению в БНТУ и к занятиям спортом.

Для изучения предпочтений, мотивов и интересов студентов групп спортивной специализации к занятиям спортом была разработана анкета и проведено анкетирование. В анкетировании приняли участие 52 студента, занимающихся в группах спортивной специализации в БНТУ по гиревому спорту (12), настольному теннису (10) и баскетболу (20).

Результаты исследований показали, что 53,8 % опрошенных при поступлении выбрали БНТУ, чтобы получить выбранную профессию, 26,9 % отдали предпочтение престижным специальностям и лишь 5,7 % поступили случайно. 63,5 % довольны, что поступили, 13,4 % разочарованы, 5,7 % считают, что в БНТУ тяжело учиться, трудно совмещать учебу со спортом. Однако, если бы у опрошенных заново был выбор куда поступать, 67,3 % сделали бы тот же выбор, 9,6 % поступили бы в другой вуз, 7,7 % выбрали бы другую специальность, 15,4 % затруднились ответить.

В общественной жизни университета принимают участие 17,3 % студентов, 55,7 % студентов участвуют только в отдельных мероприятиях, проводимых на факультете и в университете, 23% – только в спортивных мероприятиях.

Источником информации о существовании в БНТУ секций по видам спорта для 53,8 % студентов являются преподаватели по физической культуре, друзья – для 34,6 %, объявления в корпусе – для 23,0 %. 51,9 % опрошенных выбрали это вид спорта, потому что занимались им раньше, 41 % – для поддержания спортивной формы, 26,9 % – чтоб повысить свою спортивную квалификацию, потому что интересно попробовать, чтобы выступать за факультет. 75 % респондентов довольны занятиями спортом, 50 % уверены, что занятия спортом не помогают в учебе, 25 % успевают больше, когда тренируются, 11,5 % считают, что сбивается имидж спортсмена и помогает в учебе.

В заключении отметим, что в целом организация и методика проведения учебно-тренировочных занятий 96,0 % студентов нравится. Для улучшения качества учебно-тренировочного процесса в вузе 51,9 % студентов предложили увеличить число спортивных соревнований.

**Влияние занятий физической культурой с элементами дзюдо
на уровень физической подготовленности
и соматическое здоровье студентов**

Грищенко В.Н., Соколов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Физическая культура является неотъемлемой частью системы учебно-воспитательного процесса в вузе, который направлен на формирование физического, психического, духовного и социального здоровья студентов, овладение основами оздоровительной и прикладной направленности физической культуры, развитие физических качеств и двигательных способностей, повышение уровня физической подготовленности студентов.

Результаты медицинских и педагогических исследований свидетельствуют о неудовлетворительных показателях соматического здоровья студентов и низком уровне их физической подготовленности. Правильный подбор форм и средств физической культуры значительно улучшает весь процесс обучения новым двигательным действиям и формирует у студентов позитивное эмоциональное отношение к занятиям физической культурой в вузе.

Цель исследования – повышение эффективности влияния занятий по физической культуре у студентов с элементами дзюдо на уровень соматического здоровья и физической подготовленности.

Результаты проведенных исследований показали, что уровень соматического здоровья студентов повысился у юношей от 1 балла до 4, что соответствует уровню соматического здоровья ниже среднего. У девушек этот показатель улучшился с 1 (низкий уровень) до 8 баллов и стал средним.

Динамика приобретения специальных двигательных навыков у юношей 1 курса (67 %) и 2 курса (35 %) свидетельствует о достаточном уровне усвоения необходимых технических приемов у студентов. Аналогичная динамика приобретения специальных двигательных навыков зафиксирована и у девушек. Высокие результаты усвоения студентами специальных технических действий дзюдо свидетельствуют об их заинтересованности в овладении техникой этого вида спорта.

Таким образом, установлено, что при использовании в занятиях по физической культуре элементов дзюдо наблюдается статистически достоверная разница в показателях функционального состояния организма и качественная разница в уровне соматического здоровья студентов.

Повышение общей физической подготовленности студентов 18–20 лет при комплексной организации занятий физической культурой

Якубовский Д.А., Ермилов В.В., Кузьмицкая Е.А.
Белорусский национальный технический университет

Общая физическая подготовка – это процесс совершенствования физических качеств, направленный на всестороннее и гармоничное физическое развитие человека. Общая физическая подготовка является неотъемлемым компонентом физического воспитания, содержание которого ориентировано на повышение функциональных возможностей и общей работоспособности учащихся.

Цель исследования – изучение влияния комплексной организации занятий физической культурой на уровень общей физической подготовленности студентов 18–20 лет.

В эксперименте принимали участие 30 юношей 18–20 лет спортивно-технического факультета БНТУ (по 15 человек в контрольной группе и экспериментальной). Обе исследуемые группы занимались физическими упражнениями на основании типовой учебной программы по дисциплине «Физическая культура» для высших учебных заведений (раздел «лёгкая атлетика»). Количество занятий составило 24. В свою очередь, в экспериментальной группе при планировании частей занятий, отводящихся для развития физических качеств, использовались два подхода: комбинированный (развитие нескольких физических качеств на занятии) и «ритмичный» (на каждом занятии осуществляется направленное развитие конкретного физического качества). На начальном этапе занятий применялся подход, который за относительно короткое время способствовал быстрому росту основных физических качеств. На последующих занятиях использовался другой подход, обоснованный тем, что при достижении определенного уровня физических качеств необходимо концентрированное воздействие на них.

Интегральным показателем общей физической подготовленности испытуемых был выбран средний балл результатов тестов. В контрольной группе в начале эксперимента он равнялся 6,7, а в конце – 6,9 балла, в экспериментальной он составил 6,5 и 8,4 балла соответственно.

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно констатировать, что общую физическую подготовленность студентов на занятиях физической культурой лучше повышать при комплексной их организации.

Обеспечение вариативности силовой нагрузки при выполнении бросков в спортивной борьбе на основе управления инерционными характеристиками специального тренировочного устройства

Семенюк М.В.

Белорусский национальный технический университет

Совершенствование бросков в спортивной борьбе – сложный и трудоемкий процесс, что обусловлено структурой данных технических приемов и условиями их выполнения в соревновательном поединке. Эффективное решение задач технической подготовки может быть осуществлено посредством тренировочных устройств, имеющих конструктивную возможность варьирования специфической нагрузки при выполнении специально-подготовительных и соревновательных упражнений. Наиболее часто используемыми тренировочными средствами являются броски партнера или борцовского манекена. Такие упражнения в большей степени отвечают принципу динамического соответствия.

Наиболее существенным фактором, определяющим уровень нагрузки и режим работы мышц атакующего спортсмена при выполнении броска, является момент инерции тела атакуемого спортсмена. В связи с этим было предложено специальное тренировочное устройство, обеспечивающее возможность варьирования специфической силовой нагрузки при выполнении бросков прогибом и через бедро за счет изменения момента инерции устройства.

Расчетным путем было установлено, что инерционные характеристики устройства существенно различаются в зависимости от взаимного положения грузов. Так, при расстоянии между грузами 1 мм момент инерции устройства составит $0,95 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Увеличение расстояния между грузами до 52 см (максимальная величина для данного регулируемого механизма) позволяет увеличить момент инерции до значения $3,66 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Взаимное перемещение грузов осуществляется за счет вращения винта, на который навинчены грузы. При вращении винта в одну сторону грузы сближаются, при этом уменьшается момент инерции устройства и, соответственно, специфическая силовая нагрузка, при вращении винта в другую сторону расстояние между грузами увеличивается, что способствует созданию большего момента инерции устройства и увеличению нагрузки. Следовательно, некоторое количество поворотов винта в одну или другую сторону соответствует строго определенному изменению специфической силовой нагрузки, в чем и заключается способ ее дозирования.

Функциональное состояние девушек 18–21 лет, занимающихся пилатесом

Демидович Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существует огромное количество оздоровительных программ, которые пользуются популярностью среди женского населения: шейпинг, аэробика, йога, бодифлекс, аквааэробика, пилатес.

Пилатес – оздоровительная система, объединяющая восточную и западную философию физического и умственного развития, направленная на одновременное укрепление, растягивание, тонизирование мышц.

На базе БНТУ в течение 2013/2014 учебного года был проведен констатирующий педагогический эксперимент, заключающийся в изучении влияния занятий по системе пилатес на функциональное состояние девушек. Была сформирована экспериментальная группа (n=10), в состав которой вошли студентки 18–21 лет. В основной части учебного занятия девушки выполняли базовые и модифицированные упражнения системы пилатес. Было проведено измерение жизненной емкости легких (ЖЕЛ), артериального давления (АД) в покое, частоты сердечных сокращений (ЧСС) в покое, проведение пробы Генчи (время задержки дыхания на вдохе). Посредством сравнения результатов тестирования в начале и по завершению эксперимента было определено влияние регулярных занятий пилатесом на функциональное состояние девушек 18–21 лет (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика функционального состояния девушек 18–21 лет

Статистические показатели	ЖЕЛ, л		Проба Генчи, с		АД в покое, мм. рт. ст.		ЧСС в покое, уд/мин	
	до	после	до	после	до	после	до	после
\bar{x}	2900	3400	30	46	124/79	118/81	67,2	60,6
t набл.	2,26		2,29		1,65		2,24	
t крит.	2,23		2,23		2,23		2,23	
P	<0,05		<0,05		>0,05		<0,05	

На основании проведенного исследования можно констатировать, что практически по всем исследуемым параметрам отмечалась тенденция к существенному улучшению показателей ($p < 0,05$).

Таким образом, целенаправленное использование на занятиях по физической культуре средств системы пилатес обеспечило повышение функционального состояния студенток. Для большего тренировочного эффекта и повышения физического состояния предлагается включить в занятия большее количество упражнений аэробного характера, а также добавить самостоятельные занятия циклическими видами спорта.

Анализ хронических заболеваний студентов БНТУ

Квятковская Н.А., Казакова Л.В, Дубойская М.В.
Белорусский национальный технический университет

Одной из наиболее острых проблем современного общества является сохранение здоровья студенческой молодежи. При этом по данным Министерства здравоохранения Республики Беларусь за последнее десятилетие в студенческой среде наблюдается рост заболеваний.

Целью нашего исследования являлось изучение динамики количества студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья, и выявление наиболее распространенных заболеваний. Для решения поставленной цели были проанализированы медицинские справки юношей и девушек 1–4-го курсов факультета информационных технологий, энергетического, автотракторного, приборостроительного и архитектурного факультетов Белорусского национального технического университета (n=1134).

Полученные результаты подтверждают сведения о том, что с каждым годом увеличивается количество студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья. Так, на 4-м курсе к специальному учебному отделению отнесено 196 человек, на 3-м – 247, на 2-м – 299 и на 1-м – 392. При этом общее количество человек, поступивших в университет с 2011 по 2014 год, постоянно уменьшалось. В ходе исследования было установлено, что по имеющемуся заболеванию к группе «А» относятся 40 % испытуемых (454 человека), к группе «Б» – 13 % (147 человек) и к группе «В» – 33 % (374 человека). Имеют 2 и более заболеваний, отнесенных к разным группам («А», «Б», «В»), 14 % юношей и девушек (159 человек).

Таким образом, выявлена общая тенденция к увеличению количества студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья. При этом наиболее распространенными являются заболевания группы «А» (заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной систем, нарушения функций органов зрения) и «В» (нарушения опорно-двигательного аппарата). Меньше всего встречаются заболевания группы «Б». К сожалению, наблюдается большое количество человек, которые имеют по два и более заболеваний, отнесенных к различным группам. На наш взгляд, это связано с ограничением двигательной активности молодежи, низкой мотивацией к занятиям физической культурой, а также большим количеством времени, проводимым за компьютером. Для укрепления и поддержания здоровья студентов необходимо применение дифференцированного подхода на занятиях по физической культуре, повышение их двигательной активности, формирование у них привычки к систематическим занятиям

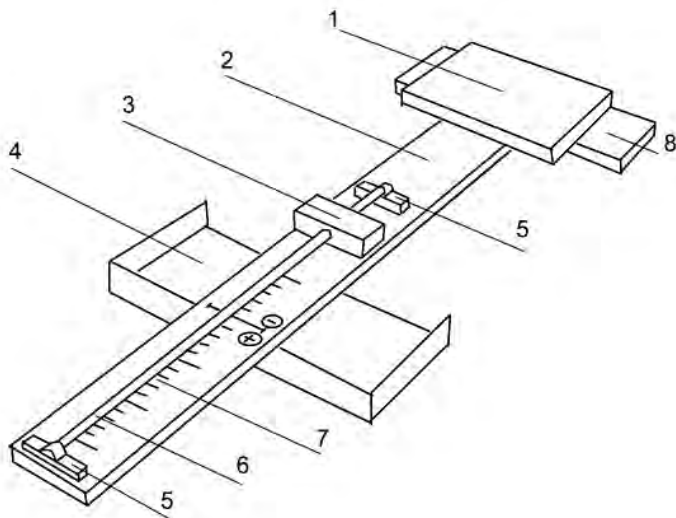
физической упражнениями и отказ от вредных привычек.

УДК 796.422.12

**Устройство для тестирования уровня гибкости
в крестцово-поясничном отделе позвоночника**

Колтунова А.Н., Иванский В.А., Кузьмицкая Е.А.
Белорусский национальный технический университет

Для определения гибкости позвоночника в крестцово-поясничном отделе нами создано устройство (рисунок).



1 – сиденье; 2 – основание; 3 – подвижный брусок; 4 – упор; 5 – фиксирующая клемма;
6 – направляющая трубка; 7 – шкала расстояния; 8 – опора сиденья

Рисунок – Устройство для тестирования уровня гибкости

Устройство работает следующим образом. Занимающийся без обуви садится на сиденье устройства и принимает исходное положение: пятки на линии нулевой отметки (касаются упора для ног, расстояние между пятками 20–30 см, ступни вертикально, руки вперед-внутри, ладони вниз). Выполняются три наклона с проталкиванием пальцами рук вперед подвижного бруска. Ноги в коленных суставах во время наклонов не сгибать. Результат засчитывается по конечному местоположению подвижного бруска с точностью до 1 см.

Повышение показателей кардиореспираторной выносливости девушек 17-19 лет средствами функциональной тренировки

Лашук А.В., Кривчик Н.А., Моисеенко В.С.

Белорусский национальный технический университет

По мнению большинства авторов, кардиореспираторная выносливость является наиболее важным компонентом физической подготовленности занимающихся. В последнее время для развития выносливости используются различные виды фитнеса. Одним из самых современных и эффективных является функциональная тренировка. Этот вид тренировки способствует функционированию всего организма, вовлекая в работу большое количество мышечных групп, адаптируя организм к разнообразным нагрузкам.

Цель исследования – повышение показателей кардиореспираторной выносливости девушек 17–19 лет средствами функциональной тренировки.

В педагогическом эксперименте приняли участие 40 девушек 17–19 лет факультета энергетического строительства БНТУ (по 20 человек в контрольной группе (КГ) и экспериментальной группе (ЭГ)). Обе исследуемые группы занимались физическими упражнениями на основании типовой учебной программы по дисциплине «Физическая культура» для высших учебных заведений (раздел «аэробика»). Если КГ занималась только классической аэробикой, то занятия ЭГ состояли из другого вида фитнеса – функциональной тренировки. Эксперимент длился 2 месяца. В начале и конце исследования были проведены следующие функциональные пробы, характеризующие общий уровень тренированности человека: Штанге, Генчи, ЧСС (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика показателей кардиореспираторной выносливости испытуемых

Группа	Статистические показатели	Проба Штанге, с	Проба Генчи, с	ЧСС, уд/мин
КГ	Х±σ до ПЭ	39,3±2,3	29,4±2,0	71,2±2,4
	Х±σ после ПЭ	43,4±2,9	31,5±2,4	69,1±2,2
ЭГ	Х±σ до ПЭ	40,1±2,1	29,7±2,3	70,9±2,2
	Х±σ после ПЭ	45,8±1,9	34,1±1,8	66,7±2,1

Таким образом, 2-месячная программа занятий функциональной тренировкой положительно повлияла на состояние кардиореспираторной выносливости испытуемых. Результаты функциональных проб у студентов ЭГ достоверно улучшились по сравнению с КГ.

**Анализ профиля осанки студентов 1-го курса
механико-технологического факультета БНТУ**

Петровская О.Г., Камыда Д.Е.

Белорусский национальный технический университет

Проблема нарушений функций опорно-двигательного аппарата была признана ВОЗ главным направлением исследований на период 2000–2010 гг. По результатам профилактических осмотров детей до 17 лет включительно за последние 4 года в 3 раза выросло количество впервые выявленных нарушений осанки.

Нарушения осанки – наиболее частый вариант неструктурных статических деформаций позвоночника, поддающихся волевой коррекции. Эксперты выделяют следующие факторы, оказывающие негативное влияние на изменение осанки студентов: недостаточный двигательный режим (51,6 %), низкий уровень физического состояния (48 %), неправильное физическое воспитание (43,8 %), заболевания (39,1 %), нарушения гигиенических условий режима учебы и труда (34,4 %), наследственность (29,7 %), низкая мотивация на формирование правильной осанки (24,9 %). В этих условиях первоочередное значение приобретает оперативная диагностика.

Нами представлены результаты определения профиля осанки 30 студентов 1-го курса механико-технологического факультета БНТУ на основании визуального осмотра и по результатам измерения кривизны позвоночника с использованием приспособления «тест-экран». Согласно диагнозам, указанным в медицинских справках, только у 13,3 % респондентов наблюдается клинически зафиксированная форма сколиоза 1 степени. По результатам исследования нарушения осанки выявлены у 96,7 % студентов: нарушена симметрия спины (30,0 %), нарушено положение головы (76,6 %), плеч и лопаток (83,3 %), таза (46,6 %), несимметричны треугольники талии (80,0 %), отмечено различие в длине ног (6,6 %) и деформации стоп (20,0 %). В положении наклона нарушена симметрия спины с деформацией в сторону ведущей руки (93,3 %). У ряда респондентов наблюдается гиперлордоз (23,3 %), увеличение грудного кифоза (23,3 %) или уплощение спины (26,6 %). При сборе анамнеза 16,6 % студентов высказали жалобы на постоянные болезненные ощущения в проблемных отделах позвоночного столба, а у 23,3 % зафиксирована болезненность стоп. Анализ полученных результатов позволяет составить индивидуальные профили осанки и рекомендовать корректирующие комплексы упражнений.

**Изменение показателей морфологического развития
квалифицированных пауэрлифтеров**

Пронович Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Исследование проводилось с целью изучения динамики мышечной, жировой, костной масс тела квалифицированных пауэрлифтеров в течение годового цикла тренировки.

В качестве экспериментального фактора была применена разработанная нами методика, внедренная в учебно-тренировочный процесс сборной команды БНТУ по пауэрлифтингу. Особенностью методики является рациональное соотношение применяемых средств, методов специальной силовой подготовки, режимов мышечной деятельности в подготовительном и соревновательном периодах годового цикла тренировки квалифицированных пауэрлифтеров.

Педагогический эксперимент имел продолжительность 33 недели. В нем принимала участие 19 квалифицированных спортсменов мужского пола, специализирующихся в пауэрлифтинге, имеющих спортивную квалификацию 1-го разряда, кандидата в мастера спорта, мастера спорта. Возраст испытуемых – от 19 до 29 лет. Программа статистической обработки фактического материала проведенного исследования предусматривала внутригрупповой анализ показателей, а также анализ прироста результатов, что предполагало собой расчет средней арифметической величины, дисперсии, среднего квадратичного отклонения, стандартной ошибки среднего арифметического и проверку ряда выборочных совокупностей для попарно зависимых выборок на нормальность распределения по критерию Шапиро-Уилки.

В результате исследования установлено следующее: достоверно увеличилась масса тела на 8,85 % ($p < 0,05$) за счет увеличения абсолютной мышечной массы тела на 21,36 % ($p < 0,05$) и относительной – на 11,28 % ($p < 0,05$), а также уменьшения абсолютной на 22,60 % ($p < 0,05$) и относительной на 28,64 % ($p < 0,05$) жировой массы тела. Абсолютный показатель костной массы тела уменьшился на 2,12 % ($p < 0,05$), а относительный – на 10,15 % ($p < 0,05$). Длина тела достоверно не изменилась ($> 0,05$).

Таким образом, изменение массы тела квалифицированных пауэрлифтеров в течение годового цикла тренировки происходит за счет увеличения мышечного компонента с одновременным уменьшением жирового компонента при относительной инертности изменений костного компонента.

Факторный анализ показателей морфофункционального состояния и силовой подготовленности пауэрлифтеров высокой квалификации

Пронович Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Цель исследования заключалась в установлении зависимости результата соревновательных упражнений (следственный фактор) от показателей морфофункционального состояния и силовой подготовленности (причинный фактор) квалифицированных пауэрлифтеров. Для достижения цели был проведен корреляционный анализ 39 морфофункциональных показателей и показателей специальной силовой подготовленности у спортсменов – мастеров спорта ($n=10$).

Установлена сильная связь упражнения «приседание» с показателями относительной жировой массы тела ($r=-0,703$) ($p<0,05$), относительной силы разгибателей ног ($r=+0,703$) ($p<0,05$), взрывной силы разгибателей ног (прыжок вверх) ($r=+0,708$) ($p<0,05$); функциональная связь установлена с показателем абсолютной силы разгибателей ног ($r=+1$) ($p<0,05$). В упражнении «жим штанги лежа» сильная связь установлена со следующими показателями: абсолютный показатель PWC_{170} ($r=+0,839$) ($p<0,05$), абсолютный показатель МПК ($r=+0,839$) ($p<0,05$); функциональная связь установлена с показателем абсолютной силы разгибателей рук ($r=+1$) ($p<0,05$). В упражнении «тяга» установлена сильная связь с показателями относительной становой силы ($r=+0,757$) ($p<0,05$), взрывной силы разгибателей ног (прыжок в длину с места) ($r=+0,707$) ($p<0,05$); функциональная связь установлена с показателем абсолютной становой силы ($r=+1$).

Таким образом, у пауэрлифтеров – мастеров спорта результат в упражнении «приседание» достоверно будет улучшаться при уменьшении такого фактора, как относительная жировая масса тела и увеличения таких факторов, как абсолютная сила разгибателей ног, относительная сила разгибателей ног, взрывная сила разгибателей ног (прыжок в длину с места). В упражнении «жим штанги лежа» результат достоверно будет улучшаться при увеличении таких факторов, как абсолютная физическая работоспособность (PWC_{170}), абсолютное максимальное потребление кислорода, абсолютная сила разгибателей рук. В упражнении «тяга» результат достоверно будет улучшаться при увеличении таких факторов, как абсолютная становая сила, относительная становая сил, взрывная сила разгибателей ног (прыжок в длину с места).

Обоснование применения разнообразных средств на занятиях по физической культуре в специальном учебном отделении

Синявская Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

Комплексное применение средств циклического и ациклического характера, традиционных и нетрадиционных упражнений позволяет развивать на занятиях необходимые физические качества и способности без ущерба для здоровья студентов.

Следует также помнить, что важнейшей составной частью практических занятий является врачебно-педагогический контроль. Регулярное исследование функционального состояния с помощью простых проб способствует уточнению дозирования физических нагрузок. Актуальна для специального учебного отделения (СУО) проблема принятия контрольных нормативов. Данные педагогического наблюдения в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) убеждают, что полученные результаты тестирования физической подготовленности студентов СУО не всегда отражают действительный уровень развития физических качеств.

Дополнительной проблемой физического воспитания стал пересмотр медицинских критериев для направления в учебные отделения. В результате произошло значительное перераспределение студентов в СУО из отделения лечебной физической культуры (с диагнозом «пролапс митрального клапана» студент может быть направлен в основную группу для занятий физической культурой). Это усложняет методическое сопровождение физического воспитания и является основанием для корректировки программ и методик проведения занятий со студентами СУО.

Одним из способов решения задач физического воспитания в СУО может быть разработка методики проведения занятий, в которой выполнялся бы подбор и дозирование упражнений не только в соответствии с заболеваниями, но и с учетом сложности упражнений и направленности на развитие физических качеств. Следует также учитывать интерес студентов к выполнению различных упражнений. Как показали исследования, частью подобной методики могут стать такие средства, как карате-до шотокан, дыхательные и динамические упражнения, статические позы и статико-динамические упражнения.

Анализ соревновательной деятельности фехтовальщиков высшей квалификации на шпагах

Смоляков Ю. Т., Лашук А.В., Яковец С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Важное значение для ускорения процесса повышения мастерства подготовки спортсменов высшего класса имеют объективные данные о закономерностях и индивидуальных особенностях специализированной деятельности, наиболее эффективного арсенала действий нападения, обороны и подготовки, их технико-тактических разновидностей.

Для изучения арсенала боевой оснащённости фехтовальщиков на шпагах, объемов и эффективности применения действий различной технико-тактической разновидности в соревнованиях был использован метод нотационной записи. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что во всех ступенях соревнований наибольший объем применения имели атакующие действия. Отмечается тенденция увеличения количества атакующих действий по мере приближения к финальным боям: с 51,8 % – в 1/16 ступени до 61,3 % – в полуфинале.

Количество защитно-ответных действий по мере продвижения спортсменов от предварительных к финальным боям существенно уменьшается (с 19,3 до 8,6 %), что можно объяснить трудностью их применения в боях между приблизительно равными по силам соперниками. Это привело к значительному увеличению контратакующих действий (с 15–17 % в предварительных соревнованиях до 22,7 % – в полуфинале). В финальных боях шпажистов, в сравнении с полуфинальными, произошло увеличение защитно-ответных и контратакующих действий при резком сокращении атак (на 9,2 %). Однако, при сокращении объема атакующих действий в финальных боях, существенно возрастает (на 23,4 %) их результативность. Сокращение количества атакующих действий объяснимо более тщательной подготовкой момента и выбором сектора нанесения укола. Увеличение количества защитно-ответных действий в финальных боях сопровождается некоторым снижением их результативности. В свою очередь, увеличение количества контратак шло параллельно с повышением их результативности.

Выявление закономерностей изменения значимости отдельных боевых средств с ростом или снижением их эффективности по мере продвижения спортсменов в многоступенчатой системе соревнований по фехтованию ставит задачи оперативного реагирования их боевым арсеналом, применения методов управления тренировочной и соревновательной деятельностью с целью достижения наилучшей боевой оснащённости.

**Основы формирования здоровья студентов
специального учебного отделения БНТУ**

Соусь Л.Н.

Белорусский национальный технический университет

Здоровый образ жизни (ЗОЖ) является частью общей формы жизнедеятельности студентов и характеризуется единством и целесообразностью процессов самодисциплины и саморазвития в общекультурном и профессиональном развитии. Здоровье должно стать первой потребностью студента. Лишь тогда удовлетворение этой потребности превратится в чувство ответственности за сохранение собственного здоровья и будет проявляться в единстве стиля поведения, способности формировать себя как личность в соответствии с собственными представлениями о полноценном в духовном, нравственном и физическом отношении к жизни.

Нами были проведены исследования, с целью оценки здоровья и мотивации к формированию ЗОЖ у студентов 1-3 курсов специального медицинского отделения (СУО). Тесты, проводимые в начале, середине и конце каждого семестра, показали, что чем выше значение корреляции, тем лучше состояние здоровья студента. В исследовании также использовался комплекс психолого-педагогических методов анкетирования и тестирования, разработанный и внедренный на кафедре физической культуры БНТУ. Анкеты состояли из трех основных блоков вопросов. Первый блок предусматривал выявление мнения студентов об их собственном здоровье, отмечались патологии при родах матери, хронические диагнозы, перенесенные в детстве, диагнозы, с которыми студент был определен в группу СУО. Второй блок давал возможность определить мотивы, которыми руководствуются студенты, занимаясь на СУО физической культурой, их влияние на укрепление здоровья и развитие профессиональных и морально-волевых качеств. Третий блок был направлен на выявление факторов, оказывающих влияние на занятия студентами физической культурой, в том числе проведен блок тестов, определивший функциональное состояние студента.

Материалы анкетирования обобщены и учтены при определении путей совершенствования физического воспитания и укрепления здоровья студентов. Разработанные и предложенные методики экспресс-оценки физического здоровья и психолого-педагогическое анкетирование позволяют индивидуализировать процесс физического воспитания, повысить мотивацию к физическому самосовершенствованию, улучшить и управлять состоянием здоровья студентов в рамках учебного процесса.

Естественные и точные науки

**Естественно-научные
дисциплины**

Особенности инвестиций в человеческие ресурсы организации

Воронова Н.П.¹, Макарова А.Н.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный экономический университет

Инвестиции в человеческой организации – это действия материального, интеллектуального или морального характера, направленные на получение организацией максимально возможных дивидендов путем реализации профессиональных, культурно-мировоззренческих и социально-психологических возможностей человеческого капитала организации с минимальными потерями. При инвестициях в человеческий капитал необходимо учитывать следующие факторы.

1. Инвестиции в человеческий капитал организации могут осуществляться как в материальной, так и в нематериальной форме.

2. Степень риска и неопределенности инвестиций в человеческий капитал организации намного превышает эти же показатели по материальному капиталу, что обусловлено влиянием мобильности рабочей силы, смертности, стихийных бедствий и т.д.

3. Инвестиции в человеческий капитал организации необходимо осуществлять поэтапно в зависимости от текущей стратегии деятельности и задач предприятия.

4. Инвестиции в человеческий капитал организации должны окупаться в течение одного цикла.

5. Объем возможных и допустимых инвестиций в человеческий капитал определяется длительностью и важностью цикла для эффективности организации.

6. Инвестиции, осуществляемые на уровне организации, делятся на две категории в зависимости от возможностей использования полученных результатов разными группами бенефициаров:

- универсальные инвестиции способны приносить доход индивидууму и после прекращения трудовых взаимоотношений с организацией на территории любого региона, в любой сфере деятельности;

- специализированные инвестиции способны приносить дивиденды в случае трудовой деятельности носителя в организации-инвесторе. Основной получателем дивидендов – компания, а затем – сотрудник. К получателям дивидендов в опосредованной форме также относятся регион и государство, на территории которого функционирует фирма. Они заинтересованы в увеличении инвестиций в человеческий капитал организации, что будет способствовать росту экономического благополучия.

Перспективность совместной переработки торфа и рапсового шрота с получением гуматсодержащего препарата, обогащенного аминокислотами

Наумова Г.В., Макарова Н.Л., Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф.
Институт природопользования НАН Беларуси

Перспективным сырьем для получения биологически активных препаратов, обладающих ростстимулирующим действием, является торф – источник биологически активных соединений, в том числе гуминовых веществ, образующихся в торфяной залежи. Препараты, получаемые на основе торфа, проявляют многоплановое действие на живую клетку, ускоряя энергетические и обменные процессы, стимулируя поступление питательных веществ, рост и деление клеток.

Биологическое действие гуминовых препаратов, получаемых на основе торфа, можно существенно усилить путем использования в качестве добавок к исходному сырью целого ряда растительных отходов (рапсовый шрот, ростки солода, свекловичный жом и др.), которые обогащают целевые продукты дополнительно новыми биологически активными соединениями, обеспечивая синергизм действия получаемого комплексного препарата. В этой связи предложено использовать при получении нового регулятора роста растений, как добавку к торфяному сырью рапсовый шрот, богатый белковыми соединениями, способными разрушаться при химической обработке с образованием низкомолекулярных азотсодержащих компонентов.

Рапсовый шрот содержит значительные количества аминокислот, которые, как известно, являются не только исходным материалом при синтезе белков, но и играют многогранную биологическую роль. В рапсовом шроте идентифицированы практически все аминокислотные компоненты белков, в том числе биологически активные — аланин, треонин, пролин, тирозин, фенилаланин, лейцин, лизин, глицин, аргинин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты. При этом он может служить также источником биогенных аминов – продуктов декарбоксилирования аминокислот, обладающих высокой биологической активностью.

Химический состав рапсового шрота представлен также витаминами, ферментами, пектинами, фенольными соединениями.

Таким образом, совместная переработка комплексного торфо-рапсового сырья является целесообразной, так как целевой продукт обогащается биологически активными соединениями – активизированными гуминовыми веществами торфа, и аминокислотами и другими биологически активными соединениями из рапсового шрота.

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

Современное развитие индустрии упаковки сопровождается непрерывным ростом объемов отходов бытового потребления, что является одной из глобальных проблем современного общества и обуславливает усиление внимания к вопросам сбора и рециклинга отходов тары и упаковки.

Как известно, к упаковке предъявляют следующие основополагающие требования: безопасность, экологические свойства, надежность, совместимость, взаимозаменяемость, экономическая эффективность.

Традиционными подходами к снижению экологического воздействия упаковки являются: сокращение содержания в упаковке и упаковочных отходах вредных веществ, уменьшение объема производимой упаковки на единицу упакованного товара, снижение массы образующихся и не утилизируемых отходов упаковки.

Опыт стран с развитой экономикой показывает, что для того чтобы сделать упаковку экологически чистой, производители могут действовать в следующих направлениях: избавиться от многослойности или использовать меньшее количество материала, производить тару с возможностью ее повторного использования, выпускать многофункциональную упаковку, для производства упаковки применять материалы, пригодные для дальнейшей переработки или безопасной утилизации.

На основании анализа накопленного международного опыта и оценки современной ситуации основными приоритетами для нашей страны должны быть: совершенствование механизмов стимулирования и вовлечения населения в раздельный сбор отходов упаковки, внедрение депозитной системы на упаковку, как дополнительного механизма стимулирования населения к сбору и передаче на повторное использование отходов упаковки, регулирование типов производимых и используемых упаковок в пользу легкоперерабатываемых и экологобезопасных, активное применение методов «анализа жизненного цикла» (LCI) и его оценки (LCA), возложение на производителей и поставщиков упаковки обязанности по организации и финансированию системы сбора и использования (утилизации) отходов, образующихся после утраты потребительских свойств упаковки (реализация принципа расширенной ответственности производителей), развитие экологического маркетинга. Важно, чтобы осуществление обозначенных выше подходов не привела к ухудшению защитных функций упаковки.

Инверсия при решении алгебраических и геометрических задач

Ревтович В.Н., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

Преобразование инверсии, при котором прямая может перейти как в прямую, так и в окружность, является эффективным средством решения задач.

Рассмотрим сначала инверсию относительно прямой как средство построения графиков функций.

Определение 1. Точка $B(x_1; y_1)$ называется *инвертной* точке $A(x_2; y_2)$ относительно оси Ox , если они лежат по одну сторону относительно оси Ox , отрезок перпендикулярен оси Ox и произведение ординат этих точек равно единице: $y_1 \cdot y_2 = 1$

При инверсии относительно оси Ox точка $(x; 0)$ переходит в точку $(x; \infty)$ и наоборот. Точка $(x; 1)$ переходит в саму себя.

Пример 1. Построить график функции $y = 1/|x-1|$.

Решение. Построим вспомогательный график $y = |x-1|$. Затем проведем преобразование инверсии относительно оси Ox и определим, куда переходят характерные точки. Например, точки, инвертные точкам $(1; 0)$, $(0; 1)$, $(3/2; 1/2)$; $(-3; 4)$ будут $(1, \infty)$, $(0; 1)$, $(3/2; 2)$, $(-3; 1/4)$. Графики обеих функций представлены на рис. 1.

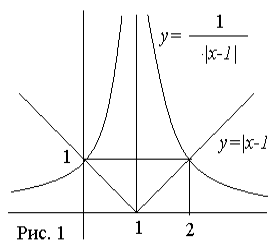


Рис. 1

Рассмотрим инверсию как метод решения геометрических задач.

Определение 2. *Инверсией относительно окружности* с центром O и радиусом R называется преобразование, переводящее точку A , отличную от O , в точку B , лежащую на луче OA на расстоянии R^2 / OA от точки O .

Пример 2. В сегменте вписываются всевозможные пары касающихся окружностей. Найти множество их точек касания.

Решение. При инверсии с центром в вершине A сегмента конфигурация, представленная на рис. 2, перейдет в пару касающихся окружностей, вписанных в угол с вершиной C (C -образ точки B). Множество точек касания таких окружностей есть биссектриса угла. Искомое множество является ее образом при инверсии, а именно, дугой окружности с концами AB , делящей пополам угол между дугой сегмента и хордой AB .

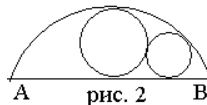


рис. 2

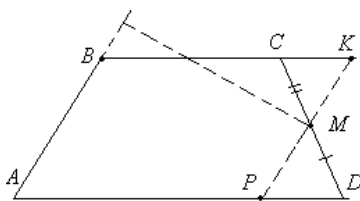
Использование в решении задач равновеликих фигур

Чернявская С.В., Ревтович В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Эффективным приемом, облегчающим решение задач на вычисление площадей фигур, является метод перегруппировки площадей, то есть замена частей фигур равновеликими, но более простыми для нахождения площади.

Пример 1. В трапеции $ABCD$ боковая сторона AB равна a .

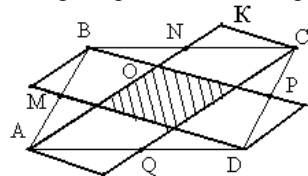


Перпендикуляр, проведенный из середины стороны CD на противоположную сторону или ее продолжение равен b . Найти площадь трапеции.

Решение. Через середину CD (точку M) проведем прямую PK , параллельную AB (см. рис.). Из равенства треугольников MKC и MPD следует равенство площадей трапеции и параллелограмма $ABKP$. *Ответ:* $S=ab$.

Аналогичная по принципу решения задача предлагалась в централизованном тестировании в 2012 году. Приведем ее в качестве следующего примера.

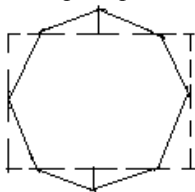
Пример 2. Площадь прямоугольника $ABCD$ равна 20. Точки M, N, P, Q –



середины сторон AB, BC, CD, AD соответственно. Найти площадь четырехугольника, заключенного между прямыми AN, BP, CQ, DM .

Решение. Пусть O – точка пересечения прямых AN и BP . Продлим AN за точку N на отрезок NK , равный ON . Очевидно, что треугольники BON и CKN равны. Проведя аналогичное построение на остальных сторонах прямоугольника, получим фигуру, состоящую из пяти одинаковых частей, равновеликую прямоугольнику $ABCD$. Следовательно, площадь одной такой части равна 4. *Ответ:* 4.

Пример 3. Доказать, что площадь правильного восьмиугольника равна



произведению длин наибольшей и наименьшей его диагоналей.

Решение. Перегруппируем площади так, как показано на рисунке. В результате получим прямоугольник, стороны которого равны наибольшей и наименьшей диагоналям восьмиугольника.

Алгоритм обработки результатов промежуточного тестирования при обучении студентов БНТУ математике и физике

Канашевич Т.Н, Шумская М.О.

Белорусский национальный технический университет

Для оптимизации обработки результатов промежуточного тестирования в рамках мониторинга качества образования студентов БНТУ по дисциплинам «Математика» и «Физика» нами разработан алгоритм, который определяет последовательность действий, направленных *оперативное определение уровня эффективности учебной деятельности студентов и путей ее оптимизации до плановой аттестации за семестр*. При разработке алгоритма мы руководствовались следующими требованиями: *целенаправленности* на выявление *актуального уровня подготовки* по дисциплинам на промежуточном этапе обучения; *объективности* оценки результатов выполнения теста, исключения, с одной стороны, возможности случайного угадывания ответа, с другой стороны, ошибки при проверке; *информативности* данных обработки, то есть их количество и достоверность должны позволять комплексно оценить состояние изучаемого процесса.

Алгоритм обработки результатов промежуточного тестирования по математике и физике студентов 1-2 курсов БНТУ включает шесть шагов:

- 1) Проверка правильности решения заданий теста;
- 2) Оценка результатов выполнения теста в соответствии с десятибалльной системой оценивания;
- 3) Определение средних показателей выполнения теста группой студентов, несколькими группами (поток) и несколькими потоками (курсом);
- 4) Выявление средних показателей выполнения каждого задания теста группой студентов, несколькими группами (поток) и несколькими потоками (курсом);
- 5) Определение и ранжирование видов ошибок, допущенных студентами в решениях;
- 6) Вычисление коэффициента эффективности учебной деятельности студентов на промежуточном этапе обучения.

Данные полученные при использовании алгоритма обработки результатов промежуточного тестирования по математике и физике позволяют установить: *качество подготовки по дисциплине, степень усвоения каждого из разделов изучаемой темы, типичные ошибки, допускаемые студентами, уровень их предметной подготовки на промежуточном этапе обучения и эффективности учебной деятельности*.

Решение задач по физике повышенного уровня сложности

Малашонок В.А.

Белорусский национальный технический университет

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, в частности, при решении группы задач из раздела «Электродинамика. Постоянный электрический ток». Особенно это становится актуальным, когда задача является составной, то есть представляет из себя совокупность более простых задач, решение и ответы к которым абитуриент заранее может знать.

Например. 1. Если два разных сопротивления R_1 и R_2 подключить поочередно к одному и тому же источнику постоянного тока, и каждый раз во внешней цепи будет выделяться одинаковая мощность, то внутреннее сопротивление источника будет равно $r = \sqrt{R_1 \cdot R_2}$. Или же, если два разных сопротивления R_1 и R_2 подключить к одному и тому же источнику постоянного тока один раз последовательно, а другой раз параллельно, и каждый раз во внешней цепи будет выделяться одинаковая мощность, то внутреннее сопротивление источника также будет равно $r = \sqrt{R_1 \cdot R_2}$.

2. Если к источнику постоянного тока подключить внешнее сопротивление R , мощность, выделяемая во внешней цепи, будет максимальна, если внутреннее сопротивление источника будет равно $r = R$.

Используя приведенные результаты двух приведенных задач, решение каждой из которых требует существенных затрат времени и знания нестандартных приемов, которые в рамках базовой программы не изучаются, можно успешно решать задания ЦТ еще более высокого уровня сложности.

Пример. Два сопротивления $R_1=4$ Ом и $R_2=0,64$ Ом подключены к одному и тому же источнику постоянного тока один раз последовательно, а другой раз параллельно, и каждый раз во внешней цепи выделяется одинаковая мощность. Ток короткого замыкания источника составляет $I_{кз}=20$ А. Определите максимальную мощность, которая может выделяться во внешней цепи.

Решение. Внутреннее сопротивление источника равно $r = \sqrt{R_1 \cdot R_2} = 1,6$ Ом. ЭДС источника $E = I_{кз} \cdot r = 32$ В. Если $r = R$, то мощность, выделяемая во внешней цепи будет максимальна и составит

$$P = P_{\max} = I^2 R = \frac{E^2 R}{(r+R)^2} = \frac{E^2}{4r} = 160 \text{ Вт.}$$

УДК 53 (076.2) (07.07)

Анализ методов решения задач с использованием закона сохранения энергии в механике и электродинамике

Золотарева Л.Е., Жарихина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Закон сохранения энергии (ЗСЭ) является фундаментальным законом природы. Этот закон выполняется во всех природных процессах, включая физические процессы.

Применение закона сохранения энергии к физическим задачам по механике и электродинамике значительно упрощает их решение как для систем, не имеющих потерь, так и к диссипативным системам.

В качестве примера преимущества применения ЗСЭ при решении задач в разделе «Механика» рассмотрено движение тела по наклонной плоскости. Конечно, решать такие задачи можно и с использованием 2-го закона Ньютона. Но этот метод решения достаточно длительный и довольно сложный. Во-первых, нужно указать все действующие на тело силы. Во-вторых, приведенные силы правильно спроектировать на оси выбранной системы координат, учтя знаки их проекций. В-третьих, решить систему алгебраических уравнений. В-четвертых, если даны кинематические уравнения движения, то их также нужно использовать для нахождения отдельных физических величин, входящих в систему алгебраических уравнений. Гораздо проще в таких случаях использовать ЗСЭ как в случае наличия потерь в системе, так и в случае их отсутствия.

Рассмотрены и другие типы задач с анализом их решений традиционными методами и с использованием ЗСЭ. ЗСЭ практически всегда используется совместно с другим фундаментальным законом – законом сохранения импульса (ЗСИ). К такому типу задач относятся задачи на неупругое и упругое столкновение тел, определение скорости летящей пули с помощью баллистического маятника и др. В электродинамике применение ЗСЭ существенно упрощает решение типовых задач на движение заряженных частиц в электрических полях. Вместо применения закона Кулона и всех последующих уравнений этот закон позволяет значительно быстрее рассчитать работу, которая произведена движущейся заряженной частице в электрическом поле, скорость вылета её из конденсатора и др.

Таким образом, применение ЗСЭ значительно упрощает решение рассмотренных типов задач и, как следствие, сокращает время, затрачиваемое на их решение. А сокращение времени решения задач является одним из важнейших условий успешного прохождения централизованного тестирования по физике.

Тестовые технологии как способ контроля знаний и умений учащихся при обучении и подготовке к ЦТ

Золотарева Л.Е., Жарихина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Контроль результатов учебной деятельности учащихся с использованием тестов, аналогичных по своей структуре с заданиями на ЦТ, широко применяется в учебной практике. Но подобного типа тестовые задания практически лишены возможности способствовать изучению и углублению понимания теоретического материала.

В работе рассмотрены типы построения обучающих тестовых заданий, позволяющие закрепить знание теоретического материала и развить навыки его применения на практике при решении задач. К первому типу относятся ситуационные тесты, к которым даются правильные утверждения и их обоснования, включающие в себя теоретические выкладки, что позволяет учащимся не только узнать правильный ответ на то или иное утверждение, но и получить достаточный теоретический материал по изучаемой теме. Тесты, составленные по принципу «логические пары», также способствуют закреплению теоретического материала. Теоретический материал дается по ходу решения задач, что помогает лучше понять физический смысл каждого утверждения. Следующим этапом, целью которого является приобретение навыков использования полученных теоретических знаний на практике, являются тесты с ответами на задачи в короткой форме. Для решения этих задач необходимо знание нескольких (двух и более) физических законов. На примерах этого этапа тестов желательно решение задач доводить до конца в общем виде и подстановку численных значений физических величин делать в конечную формулу. Это позволяет проверить правильность решения задачи подстановкой размерностей физических величин в конечную формулу, а также способствует запоминанию размерностей физических величин. Завершающим этапом являются тесты с задачами, на которые требуется дать развернутые ответы. В этих задачах необходимо записывать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения. По рассматриваемому принципу могут быть построены тесты для проверки знаний учащихся на соответствующих этапах изучения материала по любой теме.

Применений различных типов тестов на стадии обучения и контроля знаний учащихся позволит значительно повысить уровень знаний по физике и подготовиться к сдаче ЦТ.

Изменение области определения при решении тригонометрических уравнений

Кленовская И.С., Юрковец Л.В.

Белорусский национальный технический университет

При решении некоторых тригонометрических уравнений может произойти изменение области определения. Это связано с использованием формул, у которых левая и правая части имеют разные области определения, причем правая часть имеет более узкую область по сравнению с левой.

Пример.

Решить уравнение: $\operatorname{tg}\left(x + \frac{\pi}{6}\right) + \operatorname{ctgx} = -\sqrt{3}$

Решение.

Область определения для данного уравнения:.

$$x \neq \pi n, n \in Z; x \neq \frac{\pi}{3} + \pi k, k \in Z.$$

Применим формулы

$$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{1 - \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta} \quad \text{и} \quad \operatorname{ctg}\alpha = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}.$$

Тогда получим

$$\frac{\operatorname{tg}x + \frac{1}{\sqrt{3}}}{1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{tg}x} + \frac{1}{\operatorname{tg}x} = -\sqrt{3}, \quad \frac{\sqrt{3}\operatorname{tg}x + 1}{\sqrt{3} - \operatorname{tg}x} + \frac{1}{\operatorname{tg}x} = -\sqrt{3} \quad (1)$$

Область определения полученного уравнения не содержит числа вида $x = \frac{\pi}{2} + \pi l, l \in Z$, но данные числа содержатся в области определения исходного уравнения. Поэтому проверяем, не являются ли числа $x = \frac{\pi}{2} + \pi l, l \in Z$ корнями данного уравнения.

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6} + \pi l\right) + \operatorname{ctg}\left(\frac{\pi}{2} + \pi l\right) = -\sqrt{3}, l \in Z.$$

Равенство верно, следовательно, $x = \frac{\pi}{2} + \pi l, l \in Z$ являются решениями данного уравнения. Решаем уравнение (1)

$$\frac{\sqrt{3}\operatorname{tg}x + 1}{\sqrt{3} - \operatorname{tg}x} + \frac{1 + \sqrt{3}\operatorname{tg}x}{\operatorname{tg}x} = 0, \quad \operatorname{tg}x = -\frac{1}{\sqrt{3}}, x = -\frac{\pi}{6} + \pi p, p \in Z.$$

Ответ: $\frac{\pi}{2} + \pi l, l \in Z; -\frac{\pi}{6} + \pi p, p \in Z.$

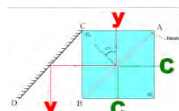
Горбацевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

Интерес к изучению предмета и важность знания фундаментальных законов для решения технических задач ярко демонстрируется на простом эксперименте с использованием всем доступного реквизита.

Для этого необходимо оборудование: две стеклянные призмы, плоское зеркало, шприц, вода, пластилин.

Две одинаковые прямоугольные призмы Π_1 и Π_2 составлены так, что между ними находится тонкий воздушный слой AB (на рисунке изображен вид сверху). Параллельно воздушному слою AB устанавливается зеркальце CD (для устойчивости на кусочек пластилина). На две грани помещаются буквы: $У$ и $С$.

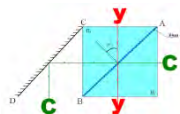


Луч света от буквы $У$ испытывает полное отражение на границе раздела AB (стекло-воздух), а также отражается от зеркальца и попадает в указанную зону (см. рис.).

Луч света от буквы $С$ испытывает только полное отражение на границе раздела AB (стекло-воздух) и попадает в указанную зону (см. рис.).

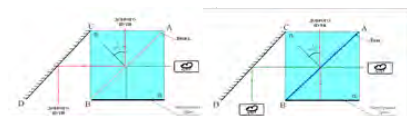
Если смотреть на выходящие лучи из призмы, то читается слово « $УС$ ».

Если воздушный зазор между гранями призмы заполнить водой (условный дождь), то картинка начинает меняться по мере заполнения воздушного пространства. В чем причина?



Абсолютные показатели преломления стекла и воды примерно равны, следовательно на границе раздела AB лучи света уже не испытывают полного отражения. Луч света от буквы $У$ проходит через обе призмы и попадает на место буквы $С$. Луч света от буквы $С$ проходит через обе призмы, отражается от зеркальца и попадает на место буквы $У$ (см. рис.). В данном случае уже читается слово « $СУ$ ».

Эту идею можно использовать в устройстве дорожного знака, информацией которого, будет управлять *сама природа*. Буквы $С$ и $У$ можно заменить на картинки, надписи. Тогда, если нет дождя, то с информационного знака будет читаться «Доброго пути». Если пойдет дождь, то информация поступит другая (текстовая или знаковая) с предупреждением о скользкой дороге.



Нестандартные логарифмические уравнения

Ковалёнок Н.В, Пинчукова С.П.

Белорусский национальный технический университет

Одни из самых сложных уравнений считаются те, которые содержат в своем условии параметр, так как решение может содержать достаточно большое количество различных вариаций, при которых ответы абсолютно различны.

Пример 1. Для всех действительных значений параметра a решите уравнение: $\log_2(3x^2 - 14x) = \log_3 5 / \log_3 2 + \log_2(ax - 5a + 1)$

Решение: $\log_3 5 / \log_3 2 + \log_2(ax - 5a + 1) = \log_2(5(ax - 5a + 1))$.

Значит исходное уравнение равносильно системе

$$\begin{cases} 3x^2 - 14x = 5(ax - 5a + 1) \\ 3x^2 - 14x > 0 \end{cases}$$

Решая первое уравнение относительно переменной x , находим корни

$x_1 = 5, x_2 = \frac{5a-1}{3}$. x_1 удовлетворяет условию $3x^2 - 14x > 0$. Для

корня x_2 получаем неравенство: $3\left(\frac{5a-1}{3}\right)^2 - 14\left(\frac{5a-1}{3}\right) > 0$, из него

получаем $a \in (-\infty; 1/5) \cup (3; +\infty)$.

Ответ: если $a \in (-\infty; 1/5) \cup (3; +\infty)$, то $x_1 = 5; x_2 = \frac{5a-1}{3}$;

если $a \in [1/5; 3)$, то $x = 5$.

Пример 2. Для всех действительных значений a решить уравнение

$$(3a-2)^2 \log_3(-4x-4x^2) = -(a+1)^2 \log_7(1-2x^2).$$

Решение: определим область допустимых значений

$$\begin{cases} 1-2x^2 > 0 \\ -4x-4x^2 > 0 \end{cases} \Rightarrow x \in \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}; 0\right). \quad 1-2x^2 < 1, -4x-4x^2 = 1-(2x+1)^2 \leq 1.$$

Значит, $\log_7(1-2x^2) < 0, \log_3(-4x-4x^2) \leq 0$. $(3x-2)^2 \log_3(-4x-4x^2) \leq 0$
 $(3x-2)^2 \log_3(-4x-4x^2) = -(a+1)^2 \log_7(1-2x^2) \geq 0$.

$$\begin{cases} (3x-2)^2 \log_3(-4x-4x^2) = 0 \\ (a+1)^2 \log_7(1-2x^2) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = -1/2 \\ a = -1 \end{cases} \quad \text{Ответ: если } a \in (-\infty; -1), \text{ то}$$

решений нет; если $a = -1$, то $x = -1/2$; если $a \in (-1; +\infty)$, то решений нет.

Уравнение в целых числах

Ковалёнок Н.В., Кленовская И.С.

Белорусский национальный технический университет

Диофантовым уравнением для целочисленных переменных x, y, \dots, z называется уравнение, которое может быть приведено к виду $P(x, y, \dots, z) = 0$, где P - некоторый многочлен от указанных переменных с целыми коэффициентами.

Пример 1. Решить в целых числах $x^4 - y^4 - 20x^2 + 28y^2 = 107$

Решение. Введем замену $x^2 = u; y^2 = v$, тогда $u^2 - v^2 - 20u + 28v = 107$ (*)

Рассмотрим как квадратное относительно u . Найденные корни левой части уравнения $u^2 - 20u + 28v - v^2 = 0$ $u_{1,2} = -10 \pm \sqrt{100 + v^2 - 28v}$. Для того, чтобы корни (*) были рациональными, подкоренное выражение должно быть полным квадратом, следовательно, уравнение (*) запишем в виде $u^2 - 20u + 28v - v^2 - 96 = 11$ (**)

$$u_{1,2} = 10 \pm \sqrt{100 - 28v + v^2 + 96} = 10 \pm \sqrt{v^2 - 28v + 196} = 10 \pm (v - 14)$$

$$u_1 = v - 4, u_2 = 24 - v$$

Иногда уравнение (**) имеет вид $(u - v + 4)(u + v - 24) = 11$

$$1) \begin{cases} x^2 - y^2 + 4 = 1 \\ x^2 + y^2 - 24 = 11 \end{cases} \text{ цел. реш. нет или } \begin{cases} x^2 - y^2 + 4 = 11 \\ x^2 + y^2 - 24 = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} (4; 3)(-4; -3) \\ (-4; 3)(4; -3) \end{matrix}$$

$$2) \begin{cases} x^2 - y^2 + 4 = -1 \\ x^2 + y^2 - 24 = -11 \end{cases} \begin{matrix} (2; 3)(-2; -3) \\ (-2; 3)(2; -3) \end{matrix} \begin{cases} x^2 - y^2 + 4 = -11 \\ x^2 + y^2 - 24 = -1 \end{cases} \begin{matrix} \text{цел. реш.} \\ \text{нет} \end{matrix}$$

Ответ: (4;3); (-4;-3); (-4;3); (4;-3); (2;3); (-2;-3); (-2;3); (2;-3).

Пример 2. Решить в целых числах $3x^2 + 7y^2 = 103$

Решение. Пусть $y = x + h$, где x, y, h целые числа.

$$\text{Тогда } 3x^2 + 7(x+h)^2 = 103.$$

Решаем уравнение относительно переменной x , где h - параметр. $10x^2 + 14xh + 7h^2 - 103 = 0$, $D = 4(-21h^2 + 1030)$. Необходимо чтобы $D \geq 0$, т.е. $-21h^2 + 1030 \geq 0 \Rightarrow -7 \leq h \leq 7$.

Далее находим h . Затем находим x при каждом найденном h и отбираем целые значения. Ответ: (-5;2); (-5;-2); (5;2); (5;-2).

Исследование кубических уравнений

Сенькова Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим примеры решения кубических уравнений.

Задача1. Решить уравнение $8x^3 - 6x - 1 = 0$.Решение: воспользуемся тригонометрической подстановкой. Так как $x = 0$ не является корнем исходного уравнения, то разделим его на $2x$:

$$4x^2 = \frac{1}{2x} + 3; \text{ Если } x < -1 \text{ или } x > 1, \text{ то левая часть уравнения больше}$$

4, а правая его часть - меньше 4, следовательно, корень уравнения $-1 \leq x \leq 1$.

Пусть $x = \cos \omega$, где $0 \leq \omega \leq \pi$, тогда получаем $8 \cos^3 \omega - 6 \cos \omega - 1 = 0$;

$$4 \cos^3 \omega - 3 \cos \omega = \frac{1}{2}; \cos 3\omega = \frac{1}{2}; \text{ Решением последнего уравнения}$$

являются $\omega = \frac{\pi}{9}(6n \pm 1)$, где n - число корней. Но $0 \leq \omega \leq \pi$, поэтому

$$\omega_1 = \frac{\pi}{9}; \omega_2 = \frac{5\pi}{9}; \omega_3 = \frac{7\pi}{9}. \text{ Получаем } x_1 = \cos \frac{\pi}{9}; x_2 = \cos \frac{5\pi}{9}; x_3 = \cos \frac{7\pi}{9}.$$

$$\text{Ответ: } x_1 = \cos \frac{\pi}{9}; x_2 = \cos \frac{5\pi}{9}; x_3 = \cos \frac{7\pi}{9}.$$

Задача2. Решить уравнение $x^3 - (\sqrt{2} + 1)x^2 + 2 = 0$

Решение: рассмотрим уравнение $x^3 - (a+1)x^2 + a^2 = 0$, оно совпадает с исходным уравнением при $a = \sqrt{2}$. Получаем $a^2 - ax^2 + x^3 - x^2 = 0$,

решением которого являются $a_{1,2} = \frac{x^2 \pm \sqrt{x^4 - 4x^3 + 4x^2}}{2} = \frac{x^2 \pm x(x-2)}{2}$, то

есть $a_1 = x^2 - x$ и $a_2 = x$. Поскольку $a = \sqrt{2}$, то, получаем $x^2 - x - \sqrt{2} = 0$

и $x = \sqrt{2}$. Отсюда три корня: $x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1 + 4\sqrt{2}}}{2}$ и $x_3 = \sqrt{2}$

$$\text{Ответ: } x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1 + 4\sqrt{2}}}{2}; x_3 = \sqrt{2}.$$

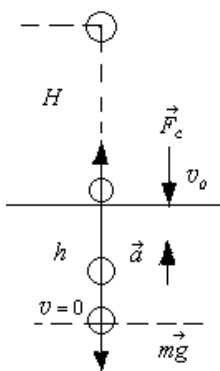
Предложенные исследования можно использовать при решении различных видов алгебраических и тригонометрических уравнений.

Научный подход к выбору методов решения задач по разделу «Механика»

Драпезо Л.И., Погудо Л.П.

В процессе решения задач часто возникают трудности в выборе метода решения задачи. Дело в том, что часто мы используем стандартный метод подхода к решению задач и забываем о некоторых законах природы. Один из них – это закон сохранения энергии. Из этого следует, что полная энергия системы не исчезает, а превращается в другие виды энергии. И еще одно утверждение: работа внешних сил над системой равна изменению энергии системы $A = \Delta W$.

В качестве примера предложим два метода решения одной из задач.



Задача. Тело массой $m = 10 \text{ кг}$, которое свободно падало без начальной скорости ($v_0 = 0 \text{ м/с}$) с высоты $H = 9,9 \text{ м}$, погрузилось в мягкий грунт земли на глубину $h = 10 \text{ см}$. Определить модуль средней силы $\langle F_c \rangle$ сопротивления грунта, действующей на тело.

Решение 1. Свободно падая, тело перед входом в грунт имело скорость, которая равна $v_0 = \sqrt{2gH}$ (1). В грунте на тело при его движении действуют две силы \vec{F}_c и \vec{mg} . Уравнение динамики движения тела имеет вид

$$ma = \langle F_c \rangle - mg \Rightarrow F_c = ma + mg = m(a + g) \quad (2).$$

Ускорение (a) определим из уравнения $h = v_0^2 / 2a \Rightarrow a = v_0^2 / 2h$, с учетом уравнения (1)

$$a = 2gh / 2h \Rightarrow F_c = m(gH / h + g) = mg(H + h) / h = 10kH$$

Решение 2. Наиболее рациональный метод. В – точка нулевого уровня потенциальной энергии тела. Следовательно, в точке А полная механическая энергия тела равна $W_1 = mg(H + h)$, в точке В – $W_2 = 0$. При движении в грунте сила сопротивления совершила работу $A_c = F_c \cdot h$. Эта работа изменила механическую энергию от $W_1 = mg(H + h)$ до $W_2 = 0$.

Т.к. $A_c = \Delta W \Rightarrow F_c \cdot h = mg(H + h)$, $F_c = \frac{mg(H + h)}{h} = 10kH$.

Очевидно, что решение 2 наиболее рационально.

Математика и приложения

**Использование математического моделирования для описания
анализа динамики колебательной системы
с электрореологической суспензией**

Воронович Г.К., Рейзина Г.Н., Коробко Е.В.
Белорусский национальный технический университет,
Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси

Актуальность виброзащиты непреходяща при эксплуатации различного рода машин и механизмов. Одним из новых направлений является использование в демпфирующих системах неньютоновских жидкостей, меняющих свои реологические свойства под воздействием наложенного электрического поля. Это так называемые реологические суспензии (ЭРС), созданные на основе полимерных сред. Они обладают упругими и вязкими свойствами, которые могут существенно повлиять на динамику колебательной системы (КС). Была поставлена задача отслеживания и корректировки динамических характеристик виброзащитной системы за счет наложения электрического поля на ЭРС. Для этого предложена следующая модель КС:

$$m\ddot{X} + s\tau(\dot{\gamma}, E) + \chi X = 0; \dot{\gamma} = \frac{X - u(t)}{h}; X(0) = \dot{X}(0) = 0,$$

где m – масса тела, X – смещение тела, соединенного с упругой пружиной жесткостью χ ; s – площадь поверхности соприкосновения с ЭРС виброизолируемого тела, $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига; τ – касательное напряжение; E – подаваемое напряжение, $u(t)$ – закон внешнего воздействия.

$$\tau = \eta(\dot{\gamma}, E) \cdot \dot{\gamma}, \quad \eta = \frac{\eta_0 K_1(E)}{[1 + (\lambda_0 K_2(E) \dot{\gamma})^2]^p},$$

где η_0 – начальная ньютоновская

вязкость, λ_0 – временная константа, связанная со временем релаксации жидкости. Учитывая особенности используемой ЭРС,

$$K_1(E) = (1 + 2,3E), \quad K_2 = (1 - 6E/7).$$

В режиме отслеживания величины смещения демпфирующего тела включается электрическое поле, когда происходит переход по смещению через заданную величину $X_{крит}$. Рост напряжения электрического поля E приводит к уменьшению упругих свойств ЭРС и росту составляющей жидкости, что приводит к усилению свойств ЭРС. Расчеты показывают, что упругость ЭРС оказывает существенное влияние на динамику КС, когда соизмерима с периодом собственных колебаний системы, но рост

вязкой составляющей ЭРС оказывает решающее воздействие на виброзащитный эффект КС.

УДК 51

**О словаре иностранных слов,
встречающихся в курсе дисциплины «Математика»**

Бричикова Е. А., Бричиков А. И.
Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный университет

Классическое образование предполагало изучение классических языков: греческого и латыни. Эти языки в своё время были языками науки. На латыни велась научная переписка, издавались научные труды. Как следствие этого большинство названий в математике имеют греческие или латинские корни, которые очень точно характеризуют предмет.

Современные студенты не владеют ни греческим языком (проблемы возникают даже с греческим алфавитом), ни латынью. Поэтому они воспринимают эти названия как что-то неизвестное и непонятное.

Одним из основных требований к чтению лекций является разъяснение новых терминов и названий. Это же относится и к практическим занятиям, на которых студенты знакомятся с различными темами курса и часто не понимают условия задач из-за того, что не знакомы с тем или иным названием. Отсюда следует, что на лекции по математике, когда мы вводим то или иное понятие, даем определение, обязательно следует сообщать студентам сведения о том, какое слово было первоисточником для данного названия. Тем более что оно несет в себе огромную информационную и смысловую нагрузку.

Для облегчения решения этой задачи был составлен словарь иностранных слов встречающихся в различных разделах курса дисциплины «Математика». Слова в нём расположены в алфавитном порядке. Для каждого слова приводятся сведения о тех иностранных словах, от которых происходит это название, и даётся их перевод.

Например:

Абсцисса. От лат. *abscissa* – отрезанная.

Ордината. От лат. *ordinatus* – расположенная в порядке.

Аппликата. От лат. *applicata* – приложенная.

Координаты. От лат. *co-* совместный, *ordinatus* – упорядоченный, определённый.

Словарь может оказать помощь преподавателям при подготовке к лекционным и практическим занятиям и студентам при изучении курса математики.

УДК 51(091)

**Кафедра высшей математики машиностроительного профиля
в 1976/1977 учебном году**

Бричикова Е. А.

Белорусский национальный технический университет

В 1976/1977 учебном году на кафедре математики машиностроительного профиля в штате числился 51 преподаватель. Среди них было 14 доцентов, 16 старших преподавателей и 22 ассистента. Наряду со штатными преподавателями было 10 преподавателей с почасовой нагрузкой и 2 преподавателя с почасовой нагрузкой в филиале в г. Жодино.

Кроме того на кафедре работали 6 человек учебно-вспомогательного персонала: заведующий лабораторией, старший лаборант и 4 лаборанта.

Средняя нагрузка по плану составляла 815 учебных часов на преподавателя, а фактически выполненная – 829 учебных часов.

Кафедра обслуживала машиностроительный, механико-технологический, автотракторный, инженерно-экономический, инженерно-педагогический, горно-механический факультеты, факультет иностранных студентов, подготовительное отделение, вечерний и заочный факультеты. Преподаватели кафедры принимали участие в работе факультета повышения квалификации для преподавателей техникумов, читали лекции по телевидению для студентов-заочников первого и второго курсов.

На кафедре велась научно-методическая работа. Из печати вышло 30 работ, которые написали преподаватели кафедры, из них 7 учебных пособий.

Преподаватели кафедры делали доклады на союзных и республиканских научных конференциях, совещаниях и семинарах. На III зональном совещании-семинаре заведующих кафедрами и ведущих лекторов математики вузов БССР, ЛитССР, ЛатССР, ЭССР и Калининградской области преподаватели кафедры выступили с 12 докладами.

Преподаватели кафедры проходили повышение квалификации на ФПК БГУ и ФПК МГУ и стажировку на кафедре математики МРТИ.

В течение учебного года работали методическая комиссия и методический семинар.

Практиковались взаимное посещение занятий с последующим обсуждением на заседаниях кафедры, прикрепление молодых преподавателей к опытным, контрольные посещения лекций и практических занятий заведующим кафедрой.

Математическое образование как фактор профессионализации курсанта военного учреждения образования

Габасова О.Р., Грекова А.В.

Белорусский национальный технический университет

Стремительное развитие и внедрение новых технологий, их конкуренция на мировом рынке, а также научно-технический прогресс предъявляют повышенные требования к качеству подготовки специалистов военных учреждений и, в частности, к их образованию по естественнонаучным дисциплинам. Если рассматривать блок естественнонаучных дисциплин как многогранник, то высшая математика является гранью, на которой держится этот блок. Задачи преподавания математики состоят в том, чтобы научить курсантов приемам исследования и решения математических задач; выработать у них умение анализировать полученные результаты, привить им навыки самостоятельного изучения литературы по математике и ее приложениям. По данным опроса курсантов 1-2 курса военно-технического факультета БНТУ 56% опрошенных нуждаются в дополнительных занятиях, 39% считают математику важной для специальности, 47% считают, что надо меньше времени уделять математике. Проведя сравнительный анализ успеваемости курсантов с 2010 по 2014 годы, нужно отметить, что намечается тенденция к снижению уровня знаний курсантов по математике. Одной из причин такого положения является ненадлежащее исполнение своих обязанностей "по вертикали" (ком. отделения – зам. комвзвода — ком. взвода — начальник курса), которое со временем приводит к "бойкотам" учебного предмета курсантами на практических и лекционных занятиях. На современном этапе стоит обращаться к инновационному подходу к обучению, где целью является выработка навыка приобретения знаний, осознание необходимости обучения. То влияние, которое может оказать на формирование личности обучающегося офицер, в чьем непосредственном подчинении находится молодой человек, сложно переоценить. Роль преподавателя-предметника значительна, но без осознания самим курсантом важности осуществляемых действий к.п.д. преподавателя будет невысок, в лучшем случае будет решена локальная задача передачи некоторого объема сведений в рамках изучаемой дисциплины без желания использовать их, связывать с полученными из других источников, и тем более – добывать знания в дальнейшем самостоятельно. Выпускающим кафедрам стоит уже признать, что без хорошей математической подготовки невозможно

выпустить высококвалифицированных военных специалистов, которые будут решать актуальные проблемы обороноспособности страны.

УДК 330.4

Об одном классе математических моделей для экономических систем

Исаченко А.Н.

Белорусский государственный университет

Матроиды [1], имея широкое применение в дискретной математике и информатике, могут успешно использоваться в моделировании экономических систем. В сообщении приводятся сведения из теории матроидов, примеры экономико-математических моделей в виде матроидов. Даются описания применяемых для поиска решения алгоритмов, указаны сведения об их точности. Алгоритмы рассматриваются для систем независимости, матроидов, пересечения двух матроидов. Общеизвестна роль математических моделей в экономических исследованиях. При этом математический аппарат, применяемый для построения и анализа математических моделей, изменяется в соответствии с тенденциями развития математических наук. Матроиды получили широкое распространение в современной математике и информатике, как основа для изучения и анализа разнообразных задач дискретной математики и алгоритмов их решения. В экономических системах матроиды естественным образом возникают из объектов, применяемых в математическом моделировании и удовлетворяющих аксиомам матроидов [2]. Например, при рассмотрении линейной независимости вектор-столбцов матриц, используемых на этапе построения математической модели экономической системы при определении коэффициентов предполагаемой зависимости. Математический аппарат сетевых моделей экономики базируется на теории графов, которая является одним из источников для теории матроидов. Ряд задач теории расписаний экономического характера формулируется как задачи на матроидах. Решение экономических задач возможно простым и эффективным «жадным» алгоритмом, если математическая модель задачи может быть представлена в виде матроида. Сложнее обстоит дело, если задача не имеет «матроидной» структуры. Тем не менее, «жадный» алгоритм можно применять для нахождения приближенного начального решения или окончательного решения, если отклонение от точного можно оценить и оно приемлемо в практическом применении.

Если математическая модель допускает представление в виде задачи на пересечении двух матроидов, то точное решение можно получить

алгоритмом, основанным на построении специального графа с рассмотрением в нем так называемых увеличивающих путей.

Литература:

1. Oxley, James G. Matroid Theory. – New York, Oxford Academ, 2006.
2. Исаченко А.Н., Ревякин А.М. Матроиды в математическом моделировании экономических систем // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2015. – № 1 (5). – С. 13–18.

УДК 517.51

Новый критерий компактности в пространстве измеримых функций

Катковская И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Пусть (X, d, μ) – ограниченное метрическое пространство с метрикой d и регулярной борелевской мерой μ , удовлетворяющей условию удвоения: существует постоянная c_μ , такая что

$$\mu(B(x, 2r)) \leq c_\mu \mu(B(x, r)), \quad x \in X, r > 0,$$

где $B(x, r) = \{y \in X : d(x, y) < r\}$ – шар с центром в точке $x \in X$ радиуса $r > 0$, $L^0(X)$ – множество всех (классов эквивалентности) измеримых функций на X . Оно является полным метрическим пространством относительно метрики

$$d_{L^0}(f, g) = \int_X \varphi_0(f - g) d\mu, \quad \text{где } \varphi_0(t) = \frac{|t|}{1 + |t|}. \quad \text{Сходимость в } L^0(X)$$

совпадает со сходимостью по мере.

Ω – класс возрастающих функций $\eta: (0, 1] \rightarrow (0, +\infty)$, для которых $\eta(+0) = 0$. Φ – множество всех четных функций $\varphi: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$, положительных и возрастающих на $(0, +\infty)$, удовлетворяющих условиям

$$\varphi(0) = \varphi(+0) = 0, \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \infty. \quad \text{Введем еще максимальные функции}$$

$$A_\eta^\varphi f(x) = \sup_{B \ni x} \frac{1}{\eta(r_B) \mu(B)} \inf_{c \in \mathbf{R}} \int_B \varphi(f - c) d\mu, \quad 0 < t < 1,$$

где точная верхняя грань берется по всем шарам, содержащим точку x , r_B – радиус B .

Теорема. *Множество $S \subset L^0(X)$ вполне ограничено тогда и только тогда, когда выполнено условие*

$\lim_{\lambda \rightarrow +\infty} \sup_{f \in S} \mu\{|f| > \lambda\} = 0$ и существуют функции $\eta \in \Omega$ и $\varphi \in \Phi$ со

свойством $\lim_{\lambda \rightarrow +\infty} \sup_{f \in S} \mu\{A_{\eta}^{\varphi} f > \lambda\} = 0$.

Подобный критерий компактности, но с другой максимальной функцией на мечте A (вместо постоянной наилучшего приближения вычитается значение функции $f(x)$) был доказан ранее. В части достаточности наш критерий сильнее.

УДК 519.624.2

Применение метода Рунге–Кутты в гидравлике

Лебедев Е.П., Лебедева Г.И.

Белорусский национальный технический университет

Математическое моделирование играет важную роль в различных исследованиях, в том числе и в гидравлике. В предлагаемой работе приведена математическая модель гидравлического контура. Модель построена с учётом технических особенностей последнего.

При построении модели рассматривались движение цилиндра, движение жидкости в трубопроводе и изменение давления в безштоковой полости гидроцилиндра.

Получено, что рассмотренная динамическая схема описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений, состоящей из двух уравнений второго и одного первого порядка:

$$m_{\Pi} \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} = p_3 \cdot f_{\Pi} - (C_0 + C_1 \cdot z);$$

$$a_1 \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = p_{\max} - p_3 - \left(\frac{a_{10}}{h^2(t)} + a_2\right) \cdot \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \cdot \operatorname{sgn} \frac{dx}{dt} - a_3 \cdot \frac{dx}{dt};$$

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{f \cdot \frac{dx}{dt} - f_{\Pi} \cdot \frac{dz}{dt}}{f \cdot l + f_{\Pi} \cdot (z_0 + z)} (E_a + a_p \cdot p_3),$$

где f_{Π} – активная площадь поршня со стороны высокого давления,

p_3 – давление в безштоковой полости гидроцилиндра,

a_1, a_{10}, a_2, a_3 – коэффициенты, определяющиеся по формулам:

$$a_1 = \rho \cdot l;$$

$$a_{10} = \frac{0.5 \cdot f^2 \cdot \rho}{(\mu \cdot \pi \cdot D_3)^2};$$

$$a_2 = 0.5 \cdot \xi \cdot \rho + 0.443 \cdot \frac{\kappa_\varepsilon \cdot \rho \cdot l}{\sqrt{f}};$$

$$a_3 = 27.5 \cdot \frac{\rho \cdot v \cdot l}{f}.$$

С помощью ЭВМ методом Рунге-Кутты четвертого порядка была решена система уравнений и построен график переходного процесса, с помощью которого определены показатели качества переходного процесса. В результате установлено, что система обладает устойчивыми параметрами, гидравлическая схема и элементы привода спроектированы правильно и удовлетворяют всем критериям качества.

УДК 517.977

Спектральная приводимость систем нейтрального типа

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 непрерывного кусочно-гладкого решения системы (1) ($n \geq 2$); $0 < h$ – число; A_0, A_j, B_j – постоянные $n \times n$ -матрицы, последние (n -ые) строки которых считаем нулевыми ($j = \overline{1, m}$); $b = e_n = [0, \dots, 0, 1]'$ – постоянный n -вектор-столбец; функция η из пространства кусочно-гладких n -вектор-функций; u – скалярное кусочно-непрерывное управление. Штрих обозначает операцию транспонирования.

Пусть \mathbf{C} – множество комплексных чисел; $w(p, e^{-ph})$ – характеристический квазиполином системы (1) ($p \in \mathbf{C}$). Множество корней $\{p \in \mathbf{C} | w(p, e^{-ph}) = 0\}$ характеристического уравнения называют спектром системы (1). Замкнем систему (1) динамическим регулятором

$$u(t) = g'(\lambda) \dot{x}(t) + v(t), \quad v^{(r)}(t) = f'(\lambda) x(t) + \bar{f}'(\lambda) V(t), \quad t > 0. \quad (2)$$

Здесь $V(t) = [v(t), \dots, v^{(r-1)}(t)]'$ при $r \geq 1$; $V(t) = 0$ при $r = 0$; $g'(\lambda)$, $f'(\lambda)$, $\bar{f}'(\lambda)$ – векторные полиномы-строки; $\lambda^k \varphi(t) = \varphi(t - kh)$; $N = n + r$.

Обозначим $d(p, e^{-ph})$ – характеристический квазиполином замкнутой

системы (1), (2). Требуется в (2) выбрать полиномы $g'(\lambda)$, $f'(\lambda)$, $\bar{f}'(\lambda)$ такими, чтобы $d(p, e^{-ph}) \equiv (p - p_1) \dots (p - p_N)$, где $\sigma = \{p_i \in \mathbf{C}, i = \overline{1, N}\}$ – некоторый конечный спектр системы (1), (2) (комплексные p_i входят в спектр сопряженными парами). Эту задачу называют задачей спектральной приводимости. Среди $p_i \in \sigma$ могут быть инвариантные значения.

Теорема. Система (1) спектрально приводима если и только если: 1) условие $\text{rank}[pE_n - A_0 - \sum_{j=1}^m (A_j + pB_j)e^{-pj}, b] = n$ нарушено не более, чем

в конечном числе точек $p \in \mathbf{C}$; 2) $\text{rank}[E_n - \sum_{j=1}^m B_j \lambda^j, b] = n \forall \lambda \in \mathbf{C}$.

УДК 51 (07.07)

Развитие творческого мышления студентов при изучении математики

Метельский А.В., Чепелев Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Нынешний век – это век технологий. Ядро инновационных технологий образуют математические модели, позволяющие применять компьютеры для поиска оптимальных решений и для управления технологическими процессами. Математику иногда называют искусством давать разным явлениям одинаковые имена, т. е. абстрагировать их общую сущность. Одни и те же уравнения описывают различные по своей природе процессы. Уравнения гармонического осциллятора имеют место при описании биологических систем типа «хищник-жертва», а также при описании механических, электрических и акустических колебаний. Основа творческого мышления – это нестандартные подходы к новой задаче. Названные примеры показывают, что нестандартные подходы можно искать в предметных сферах, не имеющих прямого отношения к решаемой задаче. Современная математика, включающая компьютерную алгебру, дает полету творческой фантазии не только простор, но и крылья. Успех в развитии творческих способностей студентов невозможен без соблюдения необходимых условий учебного процесса, без которых последний превращается по образному выражению одного профессора в «процесс деревообработки». Среди таких условий первое это – поддержание мотивации к усвоению математических знаний. Процесс изучения математики делается увлекательным через проблемную подачу учебного материала, через привлечение ярких запоминающихся примеров,

содержащих неочевидные выводы вопреки «здравому смыслу». Реферативная и исследовательская работа студентов по тематике приложений математики развивают представление о математике, как инструменте инновационного творчества, и одновременно стимулируют к изучению математики. В формировании творческого мышления и развитии мотивации к изучению математики продуктивна позиция выпускающих кафедр. Студенты должны не только слышать о важности знания математики для их профессиональной деятельности, но и убеждаться в этом при изучении специальных дисциплин, в процессе курсового и дипломного проектирования. Процесс изучения математики по своей сути является адекватным тренингом для воспитания творческого мышления и усвоения аналитических возможностей математики, как универсального инструмента познания и преобразования мира. Ядро этого процесса – личность преподавателя, его педагогический опыт и мастерство, основанные на собственных научных исследованиях и собственной научной компетенции.

УДК 519.876

О рекомендации по применению инновационных технологий в учебном процессе

Микулик Н.А., Рейзина Г.Н.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время инновационные технологии проникают во все сферы человеческой деятельности, в том числе и в среду образования. Основой инновационных технологий в науке, технике и образовании являются, по нашему мнению, математические методы, математические и механико-математические модели исследуемых объектов. Поэтому качество математической подготовки современных инженеров является важнейшим фактором в использовании ими инновационных технологий в решении задач, выдвигаемых практикой. Следовательно, при подготовке инженеров нужно использовать инновационные технологии, обеспечивающие у них формирование инновационного мышления. При этом необходимо следующее:

- учебные планы дисциплин должны предусматривать оптимальный порядок их изучения;
- изучать разделы курса математики в университете с учетом внутренней логики математики, как науки;
- изложение математики должно быть логичным и строгим;
- математические утверждения нужно доказывать, а формулы – выводить;

– важные теоретические положения в связи с сокращением часов на математику выносить на самостоятельную работу;

– недопустимо излагать курс математики поверхностно тезисно, так как это наносит ущерб в приобретении студентами творческого, логического, а следовательно, и инновационного мышления и доказательности утверждений;

– применять инновационные технологии на учебных занятиях, в том числе: создание проблемных ситуаций и разрешение их, использование рейтинго-блочного метода, использование компьютера, лекций типа «презентаций» (не превращая ее в «кино») и др.;

– использовать учебно-методические комплексы и тесты;

– постоянно на учебных занятиях заботиться о развитии у студентов логического и алгоритмического мышления, творческого подхода к решению задач;

– вовлекать студентов в научную работу (подготовка рефератов, привлечение к НИР, подготовка докладов на конференции и семинары и др.); проводить мониторинг с первокурсниками для установления пробелов в знании элементарной математики и принимать меры к их ликвидации.

УДК 629.113

Алгоритм исследования динамических систем транспортных средств

Микулик Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Для исследования сложной динамической системы «двигатель-трансмиссия-двигитель-дорога-масса всей машины» транспортного средства (ТС), содержащей линейные, нелинейные и реактивные звенья, предлагаем следующий алгоритм:

– составление математической модели, эквивалентной реальной системе;

– составление расчетной динамической схемы, состоящей из масс и соединений, представляемой в последовательности реальной системы;

– расчет параметров (моментов инерций масс или масс; жесткостей или податливостей соединений этих масс) принятой расчетной схемы и приведение их к одной массе (обычно к маховику двигателя);

– определение нелинейных элементов, входящих в расчетную схему, и аналитических выражений (формул) для них;

– определение внешних возбуждающих моментов или сил (от двигателя и дорожных неровностей);

– составление системы дифференциальных уравнений (ДУ),

- описывающих колебания рассматриваемой динамической системы;
- вывод уравнений собственных частот;
 - составление программы для решения системы ДУ на компьютере;
 - составление программы для определения собственных частот на компьютере;
 - анализ полученных решений системы дифференциальных уравнений;
 - определение резонансных зон, возникающих при движении ТС;
 - рекомендации для конструирования и доводки ТС.

Параметры расчетной схемы рассчитываются по реальным параметрам ТС, полученным опытным путем или расчетом. Возмущение от дороги

можно принять в виде
$$Q(t) = \frac{\pi G_a h \sin \frac{2\pi v_a t}{L}}{\sqrt{L^2 + h^2 \sin^2 \frac{2\pi v_a t}{L}}}$$
, где G_a – масса ТС,

h – высота и L – длина неровности, v_a – скорость ТС, t – время.

Литература:

1. Микулик, Н.А. Основы теории динамических систем транспортных средств. Монография. – Минск, БНТУ, 2007. – 218 с.

2. Рейзина, Г.Н. Вибронагруженность систем поддрессоривания многоопорных машин. – Минск, ВУЗ-ЮНИТИ, БГПА, 1999.

УДК 530.12

Точки фотолибрации в системе двойной звезды

Рябушко А.П. *, Жур Т.А., Зубко О.Л. *, Юринок В.И. *

*Белорусский национальный технический университет,

Белорусский государственный аграрный технический университет

В связи с существенным влиянием светового давления на законы движения естественных и искусственных небесных тел поставлена и решена следующая задача: пересмотреть решения Эйлера и Лагранжа по нахождению точек либрации L_k , $k = \overline{1,5}$ при учете светового давления в плоской ограниченной круговой задаче трех тел. Пусть A_1 – звезда массой m_1 ; A_2 – звезда массой m_2 , сравнимой с m_1 , которые находятся на прямой A_1A_2 и вращаются около их центра масс O с угловой скоростью $\omega_0 = \sqrt{\gamma m / r_0^3}$, где γ – ньютоновская постоянная тяготения, $m = m_1 + m_2$, $r_0 = A_1A_2 = const$; A_3 – пробное тело, масса которого $m_3 \ll m_1, m_3 \ll m_2$. Введя неподвижную систему координат xOy и соотношения $x = x^0 \cos \omega_0 t - y^0 \sin \omega_0 t$, $y = x^0 \sin \omega_0 t + y^0 \cos \omega_0 t$, получаем систему уравнений для нахождения точек фотолибрации $L_k^*(x^0, y^0)$, где

$x^0 = const, y^0 = const$.

$$-x^0 \omega_0^2 + \gamma m_1^* (x^0 + m_2 r_0 / m) / \left[(x^0 + m_2 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{3/2} + \gamma m_2^* (x^0 - m_1 r_0 / m) / \left[(x^0 - m_1 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{3/2} = 0, \quad (1)$$

$$y^0 \omega_0^2 - \gamma m_1^* y^0 / \left[(x^0 + m_2 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{3/2} - \gamma m_2^* y^0 / \left[(x^0 - m_1 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{3/2} = 0, \quad (2)$$

где $m_1^* = m_1 - A_{13}, m_2^* = m_2 - A_{23}$, редуцированные массы звезд A_1, A_2 относительно пробного тела A_3 . В коллинеарном случае уравнение (2) исчезает, а (1) дает: при $0 \leq A_{13} < m_1, 0 \leq A_{23} < m_2$ три точки фотолибрации L_1^*, L_2^*, L_3^* при заданных A_{13}, A_{23} ; при $m_1 = A_{13}, m_2 = A_{23}$ одну точку L^* в центре тяжести звезд A_1, A_2 ; при $m_1 < A_{13}, m_2 > A_{23}$; $m_1 > A_{13}, m_2 < A_{23}$; $m_1 < A_{13}, m_2 < A_{23}$ по одной точке L_2^*, L_3^* и L_1^* соответственно; при $m_1 = A_{13}, m_2 > A_{23}, m_1 > A_{13}, m_2 = A_{23}$ по две точки L_2^*, L_3^* и L_2^*, L_1^* соответственно; при $m_1 = A_{13}, m_2 < A_{23}; m_1 < A_{13}, m_2 = A_{23}$ точки отсутствуют. Если $y^0 \neq 0$, то существуют два треугольных решения системы (1) – (2) при заданных A_{13}, A_{23} :

$$\begin{aligned} x^0 &= (m_1 - m_2) r_0 / (2m) - 0,5 \left[(m_1^* / m_1)^{2/3} - (m_2^* / m_1)^{2/3} \right] r_0, \\ y^0 &= \pm r_0 \sqrt{ \left(m_1^* / m_1 \right)^{2/3} - 0,25 \left(1 + \left(m_1^* / m_1 \right)^{2/3} - \left(m_2^* / m_2 \right)^{2/3} \right) }. \end{aligned} \quad (3)$$

Уравнения (3) – параметрические уравнения области, состоящей из треугольных точек фотолибрации L_4^*, L_5^* (A_{13}, A_{23} – параметры). При этом выполняется условие: $(m_1^* / m_1)^{2/3} + (m_2^* / m_2)^{2/3} \geq 1$.

УДК 530.12

Об устойчивости движения в фотогравитационном поле звезды

Рябушко А.П. *, Жур Т.А., Зубко О.Л. *

*Белорусский национальный технический университет,

Белорусский государственный аграрный технический университет

В работе авторов было показано, что траекторией пробного тела массой m в ограниченной круговой задаче двух тел, одно из которых – звезда (источник сильного электромагнитного излучения) массой M , а второе – данное пробное тело; при учете прямого светового давления и эффектов СТО: продольный эффект Доплера и эффект Пойнтинга-Робертсона (абerrация света) (приближение v/c) при начальных условиях: $\varphi(t=0) = 0, r(\varphi=0) = p/(1+e), v(\varphi=0) = \sqrt{\gamma M/p}(1+e), r'_\varphi(\varphi=0) = 0$ является спираль, которая закручивается около звезды, приближаясь к ней и которую можно считать уменьшающимся в размерах эллипсом.

Целью настоящей работы является выяснение вопроса устойчивости

этого решения в разных смыслах: по Лагранжу, по Пуассону, по Ляпунову и орбитальной устойчивости.

Получили, что наше решение устойчиво по Лагранжу, т.к. ограничено. Неустойчиво по Пуассону, т.к. произвольная точка M_1 , двигаясь по орбите, за промежуток времени $0 \leq t \leq \varphi_0$ ни разу не окажется в окрестности начальной точки $M_0(p/(1+e), 0)$. Решая систему уравнений движения при начальных условиях: $\varphi(t=0) = \varphi_1$, $r(\varphi_1) = r_0$, $v(\varphi_1) = v_0$, $r'_{\varphi}(\varphi_1) = \psi_0$, получили, что $\forall \varepsilon > 0 \exists \delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ такие, что при выполнении условий $|\varphi_1 - 0| < \delta_1$, $|v_0 - \sqrt{\gamma M / p}(1+e)| < \delta_2$, $|r_0 - p/(1+e)| < \delta_3$, $|\psi_0 - 0| < \delta_4$ выполнено неравенство: $|\tilde{r} - 1/\tilde{r}| < \varepsilon$. Следовательно, решение является орбитально устойчивым. При исследовании на устойчивость по Ляпунову мы приняли наш уменьшающийся в размерах эллипс (спираль в приближении v/c) за опорное решение. Ввели возмущение переменных и оставив только линейные части относительно возмущенных переменных получили систему линейных дифференциальных уравнений, характеристическое уравнение которой имеет вид: $(\lambda^2 + \gamma(M-A)(1+e)^3/p^3)(\lambda^2 + 2p/(c(1+e))\lambda - \gamma(M-A)(1+e)^3/p^3) = 0$, где A – редуцирующая масса звезды. Поскольку $-2\gamma(M-A)(1+e)^3/p^3 < 0$ при $\forall A < M$, то решение неустойчиво по Ляпунову, а, следовательно, координатная устойчивость отсутствует.

УДК 512.64

Некоторые аспекты проведения семестровых консультаций для студентов заочного отделения

Яцкевич Т.С., Раевская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Учебный план по математике для студентов первого курса заочного отделения (ЗО) содержит по 8 часов семестровых консультаций на каждую группу. Обобщая опыт проведения таких консультаций, авторы пришли к следующим выводам.

Целесообразно организовывать тематические консультации. Для этого программу семестра следует разделить на блоки, посвященные отдельным темам. При этом каждую консультацию следует посвятить выбранной теме. На установочных лекциях студенты заранее оповещаются о расписании и темах консультаций в семестре. За студентом сохраняется право посетить консультацию на интересующую его тему. Расписание консультаций должно быть удобным для студентов заочников. Это могут быть субботние дни или вечерние часы в будни. По времени консультация

может длиться от четырех до шести часов. Это позволяет и увеличить объем изучаемого материала, и экономить время студентов, затраченное на проезд.

Авторы считают, что консультации следует проводить в форме лекционно-практических занятий. Завершать эти занятия лучше самостоятельной работой студентов под руководством преподавателя над семестровой контрольной работой. Такая методика проведения консультаций побуждает студентов к более глубокому изучению курса математики, повышает их интерес к математике вообще и ее возможностям, различным приложениям. Есть студенты, которые стали изучать даже те разделы математики, которые не входят в изучаемый курс, решать задачи, связанные с различными прикладными проблемами, проявили желание заниматься исследовательской работой, связанной с математикой. Мы считаем, что наличие семестровых контрольных работ позволяет студентам систематизировать изучаемый материал, освоить основные методы и принципы решения задач, подготовиться к сдаче экзамена. В отсутствие контрольных работ студентам будет намного сложнее достичь конечной цели обучения. Кроме этого, невыполнение контрольной работы влечет недопуск студента к экзамену, а это повышает уровень ответственности и является стимулом к ее выполнению.

Все вышеперечисленное способствует повышению успеваемости студентов-заочников, делает обучение для них более доступным.

УДК 512.64

Наглядность, образность в изложении курса математики

Романюк Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Одна из функций конспекта студента – служить ключом, катализатором для освоения нового материала. Поэтому важно, чтобы образное мышление помогало устанавливать логические связи в материале курса математики.

В работе рассматриваются примеры из курса математики, позволяющие существенно использовать наглядность и образность. Приведем некоторые.

I. При изучении разделов, связанных с векторами, прямыми, плоскостями следует делать рисунки с указанием нужных векторов (например, векторов нормали к плоскостям, направляющих векторов прямых). II. При изучении тем «Экстремумы функции», «Точки перегиба графика» следует схематически показывать взаимное расположение графика и касательных прямых. III. При изучении поверхностей II-го

порядка важно понимание, как производятся сечения поверхности, и что эти сечения служат каркасом поверхности. IV. При изучении темы «Производная сложной функции» предлагается предварительное изображение слоистой схемы – структуры построения таких функций, в результате чего соответствующая производная сводится к произведению простых, легко берущихся производных. V. При изучении темы «Числовые ряды и признаки их сходимости» представляется схема навигации по данным признакам, позволяющая перемещаться по всему комплексу признаков с целью выбора подходящего.

Во взаимодействии с геометрическим и физическим смыслом многих математических понятий указанная методика использования наглядности и образности заметно ускоряет и упрощает восприятие материала.

Рассмотрим *пример*. Требуется найти производную функции

$$y = \sqrt[5]{\left(\operatorname{arctg}\left(\ln\left(\cos^3(5x)\right)\right)\right)^7}.$$

Решение. I шаг. Схема построения данной сложной функции из простых такова:

II шаг. Берутся и перемножаются производные от каждого «слоя» как от простой функции; аргументы функций-«слоев» при этом не меняются.

УДК 518.332.2

О математическом моделировании исторических процессов

Федосик Е.А.

Белорусский национальный технический университет

В исторических процессах, несомненно, присутствуют определённые закономерности; главная проблема – суметь правильно их сформулировать, чтобы потом описать их в виде математических моделей. Например, количество войн, начатых в течение одного года, почти точно подчиняется распределению Пуассона (закон распределения редких явлений). Есть определённые закономерности во времени жизни единых государств до их распада. Здесь могут быть использованы модели для оценки надёжности работы сложных систем в условиях перегрузки. Имеют закономерности рост и упадок цивилизаций, есть закономерности в нашествиях кочевников. Существуют общие закономерности в процессе образования человеческих поселений. Один из ранних примеров

моделирования – модель гонки вооружений, разработанная английским математиком Льюисом Ричардсоном. В математическом выражении скорость изменения агрессивного поведения двух враждебных коалиций описывается системой двух дифференциальных уравнений. Взяв в качестве начального приближения сумму затрат на вооружения, Ричардсон получил результаты, весьма близкие к реальным показателям гонки вооружений перед Первой и Второй мировыми войнами. В настоящее время активно развиваются междисциплинарные науки (на стыке истории, математики, статистики, экономики, социологии, синергетики) – клиометрия и клиодинамика. Названия связаны с музой истории в древнегреческой мифологии – Клио – дочери Зевса и Мнемосины (богини памяти). В 1993 году американские экономисты Роберт Фогель и Дуглас Норт получили Нобелевскую премию по экономике за цикл работ в области клиометрии. В основе подхода к историческим процессам лежат представления и модели теории самоорганизации – синергетики. Основными достижениями клиодинамики являются разработка математических моделей «вековых» социально-демографических циклов и достаточно успешное математическое моделирование долгосрочного развития мир-системы. Мир-системный подход исследует системы, которые охватывают более одной цивилизации или даже все цивилизации мира. Клиодинамика должна превратить историю из описательной науки в область знаний, обладающую предсказательной силой, способной давать исторический прогноз. Историю нельзя изменить, но её нужно знать, и пользоваться этими знаниями. У Черчилля в своё время резонно заметил: «Чем глубже вы заглядываете в прошлое, тем дальше в будущее вам удаётся заглянуть».

УДК 004.946

Элементы дистанционного обучения для студентов заочной формы обучения

Щукин М.В.

Белорусский национальный технический университет

Компьютерные технологии прочно проникли в нашу жизнь. Современные молодые люди часто используют компьютер для звонков друг другу. При этом часто используется видеосвязь, т.е. передача видео через сеть Интернет. Мы хотим обсудить использование сети Интернет с передачей видео для проведения он-лайн консультаций по учебным предметам, таким как высшая математика. Какая программа лучше подходит для передачи видео? На постсоветском пространстве наиболее популярна шведско-эстонская программа Skype. В мире она тоже

доминирует, на нее приходится 34 процента всех телефонных разговоров. И это число растет каждый год. Программа эта условно бесплатна, проста в установке и использовании. Она позволяет проводить видеоконференции для нескольких участников, что позволяет использовать ее для дистанционного обучения студентов. Одна из проблем, возникающих при использовании такого рода программ: как передать надписи, сделанные преподавателем? Возможные пути решения: приобрести электронное перо, посредством которого можно писать на специальном устройстве, надпись появляется на экране, и можно передавать часть экрана через видео студентам. Другой путь: написать на листе формулы, рисунки и поднести лист к веб-камере. Так можно решить это основное препятствие, мешающее превратить он-лайн разговор в полноценную консультацию. Выгода от использования сети Интернет велика: студент-заочник может не ехать в университет на консультацию, тратя на поездку значительное время и денежные средства. Skype имеет 663 миллиона пользователей по состоянию на конец 2010 года. Большинство разработчиков и 44 % работников общего отдела находятся в Таллине и Тарту, Эстония. Программа также позволяет совершать конференц-звонки (до 25 голосовых абонентов, включая инициатора), видеозвонки (в том числе видеоконференции до 10 абонентов), а также обеспечивает передачу текстовых сообщений (чат) и передачу файлов. Есть возможность вместо изображения с веб-камеры передавать изображение с экрана монитора, а также создавать и отправлять видеосообщения пользователям настольных версий программы. Программные клиенты Skype выпущены для Mac OS X, iOS, Windows, Linux, Windows Phone, Open webOS, Android, PSP, Maemo, Xbox 360, PlayStation Vita, Symbian, BlackBerry. Также была выпущена версия для Java, для устройства Kindle Fire HD и Xbox One.

УДК 512.64

О формах контроля самостоятельной работы студентов заочного отделения

Яцкевич Т.С., Раевская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Вопрос контроля знаний студентов, его формы и эффективности является одним из важнейших в образовательном процессе. Совершенствование методики проведения промежуточного контроля знаний имеет целью повышение уровня усвоения изучаемого материала, более глубокого проникновения в предмет, понимания сути, методов, приемов изучаемого курса. Каковыми бы ни были формы контроля, обучающий эффект они будут иметь лишь в случае существования

обратной связи со стороны студентов. Анализ результатов выполнения заданий должен служить этой цели. Особенно важным этот принцип является при изучении курса математики в техническом вузе на заочном отделении. С этой точки зрения сомнительным кажется включение в расписание практических занятий студентов заочного отделения (ЗО) во время сессии проведение контрольных работ (КР). Как правило, КР поставлены последними в расписании, после чего преподаватель уже не имеет возможности общения со студентами до проведения экзамена. Расписание экзаменационной сессии для студентов ЗО составляется так, что сразу за КР идет консультация. Поэтому преподаватель физически не сможет проверить эти КР к консультации и разобрать ошибки, допущенные студентами при их выполнении. Тем более у студентов не будет возможности проработать предложенный материал под руководством преподавателя. Проведение контрольных работ в виде тестов «вопрос-ответ» авторы считают нецелесообразным, так как в этом случае не удастся в полной мере выявить правильность самого решения задачи, поскольку решение как таковое и не предполагается в этом случае. Не определен и статус самой такой КР. На допуск к экзамену результат ее не повлияет. Вызывает много вопросов и содержание самой этой работы: будет ли эта КР тематической, охватывающей определенный раздел или по всему семестровому курсу математики. Конечно, назрела необходимость либо заменить, либо дополнить имеющиеся обязательные семестровые КР какой-то новой формой отчетности. Авторы считают, что существующие КР для студентов ЗО следует оставить, так как все-таки какая-то часть студентов (хоть, может, и очень небольшая) самостоятельно выполняет эти задания. При этом такие студенты активно участвуют в консультациях и, как правило, успешно сдают экзамены.

УДК 517.4

Проблемы повышения качества математической подготовки студентов энергетических специальностей и пути их решения

Нифонтова Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Высокий уровень качества математической подготовки является необходимым условием успешной подготовки выпускника технического вуза. Проведено анкетирование студентов инженерно-технических специальностей с целью исследования мотивации изучения математических дисциплин. У студентов выявлен недостаточный интерес к самому предмету. 84% из числа опрошенных студентов выбрали энергетические специальности, основываясь на личном интересе,

престиже и перспективах в данной сфере. Однако, только 41% респондентов изучают математику, чтобы получить подготовку, позволяющую стать компетентным специалистом в своей области, остальные заинтересованы только в успешной сдаче экзаменов, и получении диплома о высшем образовании. Таким образом, мотивация изучения математики носит искусственно-учебный, внешний характер.

Студенты низко оценивают необходимость изучения математики в профессиональном контексте. Об этом говорит то, что только 24% респондентов считает, что для дальнейшего успешного профессионального роста им необходимо глубокое усвоение курса математики. При этом 82% поместили математику в первую тройку самых трудных учебных дисциплин в вузе. Опрашиваемые выделили лишь несколько разделов математики, которые следовало бы изучать: теория вероятностей и математическая статистика, линейная алгебра и дифференциальное исчисление. Низкая мотивация изучения математики является актуальной проблемой, препятствующей приобретению студентом фундаментальных знаний. Таким образом, методику преподавания математики студентам инженерно-технических специальностей целесообразно строить с учетом преемственности содержания обучения; учета уровня начальной математической подготовки, мотивации и индивидуальных особенностей восприятия и усвоения; включения приложений изучаемых математических объектов; практикоориентированности обучения, актуализации межпредметных связей со специальными профессионально-ориентированными дисциплинами с целью повышения интереса, активизации познавательной деятельности, формирования у студентов положительной мотивации к изучению математических дисциплин, повышению эффективности процесса обучения.

УДК 517.4

Специфика приложений интегрального преобразования Меллина

Гахович А.С.

Белорусский национальный технический университет

Из общей схемы построения интегральных преобразований, предложенной в своё время автором, получена пара известного преобразования Меллина

$$F(S) = \int_0^{+\infty} f(t)t^{S-1} dt, \quad S = \tau_0 + i\tau; \quad f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma_0 - i\infty}^{\sigma_0 + i\infty} F(S)t^{-S} dS$$

где $f(t) \cdot t^{\sigma_0-1} \in L, (0; +\infty)$. Однако для его широкого применения необходимо ввести и его естественную модификацию, в которой в качестве оригинала рассматривают, так называемый, «оригинал в узком смысле», а именно $\tilde{f}(t) = f(t) \cdot 1(t)$,

где $1(t)$ - единичная функция Меллина: $1(t) = \begin{cases} 1, \forall t \in [0;1] \\ 0, \forall t \notin [0;1] \end{cases}$

Что повлечёт за собой изменение соответствующих операционных правил в силу изменения формулы вычисления «изображения»

$$\tilde{F}(S) = \int_0^1 \tilde{f}(t) t^{S-1} dt.$$

В зависимости от конкретной области приложений необходимо использовать ту или иную модификацию рассматриваемого преобразования. Преобразование Меллина в «узком смысле» нацелено на решение ДУ вида

$$\sum_1^n a_k \left(t \frac{d}{dt} \right)^k \cdot X(t) = f(t).$$

Из очевидной связи оператора $T = t \frac{d}{dt}$ с операторами вида

$t^k \left(\frac{d}{dt} \right)^k, k \in N$ следует, что его можно с успехом использовать при решении, например дифференциального уравнения Эйлера:

$$\sum_1^n a_k t^k \frac{d^k X(t)}{dt^k} = f(t).$$

УДК 517.4

Задача управления динамической системой в условиях неопределенности

Матвеева Л.Д.

Белорусский национальный технический университет

Актуальность построения новых эффективных методов решения линейных задач оптимального управления определяется тем, что линейные задачи занимают особое положение в теории оптимальных процессов. С одной стороны, ими адекватно моделируются различные реальные процессы. С другой стороны, линейные модели используются при

создании алгоритмов решения нелинейных задач оптимального управления.

Алгоритм построения допустимого управления в линейной задаче может быть использован при решении прикладных задач в случае отсутствия информации о допустимом управлении. Рассмотрим задачу терминального управления нестационарной динамической системой:

$$J(u) = c'x(t_*) \rightarrow \max, \dot{x} = A(t)x + B(t)u, x(t_0) = x_0, \\ g_* \leq Hx(t_*) \leq g^*, |u(t)| \leq 1, t \in T = [t_0, t_*] \quad (1)$$

Предполагается, что задано некоторое (экспертное) управление $\tilde{u}(t)$, $t \in T$, которое является допустимым, т.е. ему соответствует траектория $\tilde{x}(t)$, $t \in T$, не удовлетворяющая терминальным ограничениям. Для задачи (1) формулируется задача первой фазы:

$$\sum_{i=1}^m \omega_i \rightarrow \min, \dot{x} = A(t)x + B(t)u, x(t_0) = x_0, \\ \omega_{*i} \leq \omega_i \leq \omega_i^*, i = \overline{1, m}, c'x(t_*) \geq c'\tilde{x}(t_*), |u(t)| \leq 1, t \in T. \quad (2)$$

которая решается с помощью метода, разработанного в [1]. Решение задачи (2) позволяет: 1) преобразовать неточную информацию в точную, т.е. построить допустимое управление; 2) обнаружить несовместность ограничений исходной задачи.

Литература:

1. Еровенко Л.Д. Алгоритм оптимизации линейных нестационарных систем с терминальными ограничениями-неравенствами. – Доклады АН БССР. – 1984. – т. 27, № 11.

УДК 517.4

О подготовке электронного учебно-методического пособия для студентов 1-го курса по разделу «Дифференциальное и интегральное исчисление»

Матвеева Л.Д., Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Современные инновационные технологии позволяют использовать всевозможные методы совершенствования уровня образования и обучения высшей математике. Студенты XXI века – это потребители цифрового контента с самого рождения. Сами по себе современные технологии не гарантируют высокий уровень вовлеченности студентов в процесс обучения, но при правильной постановке технологий в контекст обучения

и разумной разработке функциональности они действительно помогают. При этом для усвоения материала важно, чтобы на первом этапе студент решал задачи без компьютера и проводил вспомогательные вычисления, не пользуясь калькулятором. Современный уровень преподавания математики включает в себя самостоятельную работу. Наличие ПК, планшетов и смартфонов у студентов помогает им сэкономить время и достаточно быстро получить необходимую информацию, не выходя из дома. С другой стороны, острая нехватка учебников по математике в библиотеках вузов в связи с возросшим количеством студентов в последнее время, а также ростом цен на учебники в магазинах, значительно снижает их доступность.

Авторами готовится к изданию в электронном виде учебное пособие, которое состоит из трех разделов: «Приложение аппарата производных к исследованию функций и решению конкретных практических задач», «Интегралы», «Функции нескольких переменных».

Материал каждого параграфа проиллюстрирован примерами, содержит графики и сопровождается подборкой задач для практических занятий и самостоятельной работы студентов. Авторы считают важным, чтобы студенты получили представления об интегральных суммах, верхних и нижних суммах Дарбу и могли в простых случаях вычислять определенный интеграл, как предел интегральных сумм.

Отдельный параграф посвящен обучению вычислений в среде Mathematica. В результате студент самостоятельно проводит полное исследование функции и строит ее график, используя аппарат производных, а затем в среде Mathematica проверяет свой результат.

Данное пособие является интерактивным учебником по математике и может с успехом использоваться для заочного и дистанционного обучения.

УДК 517.392

К приближенному вычислению интегралов типа Коши по разомкнутому контуру

Мелешко И.Н.

Белорусский национальный технический университет

В основе построения и приложений теории краевых задач для аналитических функций комплексного переменного лежат интегралы типа Коши. Поэтому эффективные методы их вычисления приобрели важное теоретическое и практическое значение.

Предлагается общий подход к построению приближенных формул для интегралов вида:

$$\Phi(z) = \Phi(f; z) = \frac{1}{\pi i} \int_{-1}^1 \frac{f(t)}{t-z} dt, \quad z \notin [-1, 1], \quad (1)$$

$$J(x) = J(f; x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(t)}{t-x} dt, \quad x \in (-1, 1), \quad (2)$$

основанных на аппроксимации плотности $f(x)$ выражением, от которого интегралы (1), (2) вычисляются точно.

Полагаем в (1), (2)

$$f(x) \approx \tilde{f}(x), \quad x \in [-1, 1]. \quad (3)$$

Тогда

$$\tilde{\Phi}(z) \approx \Phi(\tilde{f}; z), \quad \tilde{J}(x) = J(\tilde{f}; x). \quad (4)$$

Пусть $E(x) = f(x) - \tilde{f}(x)$ – остаточный член приближенной формулы (3). Тогда остаточные члены приближенных формул (4) могут быть представлены соответственно в виде

$$E_{\Phi}(z) = \Phi(E; z), \quad E_J(z) = J(E, z). \quad (5)$$

Погрешности приближенных формул (4) или, что одно и то же, абсолютные величины остаточных членов (5) в приложениях очень важно оценить числами, не зависящими от z и x . Для этого, оказывается, необходимо наложить на остаточный член приближенной формулы (3) $E(x)$ некоторые условия. Сконструированы интерполяционные квадратурные формулы, для которых получены равномерные оценки погрешностей.

УДК 517(07.07).

Формирование исследовательских способностей и навыков у студентов на занятиях по математике

Чепелева Т. И.

Белорусский национальный технический университет

Одной из форм познавательной деятельности студентов является их научно-исследовательское направление. Студент, обучаясь в вузе, должен уметь ставить и решать проблемные задачи и этому должен обучиться. Он должен умело владеть информационными технологиями и использовать их при выполнении домашних заданий, в первую очередь для проверки решаемых задач. Таким образом можно расширить кругозор студента даже при выполнении обычных домашних заданий, что будет являться первой

степенью его научной работы. При задании домашних работ целесообразно вводить алгоритмизацию задач; в этом случае выполняются абсолютно одинаковые по трудности работы, но с различными результатами расчетов. Параллельно студенты учатся у преподавателя составлять алгоритмы задач и примеров. При чтении лекций с использованием информационных технологий так же параллельно студенты учатся у преподавателя написанию понятных презентаций, чтобы потом использовать их при докладах на конференциях. Таким образом, внедрение информационных технологий в учебный процесс имеет ряд преимуществ.

Сутью научно-исследовательской работы студентов является их прикладная направленность, т.е. решение определенных прикладных задач. Решение прикладных задач связано с построением необходимых математических моделей. Здесь необходимо отразить связь математики с другими научными направлениями. Таким образом, формируется соответствующая база для описания динамических процессов некоторого технического либо другого объекта. Математической моделью является чаще всего система нелинейных дифференциальных уравнений. Для решения таких систем у студентов должна быть соответствующая научная база, студент должен уметь составлять и решать сложные дифференциальные уравнения, а для их составления необходимо изучить нелинейные системы и их особенности решений. Толковый список необходимой литературы и дополнительные консультации он получает от преподавателя. Важным фактором является изучение студентом для проведения успешной исследовательской работы готовых программных средств, так как для расчета задач, связанных с вычислением громоздких сумм используется MS EXCEL.

УДК 629.11.001.24:531.

Прогноз показателей эффективности производства

Чепелева Т. И.

Белорусский национальный технический университет

Прогнозирование показателей эффективности производства транспортных машин предполагает качественное проведение прогнозных расчетов каждого из них. Известно, что показатели используются для решения различных задач, причем каждый показатель несет определенную смысловую нагрузку. Требуется из всей системы методов прогнозирования найти такие, с помощью которых достигается более высокая точность прогноза рассматриваемого показателя. Более известными являются методы экспертных оценок в сочетании с методами экстраполяции, а

также факторные модели и методы оптимизации. Для частных относительных показателей, отражающих отношение всего выпуска продукции к одному из более важных факторов производства, используются однофакторные модели роста. К ним относятся в первую очередь модели для прогнозирования фондоотдачи, производительности труда при известных параметрах, выражающих эффективность соответствующего фактора. Процесс расширенного воспроизводства в течение достаточно длительного срока характеризуется не только соотношением показателей эффективности, но и соответствием долговременных пропорций между накоплением и потреблением. Для прогнозирования экономического роста используются оба типа динамики в зависимости от срока прогнозирования, а также от разрыва во времени между текущими расходами на накопление и предстоящим приростом потребления. Проведен графический анализ показателей эффективности производства транспортных машин, который показал, что линейную модель нельзя признать удачной. Далека от реальности и показательная модель. Значительно ближе к фактическим данным ложатся уровни, выровненные по параболической модели, хотя прогнозное несколько завышено. Дальнейшее исследование моделей проведено с помощью интервальных оценок. Погрешность, связанная с погрешностью оценивания параметров кривых и с отклонением отдельных наблюдений от тренда, характеризующего некоторый средний уровень ряда на каждый момент времени, отражена в виде доверительного интервала прогноза. Чем выше степень полинома, тем шире доверительный интервал.

УДК 681.51.033.26

Применение расширенного корневого годографа для синтеза устойчивых интервальных полиномов

Несенчук А.А.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Рассмотрим гурвицев характеристический полином вида

$$p(s) = s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_{n-2}s^2 + a_{n-1}s + a_n, \quad (1)$$

где a_j – вещественные коэффициенты, $j = 1, 2, \dots, n$, $s = \sigma + i\omega$.

На основе (1) требуется синтезировать новый устойчивый интервальный полином $\hat{p}(s)$.

Для решения задачи определим расширение E_n [1] полинома (1) выражением

$$E_n = \{p_k(s) = s^k + a_1s^{k-1} + \dots + a_{k-1}s + a_k\}, \quad (2)$$

где $k = \overline{1, n}$, $p_k(s) = p(s)$.

Полином

$$p_{k-1}(s) = (p_k(s) - a_k)/s \quad (3)$$

называется порождающим по отношению к полиному (2).

Утверждение 1. Корневой годограф порождающего полинома $p_{k-1}(s)$ относительно любого из его коэффициентов a_j представляет собой траектории начальных точек свободного годографа $p_k(s)$.

Утверждение 2. Если полином $p_{k-1}(s)$, который является порождающим по отношению к полиному $p_k(s)$, асимптотически устойчив, то все начальные точки свободного корневого годографа $p_k(s)$, за исключением нулевой, располагаются в левой полуплоскости корней.

Утверждение 3. Если все начальные точки свободного корневого годографа полинома $p(s)$ степени k , за исключением одной в начале координат, располагаются в левой полуплоскости s , то для асимптотической устойчивости этого полинома необходимо и достаточно, чтобы

$$0 < a_k < \inf A_k, \quad (4)$$

где A_k – множество значений свободного члена a_k в точках пересечения границы асимптотической устойчивости положительными ветвями корневого годографа $p(s)$.

Поэтому для синтеза интервального полинома на основе номинального полинома (1) требуется настроить последовательно, начиная с $n = 1$, каждый коэффициент a_j полинома (1) посредством настройки свободного члена a_k соответствующего k -го полинома расширения (2) согласно условию (4), приняв $k = j$.

Литература:

1. Несенчук, А.А. Корневой метод синтеза устойчивых полиномов путем настройки всех коэффициентов / А.А. Несенчук // Автоматика и телемеханика. – 2010. – № 8. – С. 13–24.

УДК 517.4

Асимптотическая устойчивость скалярного уравнения с запаздыванием

Шавель Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим скалярное дифференциальное уравнение с запаздыванием

$$\dot{x}(t) = f(t, x_t), f(t, 0) \equiv 0,$$

где $x_t(\theta) = x(t + \theta)$, $\theta \in [-r; 0]$, $r \in \mathbb{R}_+$. Предположим, что правая часть уравнения допускает оценку

$$-a(t)\mu(\varphi) \leq f(t, \varphi) \leq a(t)\mu(-\varphi),$$

где $a: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$, $\mu(\varphi) = \max\left\{0, \max_{-r \leq \theta \leq 0} \varphi(\theta)\right\}$, $\varphi \in C([-r; 0])$, $t \in \mathbb{R}_+$.

Пусть для некоторых $\alpha \leq \frac{3}{2}$ и непрерывной функции $p: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}$ имеют место условия

$$\int_t^{t+r} a(s) ds \leq \alpha + p(t), \forall t \in \mathbb{R}_+, \quad \int_{t-\Delta}^t a(s) p(s) ds \leq 0, \forall t \geq r,$$

где $\Delta = \Delta(t) = \min\left\{r, \sup\left\{0 \leq \tau \leq t: \int_{t-\tau}^t a(s) ds \leq 1\right\}\right\}$, а для любой непрерывной функции $u: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}$, такой, что $u(t) \rightarrow \text{const} \neq 0, t \rightarrow \infty$, верно $\int_a^\infty f(s, u_s) ds = \infty, \forall a > 0$. Тогда дифференциальное уравнение асимптотически устойчиво.

Если последнее условие заменить более сильным условием $\int_a^{a+T} f(s, u_s) ds > c, \forall a > 0$, где $T = T(c) > 0$ можно подобрать для любого $c > 0$, то дифференциальное уравнение равномерно асимптотически устойчиво.

УДК 519.85

Алгоритм решения задачи о ранце на основе перехода к подзадаче с минимально возможным числом вариантов

Чебаков С.В., Серебряная Л.В.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

Рассмотрим следующую постановку задачи о ранце [1,2]. Каждому

варианту из множества начальных данных R соответствует время и вероятность достижения цели. Общее время достижения цели при последовательном выполнении альтернативных вариантов из R ограничено величиной T . Допустимым будет такое подмножество, чье суммарное время выполнения альтернатив не превосходит величину T и при добавлении любого элемента из R становится больше T . Среди допустимых подмножеств требуется найти подмножество Q с максимальной суммарной вероятностью.

Предложена следующая математическая модель решения задачи о ранце, использующая аппарат многокритериальной оптимизации. На множестве R введено двухкритериальное транзитивное отношение предпочтения. Доминирующим является элемент из R , имеющий меньшее время и большую вероятность достижения цели. Предложен способ определения возможной избыточности множества начальных данных R в рассматриваемой задаче о ранце, основанный на разбиении элементов множества R на паретовские слои во введенном пространстве предпочтений. Разработан алгоритм перехода к инвариантной задаче с измененным значением ресурса времени T , новым набором начальных данных R' , являющимся подмножеством R и содержащим минимально требуемое для решения данной задачи число вариантов. Предложен алгоритм разбиения паретовского множества на ряд вложенных друг в друга подмножеств с упорядоченными по доминированию критериальными границами. Сформулированы достаточные условия того, что оптимальное подмножество Q представляет собой объединение всех элементов первых паретовских слоев, на которые разбивается множество R . Проведена оценка сложности предлагаемых алгоритмов и представлена общая схема решения задачи о ранце.

Литература:

1. Martello S., Toth P. Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations.– John Wiley & Sons, 1990.
2. Посыпкин М.А. Комбинированный параллельный алгоритм решения задачи о ранце // Труды IV Междунар. конф. «Параллельные вычисления и задачи управления» Москва, 27-29 октября 2008. – М., 1988. – С. 177-189.

**Методы математического
моделирования
в научных и прикладных
исследованиях**

**Анализ напряженно-деформируемого состояния
кубически анизотропных тел**

Акимов В.А., Мартыненко И.М.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе приводится анализ решения задач теории упругости для трансверсально и кубически анизотропных тел.

В первом случае определитель исходной задачи удалось записать в виде $\Delta = D_1 D_2 D_3$. Затем, на основании теоремы Боджо, решение было представлено в виде $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$, где $D_1 \varphi_1 = 0$, $D_2 \varphi_2 = 0$, $D_3 \varphi_3 = 0$. Здесь D_1, D_2, D_3 – дифференциальные операторы, а $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – функции [1]. Отметим тот факт, что в этой задаче удалось существенно продвинуться вперед и получить новые решения [1]. Проверкой правильности данного подхода явилось совпадение части решений с известными. Анализ полученных решений позволил увидеть характерные особенности распространения волн в среде с трансверсальной анизотропией.

Во втором случае (по-видимому, из-за отсутствия симметрии и нехватки других упругих констант, что лишает ее должного произвола) представить определитель в таком виде представить не удастся [2]. И тогда авторы предлагают следующий алгоритм. Представим определитель первой задачи в виде $\Delta = D_1 + D_2$, а решение в виде $\varphi = \varphi_1 \varphi_2$, где, как и ранее, $D_1 \varphi_1 = 0$, $D_2 \varphi_2 = 0$.

Это утверждение является очевидным, хотя, по существу здесь используется аналог теоремы Боджо. Однако отметим, что авторы не берутся утверждать, что они впервые столкнулись с данной проблемой. И в то же время, справедливости ради, укажем на тот факт, что строгого доказательства данного аналога теоремы им не известно. Тем не менее это обстоятельство не мешает на практике использовать эту идею для построения новых решений второй задачи с дальнейшим их сравнением с известными решениями.

Литература:

1. Акимов В.А. Операторный метод решения задач теории упругости. – Мн.: УП «Технопринт», 2003.- 101 с.

2. Акимов В.А. Анализ влияния кубической анизотропии на равновесие упругой среды // Наука – образованию, производству, экономике. Материалы 12-й Международной научно-технической конференции: В 4 томах. – Минск: БНТУ, 2014. – Том 3. – С.373.

О двух обратных задачах теории упругости

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Вначале напомним прямые задачи теории упругости для пространственного напряженно деформируемого состояния упругой изотропной среды. Условие первой из них заключается в том, что по заданному напряженному состоянию следует найти главные напряжения и расположение главных площадок [1]. Отметим, что эта задача является наиболее известной и выдается в качестве одного из индивидуальных заданий на строительных факультетах технических вузах при изучении курса теории упругости. Условие второй прямой задачи заключается в том, что надо найти напряжения на наклонной площадке по заданным напряжениям в точке [1]. Эта задача также хорошо известна и студентам, и специалистам, изучающим прочностные свойства материалов.

Хорошо известен тот факт, что многие, так называемые корректные задачи, имеют как прямые, так и обратные им задачи. Это, собственно, и натолкнуло автора на мысль попробовать решить обратные указанные выше задачи.

Ему удалось их решить, а именно, по главным напряжениям для первой задачи и напряжениям на наклонной площадке для второй задачи восстановить исходный тензор напряжений в заданной точке. Решение доведено до числа и сопровождается необходимой проверкой. При этом при решении второй обратной задачи использовались новые оригинальные математические выкладки и преобразования. Алгоритм решения обратных задач приводится впервые. Автор уверен в том, что их решение принесет несомненную пользу всем специалистам, работающим в данном направлении. Более подробный, чем ранее, анализ пространственного напряженно деформируемого состояния в точке позволяет более глубоко изучить прочностные свойства несущих элементов конструкций не только в отдельных сечениях, но и во всей конструкции в целом.

Отметим также то обстоятельство, что решение первой обратной задачи уже внедрено в учебный процесс и прошло апробацию в течение двух последних лет на строительном факультете БНТУ. Решение второй обратной задачи как бы замыкает поставленную проблему и придает ей дополнительную стройность и законченность.

Литература:

1. Сопrotивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебник / Под ред. Г. С. Варданяна. – М.: Издательство АСВ, 1995. – 568 стр. с илл.

**Организация практических занятий по математике
с применением компьютерной среды Mathematic**

Бачило Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

Специфика самого предмета «математика» такова, что основными в процессе обучения являются наглядно-вербальные средства в различных сочетаниях. Передача части обучающих функций техническому устройству преобразует деятельность и преподавателя, и студента, изменяя не только ее содержание и структуру, но и систему взаимоотношений между ними. Современные системы компьютерной математики резко повышают интерес учащихся к математике, подводят их к самостоятельному приобретению новых знаний и умений, повышают эффективность познавательной деятельности.

Новый подход к изучению некоторых тем, учитывающий произвольную тягу студентов к работе на компьютере, значительно улучшает результативность учебного процесса. В результате подобной организации практических занятий по математике, достигаются условия комфортности получения знаний по темам, где необходимы громоздкие предварительные вычисления и уже на первой стадии работы возникают сомнения в правильности выполняемых действий.

Тестирование показало, что 80% студентов высказываются за применение среды Mathematic на практических занятиях по математике. Mathematic – широко известная в мире система для выполнения как аналитических, так и численных расчётов со встроенными графическими и анимационными средствами. Она очень помогает в проверке проводимых построений и вычислений. Например, темы «Исследование функций и построение графиков», «Приложения определенного интеграла» являются очень трудоемкими. Здесь просто необходима помощь компьютера. Применение среды Mathematic помогает достигать следующие цели: индивидуализация учебного процесса; осуществление самоконтроля и самооценки; высвобождение учебного времени.

Наличие систем компьютерной математики обуславливают необходимость переориентации учебного процесса. Деятельность преподавателя при проведении занятия с применением компьютерной математической среды Mathematic заключается в следующем:

- 1) подборка учебных задач, подлежащих решению;
- 2) разработка новой методики выбранных задач;
- 3) подготовка к практическому применению новой методики и инструктаж студентов.

**Методические трудности, возникающие в процессе обучения
математике студентов-заочников технических специальностей,
и возможные пути их преодоления**

Вакульчик В.С., Жак В.А., Завистовская Т.И.
Полоцкий государственный университет

Приходится констатировать, что в обучении математике студентов-заочников технических специальностей в ПГУ возникли методические трудности, связанные с отменой контрольных работ. Разумеется, реализация сформулированных в рабочих программах целей обучения математике на практике становится еще более проблематичной. Обозначенная проблема обуславливает необходимость разработки и проектирования методических средств, форм и методов, оптимально возможно обеспечивающих функционирование содержательного и контролирующего компонентов процесса указанной формы обучения, а также организационно-управленческой деятельности преподавателя. Один из путей, обеспечивающих снижение степени воздействия отрицательных последствий выделенных методических трудностей, состоит в разработке специальных методических средств. Указанные средства обучения спроектированы нами с учетом целей, задач обучающего процесса, специфики содержания и формы его организации, на основе модульного, когнитивно-визуального, системного подходов к обучению математике, дидактических возможностей информационных технологий. Они позволяют во многом регламентировать процесс самостоятельного усвоения математической информации, подготовку к предстоящему экзамену.

Другой возможный путь решения поставленной задачи нами усматривается в разработке заданий минимально-базового уровня для осуществления контроля стандарта математических знаний. Названные задания требуют от студентов познавательной деятельности воспроизводящего уровня. Студенты заранее готовятся к ним, внимательно относятся к получению необходимых знаний, умений и навыков на лекционных и практических занятиях. Необходимо подчеркнуть, что типовые задания указанного уровня обязательно выдаются лектором во время проведения установочной сессии, обязательно включаются в содержание и структуру, к сожалению, численно ограниченных, аудиторных занятий.

Такой подход позволяет, с одной стороны, унифицировать требования лектора и ассистента к математическим знаниям минимального уровня, с другой стороны, студенты, зная о жестком требовании выполнения выделенных заданий, заранее готовятся к ним, внимательно относятся к получению необходимых знаний, умений и навыков на занятиях.

Модуль гидравлики в математике

Глушанкова Л.Я., Голубева И.А., Мороз О.А.
Белорусский национальный технический университет

В технических университетах высшая математика является обслуживающим предметом, обеспечивающим соответствующим математическим аппаратом изучение специальных дисциплин. Очевидно, что курс высшей математики служит фундаментом математической подготовки будущего инженера, основой формирования его творческой активности. Математическая компетентность – это умение видеть и применять математику в реальной жизни, понимать содержание и методы математического моделирования, умение строить математическую модель, исследовать ее и интерпретировать полученные результаты. Для ее формирования необходимо реализовать две основных задачи: с одной стороны, представить математику как целостную фундаментальную науку, которая есть абстрактная модель реального мира, а с другой – показать широкие возможности математических методов при их использовании в других учебных дисциплинах.

Для повышения уровня будущих инженеров предлагается вводить в учебный курс высшей математики комплекс профессионально ориентированных задач по мере прохождения тем курса и изучения студентами специальных дисциплин их будущего профиля.

Предмет «Гидравлика» широко использует математический аппарат, особенно дифференциальное и интегральное исчисление, и поэтому при изучении практически каждой темы курса высшей математики можно и нужно рассматривать задачи, посвященные определенным разделам гидравлики.

Например, при прохождении темы «Определенный интеграл», можно разобрать задачу определения силы избыточного давления жидкости на плоскую фигуру, вертикально расположенную в плоскости XOZ , или задачу на вычисление работы, которую надо затратить на выкачивание жидкости из котла, имеющего форму параболоида вращения; а при изучении обыкновенных дифференциальных уравнений – рассмотреть задачу установления время выравнивания уровней жидкости в двух сообщающихся сосудах.

Изучив потребности целевой аудитории и специализированных кафедр, мы пришли к выводу, что особое внимание следует уделить изучению тем:

- дифференциальные уравнения равновесия Эйлера;
- дифференциальные уравнения неразрывности потока;
- дифференциальные уравнения движения жидкости Навье-Стокса.

Повышение активной самостоятельной работы студентов

Глушанкова Л.Я., Голубева И.А., Мороз О.А., Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет

Велика роль активной самостоятельной работы студентов при получении вузовского образования, так как она приобщает студента к творческому и самостоятельному мышлению, учит находить новые нетрадиционные решения инженерных задач. Обучение студентов только со стороны преподавателей даже самой новейшей информацией и современными идеями теряет всякий смысл, если оно не будет соединено со встречным стремлением – с активной самостоятельной работой студентов. Этот принцип не нов, он апробирован многовековым опытом мировой высшей школы. Современные темпы научно-технического прогресса приводят к быстрому моральному износу знаний, получаемых студентом в вузе, а изменение характера производственной деятельности – к необходимости качественных изменений в системе подготовки специалистов. Переориентация обучения студентов с запоминания информации на развитие навыков самостоятельного творческого мышления, на умения применять полученные знания и навыки на практике – одна из главных задач преподавателя вуза.

С первого курса студента следует приучить к мысли, что самостоятельная работа начинается на учебных занятиях в процессе осмысления изучаемого предмета. К ней следует отнести умение слушать лекцию, правильно вести конспект, работать со справочным материалом. Залогом успеха в обучении является систематическая ежедневная самостоятельная работа студента, большое место в которой занимает подготовка к очередным учебным занятиям, на которых закрепляются и совершенствуются уже имеющиеся умения, развивается способность самостоятельно использовать свои знания для решения поставленных задач. А дидактически правильно организованные преподавателями занятия учат студентов логически мыслить, анализировать, обобщать. Регулярность самостоятельной работы контролируются в течение семестра с помощью контрольных работ, коллоквиумов, собеседований, консультаций. Итоговыми формами контроля являются зачеты и экзамены. Четко налаженный контроль самостоятельной работы студентов позволяет достигнуть ряд целей: это и контроль глубины приобретенных знаний, и проверка умений их использовать для решения инженерных задач, это и выявление творческого мышления студентов. Контроль знаний студентов – это, прежде всего, контроль организации и качества их самостоятельной работы; он создает широкие возможности использования обратной связи для дальнейшего совершенствования организации этой работы и методики преподавания.

Дифференцированный подход при организации самостоятельной работы студентов

Гурина Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы значительно усилился интерес преподавателей математики к проблеме дифференцированного подхода математического образования. Математика объективно является наиболее сложным предметом, требующим более интенсивной мыслительной работы, более высокого уровня обобщений и абстрагирующей деятельности. Поэтому невозможно добиться усвоения математического материала всеми студентами на одинаково высоком уровне. Это обусловлено в первую очередь разным уровнем подготовки студентов по математике. Поэтому дифференцированный подход во многом объясняется стремлением преподавателей таким образом организовать учебный процесс, чтобы каждый студент был оптимально занят с учетом его математических способностей и интеллектуального развития как на занятиях, так и при подготовке к ним, чтобы не допускать пробелов в знаниях и умениях, а в конечном итоге дать полноценную базовую математическую подготовку. Индивидуальный подход становится необходим не только для поднятия успеваемости слабых студентов, но и для развития сильных студентов.

В связи с сокращением аудиторных часов самостоятельная работа студентов приобретает особую важность в учебном процессе. Она формирует и развивает навыки творческого, самостоятельного, активного подхода обучающихся к решению поставленных задач. К этой работе надо подключать всех студентов. Хорошо подготовленным студентам предлагалось изучить прикладные вопросы по пройденному материалу. Например, из приложений определенного интеграла и дифференциальных уравнений в экономике (для студентов экономических специальностей) были подготовлены доклады по определению потребительского излишка в экономике, определению коэффициента неравномерности распределения доходов (коэффициента Джинни), по определению чистого дисконтированного дохода как основного показателя эффективности инвестиционных проектов, по модели естественного роста производства и динамической модели Кейнса. С этими докладами студенты выступили на занятиях, материалы записали на электронных ящиках групп потока, другие студенты получили задания составить или подобрать числовые примеры по этим темам. Выбор таких тем повышает мотивацию изучения многих разделов вузовского курса математики, способствует развитию профессионально важных качеств каждого отдельного студента.

Некоторые методы организации и контроля самостоятельной работы при изучении курса «Математика»

Дичковский Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Курс «Высшая математика» изучается на первом и втором курсах, когда большинство студентов испытывает затруднения, связанные с качеством школьного образования, отсутствием навыков ведения конспектов, самостоятельной работы с учебниками, неумением планировать свое время, и психологически не готовы к самостоятельной деятельности. Основные формы организации работы студентов, призванные решать эти проблемы, это – аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работы, которые тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга. Внеаудиторная самостоятельная работа играет главную роль и делится на обязательную, включающую самоподготовку студентов к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, и необязательную, связанную с углубленным изучением некоторых разделов математики.

Обязательная самостоятельная работа является основной и представляет собой логическое завершение аудиторных занятий. Целесообразно на первых занятиях рассказать студентам об основных методах и приемах конспектирования, работы с книгой, умению выделить главное из большого объема информации, приемам запоминания сложных формул.

С целью контроля внеаудиторной самостоятельной работы, целесообразно проводить текущий контроль в виде тестовых заданий с последующим собеседованием по обоснованию выбранных ответов.

Необязательная внеаудиторная самостоятельная работа включает проработку научной литературы и написание рефератов.

Вторым видом организации самостоятельной работы является работа аудиторная. Основным акцент необходимо делать на понимание студентами предлагаемого материала, а не на его запоминание. Для этого на практических занятиях самостоятельное решение задач всеми студентами сопровождается комментарием отдельных этапов решения. Такая форма проведения практических занятий имеет большую обучающую ценность и способствует развитию мышления студентов.

После окончания изучения каждого раздела курса математики можно проводить промежуточный контроль, который проводится в форме коллоквиума, устного собеседования, тестирования или контрольной работы. Итоговый контроль проводится в виде экзамена или зачета.

Таким образом, организация и контроль самостоятельной работы студентов, является важной частью образовательного процесса.

Самоподготовка студентов первого курса к тематическим контрольным работам по математике: методические рекомендации

Ерошевская Е.Л., Ерошевская В.И., Минченкова Л.П.
Белорусский национальный технический университет

Самоподготовка студентов является важным направлением в овладении математикой в техническом вузе. Успешность ее зависит от управляющей деятельности преподавателя, которая состоит в разработке и использовании методических рекомендаций, как в процессе изучения математики, так и при проведении контрольных тематических работ.

Преподаватель на практических занятиях не только должен научить студентов применять основные теоретические положения, формулы к решению конкретных типовых задач, но и сформировать у них убеждение в том, что предлагаемые методы и алгоритмы решения типовых задач, типовые виды деятельности являются основой для самостоятельного приобретения новых знаний, для совершенствования своего образования.

Рекомендации по самоподготовке студентов к тематической контрольной работе по математике предложены для студентов первого курса. Они рассчитаны на то, чтобы помочь студентам усвоить методы решения и подготовиться к контрольной работе.

Методические рекомендации содержат типичные задачи и указания, т.е. вспомогательные задачи к их решению.

Студенту работу следует начинать с попытки самостоятельно решить каждую основную задачу.

Решение любой задачи осуществляется по следующей схеме:

1. понимание условия задачи, осмысливание отдельных его элементов;
2. составление плана решения;
3. практическая реализация плана.

Правильность решения можно проверить по ответу. Если получен верный ответ, то на указания, т.е. вспомогательные задачи, можно не обращать внимания и переходить к решению следующей задачи. В противном случае можно воспользоваться указаниями, т.е. вспомогательными задачами, имеющими выборочную форму ответов, т.е. в виде теста.

Решая последовательно каждую вспомогательную задачу, можно будет решить и основную задачу и тем самым подготовиться к тематической контрольной работе.

Эксперимент был проведен на факультете горного дела и инженерной экологии и дал положительный результат.

Доклад иллюстрируется примерами.

**О равномерной глобальной достижимости двумерных равномерно
вполне управляемых линейных систем в частном случае**

Инц И.В.

Полоцкий государственный университет

Рассмотрим линейную управляемую систему

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad u \in \mathbb{R}^m, \quad t \geq 0, \quad (1)$$

с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами. Если управление u в системе (1) задано по принципу линейной обратной связи $u = U(t)x$, где $(m \times n)$ – матрица U предполагается измеримой и ограниченной, то (1) переходит в систему

$$\dot{x} = (A(t) + B(t)U(t))x, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0. \quad (2)$$

Определение [В.А. Зайцев]. Система (2) называется **равномерно глобально достижимой**, если найдется $T \geq 1$, что для любого $r \geq 1$ существует число $d = d(r) > 0$ такое, что для всякой $(n \times n)$ -матрицы H , удовлетворяющей неравенствам $\|H\| \leq r$ и $\det H \geq 1/r > 0$, и любого $t_0 \geq 0$ найдется такое измеримое и интегрально ограниченное на отрезке $[t_0, t_0 + T]$ управление U , удовлетворяющее условию $\|U(t)\| \leq d$ для всех $t \in [t_0, t_0 + T]$, при котором для матрицы Коши $X_U(t, s)$, $t, s \geq 0$, системы (2) с этим управлением обеспечивается равенство $X_U(t_0 + \sigma, t_0) = H$.

Е.Л. Тонковым было предложено исследовать систему (2) на наличие у нее такого свойства при предположении равномерной полной управляемости соответствующей системы (1). На основании этого подхода на сегодняшний день равномерная глобальная достижимость системы (2) была установлена лишь для двумерных равномерно вполне управляемых систем (1) с кусочно непрерывными и ограниченными коэффициентами в случае кусочной равномерной непрерывности матрицы B [Е.К. Макаров, С.Н. Попова], а также для линейных систем (1), удовлетворяющих более жесткому, чем равномерная полная управляемость, условию равномерной интегральной невырожденности [А.А. Козлов]. Других результатов по решению данной задачи ранее получено не было. В данной работе нами установлена

теорема. Пусть $n = 2$, $m \in \{1, 2\}$ и $A(t) \equiv 0$, $t \geq 0$. Если система (1) равномерно вполне управляема, то соответствующая ей система (2) обладает свойством равномерной глобальной достижимости.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант № Ф13М-055).

**Компетентностный подход в обучении
дисциплине «Математика» будущих инженеров**

Капусто А.В., Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

«Бурный рост техники, свидетелями которого мы являемся, требует от инженеров все более глубокой математической подготовки. Инженер в наши дни должен не только уметь практически решать задачи, укладывающиеся в традиционные рамки, но также формулировать и решать совершенно новые задачи, требующие применения новых математических методов». Данная цитата взята из предисловия И.Н. Векуа к русскому изданию «Modern Mathematics for the engineer» 1958 г. и не утратила актуальность для современной системы образования.

Одним из наиболее результативных направлений построения образовательной среды для овладения студентами как системными, так и специальными знаниями и умениями, выступает компетентностный подход. Анализ имеющихся подходов позволяет рассматривать понятия компетенции и компетентности в разрезе математической подготовки инженеров следующим образом: «компетенция» – совокупность математических знаний, умений и навыков, необходимых для решения как чисто теоретических, так и задач прикладного содержания; «компетентность» – способность использовать математические знания и умения в комплексе с приобретенными знаниями и умениями по другим дисциплинам в профессиональной сфере деятельности. В этой связи можно выделить следующие направления по совершенствованию учебного процесса: введение в учебные планы спецкурсов, охватывающих отдельные разделы математики, необходимые при решении инженерных задач, включаемых в курсовое и дипломное проектирование; участие кафедры математики в выполнении курсового или дипломного проектирования в рамках консультаций по математическим методам решения инженерных задач; интегрирование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в содержание ряда разделов дисциплины «Математика»; введение обобщающего спецкурса «Элементы ИКТ для инженерных расчетов» на третьем или четвертом курсе.

Подчеркнем также, что практико-ориентированное направление содержания материала при изложении дисциплины «Математика» с сохранением должного уровня научности и фундаментальности с одной стороны усилит интерес студентов к предмету, с другой стороны – приведет к формированию математической культуры, которая является составной частью профессиональной самостоятельности будущих инженеров.

Анализ эффективности функционирования n -канальных систем массового обслуживания и оценка их экономической рентабельности

Капусто А.В., Костюкова С.Н.

Белорусский национальный технический университет,
Полоцкий государственный университет

Теория массового обслуживания – область прикладной математики, характеризующаяся наличием некоторой обслуживающей системы, которая устанавливает зависимость между характером потока заявок, числом каналов обслуживания, производительностью отдельного канала и эффективностью обслуживания с целью нахождения наилучших путей управления этими процессами. Задача теории массового обслуживания – установить зависимость результирующих показателей работы (вероятности того, что заявка будет обслужена; математического ожидания числа обслуженных заявок и т.д.) системы массового обслуживания (СМО), от входных показателей (количества каналов в системе, параметров входящего потока заявок и т.д.).

Вместе с тем в решении прикладных экономических задач большой интерес представляют вопросы не теоретически оптимального функционирования СМО, а экономической рентабельности. Поэтому возникает потребность в учете следующих экономических показателей: общие затраты, издержки обращения, издержки потребления, затраты на обслуживание одной заявки, убытки связанные с уходом заявки, затраты на эксплуатацию канала, затраты простоя канала и т.д.

В качестве базовой модели рассмотрена n -канальная СМО с отказами, для которой известна методика определения срока окупаемости при следующих заданных параметрах функционирования: интенсивности потока заявок, производительности каждого канала, среднем доходе от обслуживания одной заявки, средних издержках при создании одного канала, затратах на эксплуатацию одного канала в единицу времени. В исследованиях на основе указанной модели рассмотрен ряд модификаций, позволяющих разрешить следующие вопросы, возникающие при создании СМО: целесообразность введения дополнительного канала обслуживания для сокращения срока окупаемости созданной системы; определение минимального числа каналов обслуживания, позволяющее выйти на окупаемость к заданному сроку; целесообразность сокращения одного канала обслуживания и изменение дисциплины обслуживания СМО (переход к СМО с очередью). Численное решение при различных параметрах показателей функционирования СМО выполнялось в среде Ms Excel, что позволило рассмотреть большое количество разных наборов параметров.

Применение приближенных вычислений определенных интегралов к решению географических задач

Кепчик Н.В.

Белорусский государственный университет

При решении ряда прикладных задач по географии встречаются определенные интегралы от функций, первообразные которых не выражаются через элементарные функции, да и природные объекты не укладываются в рамки строгой геометрической классификации. Это приводит к необходимости изучения приближенных методов вычисления определенных интегралов. Конечно, удобнее использовать для таких вычислений компьютеры. Тем более, сегодня основные методы входят во многие «пакеты» программ для численного анализа. При этом возникает ряд положительных образовательных моментов: реализуется идея связи изучаемых дисциплин (математики, географии и информатики); появляется возможность решать прикладные задачи, которые в силу своей громоздкости ранее не рассматривались; появляется возможность более эффективно использовать учебное время и сделать занятия более интересными.

Основные методы приближенных вычислений определенных интегралов хорошо известны, они основаны на геометрическом представлении интегральной суммы. В зависимости от характера приближений фигур к криволинейной трапеции выделяют: приближенное вычисление интеграла по формулам прямоугольников; приближенное вычисление интеграла по формуле трапеций; приближенное вычисление интеграла по методу Симпсона. Желательно все эти методы рассмотреть на занятиях, а в качестве домашнего задания можно дать задачи, каждую из которых необходимо решить разными методами и сравнить полученные результаты.

Примеры рассматриваемых на занятиях задач:

1. В «живом сечении» реки сделано 10 промеров через каждые 4 метра. При этом получены следующие глубины в метрах: 2,3; 3,2; 3,5; 3,4; 3,0; 3,5; 3,9; 4,2; 3,1; 2,1. Определите площадь «живого сечения» реки;

2. Определите объем горного массива, основание которого ограничено плоскостью с отметкой 200 м. Горизонтالي на карте, по которой планиметром измерены площади, ограниченные ими, проведены через 10 м по высоте. Вершина горы имеет отметку 288м. Результаты измерений:

Высотные слои (м)	200	210	220	230	240	250	260	270	280
Площади горизонталей (м.кв.)	98	90	79	67	60	48	34	21	11

Глобальная скаляризуемость трёхмерных линейных систем с разрывными и быстро осциллирующими коэффициентами

Козлов А.А.

Полоцкий государственный университет

Пусть дана линейная управляемая система

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad u \in \mathbb{R}^m, \quad t \geq 0, \quad (1)$$

с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными матрицами коэффициентов A и B . Замыкая систему (1) при помощи линейной обратной связи $u = U(t)x$, где $U(t)$ – некоторая измеримая и ограниченная $(m \times n)$ – матрица, получим однородную систему

$$\dot{x} = (A(t) + B(t)U(t))x, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0. \quad (2)$$

Рассмотрим также систему скалярного типа

$$\dot{z} = p(t)z, \quad z \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0, \quad (3)$$

с локально интегрируемой и интегрально ограниченной скалярной функцией $p: [0; +\infty) \rightarrow \mathbb{R}$.

Говорят, что система (2) *глобально скаляризуема* [С.Н. Попова, 2004], если для произвольной наперёд заданной локально интегрируемой и интегрально ограниченной на положительной полуоси скалярной функции $p = p(t)$, $t \in [0, +\infty)$, существует такое измеримое и ограниченное матричное управление $U = U(t)$, $t \geq 0$, размерности $m \times n$, что система (2) с этим управлением асимптотически эквивалентна системе (3).

В работе [1] была доказана глобальная скаляризуемость двумерной системы (2) с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами в случае равномерной полной управляемости [Е.Л. Тонков, 1979] соответствующей системы (1). В данной же работе получено обобщение этого результата на трёхмерный случай, т.е. доказана

теорема. Пусть $n = 3$, $m \in \{1, 2, 3\}$. Если система (1) равномерно вполне управляема, то соответствующая система (2) обладает свойством глобальной скаляризуемости.

Литература:

1. Козлов, А.А. Глобальная управляемость отдельных асимптотических инвариантов двумерных линейных систем с локально интегрируемыми коэффициентами / А.А. Козлов, И.В. Инц, А.Д. Бурак // «Молодежь в науке–2013»: Материалы Междунар. научн. конф. молодых ученых (Минск, 19–22 ноября, 2013) / НАН Беларуси, 2013. – С. 668-672.

**К вопросу о математической подготовке студентов
инженерных специальностей**

Королёва М.Н., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет,
Военная академия Республики Беларусь

Тезис «Техника – овеществленная математика» вполне может служить девизом и основным камертоном в обсуждении вопроса математической подготовки студентов инженерных специальностей.

Технические науки отражают глубинные свойства природы, материалов и средств естественного и/или искусственного происхождения, особенно с точки зрения их применения в деятельности человека. Математика отражает наиболее общие свойства природы. Как отмечал еще в XIII веке Роджер Бэкон: «Мир живет по определенным законам. И написаны они языком математики». Поэтому технические науки просто не могут не пользоваться математическим языком. А потому студенты технических вузов вынуждены с первых шагов основательно погружаться в глубины высшей математики.

В XVIII веке полностью сформировались технические вузы в современном их понимании, с соответствующими лекционными курсами и солидным лабораторным оборудованием. XIX-й и XX-й века лишь расширяли номенклатуру инженерных специальностей, наполняли, уточняли и совершенствовали содержание читаемых студентам курсов, сохраняя суть и основное содержание технического образования.

Происходящая с последней четверти XX-ого века информационно-технологическая революция в человеческой цивилизации привнесла инновационные изменения в образовательный процесс всей высшей школы. Учебные и лабораторные классы наполнились персональными компьютерами, полное переоснащение получили лекционные аудитории. Практически любая информация через Интернет и компьютерные сети стала доступна каждому, тем более, – студенту. Использование быстродействующих вычислительных машин и пакетов прикладных программ открывает новые возможности применения математических методов в реализации математических моделей с высокой степенью точности вычислений.

Перечисленные изменения, гуманизация и гуманитаризация высшего образования в нашей стране обусловили переход на стандарты так называемой «Болонской системы» с ее сокращением и частичным удлинением учебного процесса, с применением IT-технологий. большим упором на самостоятельную работу обучаемых. Впрочем, последнее есть реальное отражение сути высшего образования – «научить человека учиться».

Механико-математическое моделирование твердого деформируемого тела в условиях нейтронного облучения

Ширвель П.И., Чигарев А.В., Куликов И.С.

Белорусский национальный технический университет

Сотрудниками БНТУ развита теория стационарных, квазистационарных и нестационарных процессов в деформируемых твердых телах с учетом объемных изменений и физически нелинейных эффектов сплошных сред. Созданы механико-математические модели, алгоритмы и программные средства, реализующие модели деформирования облучаемых конструктивных элементов, позволяющие проводить численное моделирование кинетики напряженно-деформированного состояния в условиях воздействия потока импульсных частиц большой энергии (нейтронного потока). Проведен комплекс численных исследований по изучению механического поведения конструктивных элементов при квазистатическом воздействии неоднородных термосиловых и интенсивных радиационных полей. Разработанная инженерная методика расчета элементов конструкций по определению максимальных напряжений и деформаций на действие физических полей и механических нагрузок реализована в программном комплексе, который соответствует основным стандартам к приложениям для современных операционных систем.

В перспективе полученные результаты могут наряду с нейтронно-физическим и теплофизическим блоками стать одной из трех составляющих общего компьютерного кода для проведения комплексных расчетов нейтронно-физических, теплофизических и прочностных характеристик конструктивных элементов ядерных реакторов. Проведенное исследование является хорошим заделом для создания такой общей программы расчета характеристик ЯЭУ: нейтронно-физический расчет – теплофизический расчет – напряженно-деформированное-состояние и обратная связь: нейтронно-физический расчет – теплофизический расчет – напряженно-деформированное состояние, но уже с учетом изменившейся геометрии активной зоны в результате деформирования и т.д. Подчеркнем, что до настоящего времени вычислительная программа такого уровня нигде в мире не создана.

Дальнейшие планы предусматривают совместно со специалистами БГУИР, ФТИ НАН Беларуси, ОИМ НАН Беларуси и ОИЭЯИ – Сосны НАН Беларуси применение разработанных моделей и программных средств для определения оптимальных эксплуатационных нагрузок цилиндрических элементов конструкций и компонентов оборудования в машиностроении и энергетике.

Метод Диемитко формирования больших простых чисел

Королёва М.Н., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет,
Военная академия Республики Беларусь

В современном информационном обществе как никогда актуализированы все проблемы, связанные с созданием и успешным функционированием ИТ-технологий, особенно вопросы защиты информации. Современные криптографические системы – RSA, Рабина, Эль Гамала и их всевозможные модификации требуют для своего создания больших простых чисел размером порядка 512-1024 бита. Развиваемая с древних времен теория чисел оказалась неподготовленной к такому внешне простому вопросу. Систематизация теории сравнений привела к осознанию справедливости следующего утверждения.

Теорема 1. *Натуральное число $n > 1$ является простым тогда и только тогда, когда мультипликативная группа Z/nZ^* кольца классов вычетов Z/nZ по модулю n является циклической порядка $n-1$.*

Фактической переформулировкой теоремы о разложении любой конечной циклической группы в произведение своих примарных подгрупп является

теорема 2 (Тест Брилхарта-Лемера-Селфриджа, 1975). Пусть $n-1 = p_1^{r_1} \cdot p_2^{r_2} \cdot \dots \cdot p_s^{r_s}$ – разложение на простые множители. Пусть для каждого i , $1 \leq i \leq s$, существует такое целое b_i , что 1) $b_i^{n-1} \equiv 1 \pmod{n}$; 2) $b_i^{(n-1)/p_i} \not\equiv 1 \pmod{n}$. Тогда n – простое число.

Следующий тест явился результатом длительных исследований нескольких поколений математиков.

Теорема 3 (Диемитко, 1988). Пусть $n = qR + 1 > 1$, где q – нечетное простое число, R – четное и $R < 4(q+1)$. Если существует такое целое a , что $a^{n-1} \equiv 1 \pmod{n}$ и $a^{(n-1)/q} \not\equiv 1 \pmod{n}$, то n – простое.

Секрет теоремы Диемитко в том, что делители числа n , если бы и существовали, то они имели бы весьма специфический вид, что достаточно быстро проверяется. В силу означенного факта, теорема Диемитко долгое время была в основе стандарта формирования простых чисел Республики Беларусь и многих других стран.

Исследование трехмерных криволинейных траекторий движения автомобилей по участкам перестроения на транспортных развязках

Крушевский Е.А., Вишняков Н.В., Тарасов П.В.
Белорусский национальный технический университет

Ранее рассмотренная задача моделирования движения транспортного средства по координатам, полученным через равноотстоящие промежутки времени (аналог GPS-ГЛОНАСС сигналов), в плоском случае показала перспективность такого подхода для проектирования новых и реконструкции существующих транспортных развязок, а именно участков перестроения (маневрирования), на которых происходит переплетение ответвляющихся и вливающих в транзитное движение транспортных потоков с лево- и правоповоротных соединительных ответвлений.

В данной работе учтена третья координата, что соответствует участку маневрирования с изменяющейся высотой дорожного полотна (мосты, эстакады и т.п.). С применением методов сплайн-интерполяции получены аналитические выражения и построены графики мгновенных скоростей и ускорения движения транспортного средства на участке маневрирования. Каждая из компонент годографа интерполируется отдельно кубическими сплайнами. Узлами интерполяции являются моменты времени, соответствующие принятым GPS-ГЛОНАСС сигналам. Затем, по формулам

$$v(t) = \sqrt{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t) + \dot{z}^2(t)},$$
$$a(t) = (\dot{x}(t)\ddot{x}(t) + \dot{y}(t)\ddot{y}(t) + \dot{z}(t)\ddot{z}(t)) / v(t)$$

рассчитываются мгновенная скорость и ускорение.

Данная методика позволит в дальнейшем приступить к математическому моделированию интеллектуальных систем управления транспортным средством, которые позволят по заданным начальным и конечным скоростям транспортного средства в процессе перестроения и данным о движении основного транспортного потока управлять процессом перестроения на основе расчета наиболее безопасного и оптимального режима перестроения.

Литература:

1. В.Ф. Бубнов, В.В. Верременюк, Е.А. Крушевский, А.А. Кузнецова. БНТУ, 2011 // Математика» лабораторных работы для студентов строительных специальностей: в 4 частях. – Минск. 2011. – Часть 1. – № 4. – С. 49–57.
2. Сборник задач по математике для ВТУЗов: Специальные курсы / Под редакцией А.В. Ефимова, 1984.

**Классификация проблем обращения Якоби
и ее действительных аналогов для римановой поверхности с краем.**

Крушевский Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Наряду с классической проблемой обращения Якоби $\sum_{v=1}^h \zeta(q_v) \equiv q_\mu - k_\mu$ (mod периодов), где все обозначения были взяты из [1], [2] для римановой поверхности рода $h \geq 1$ с краем, рассмотрена т.н. «неклассическая» проблема обращения Якоби для полупериодов $\sum_{v=1}^h \zeta(q_v) \equiv q_\mu - k_\mu$ (mod $\frac{1}{2}$ периодов) ([3]).

Известно, что решение проблемы обращения Якоби для римановой поверхности с краем, реализация которой представлена как пространственная многосвязная область с h «дырками», дается тэта-функцией $\theta(\mathbf{u}) = \sum_{n \in \mathbb{Z}^h} \exp\{\pi i \cdot {}^t n \Omega n + 2\pi i \cdot {}^t n \mathbf{u}\}$, Ω - симметрическая матрица с положительно определенной мнимой частью, а верхний левый индекс t у вектора означает транспонирование. Данный ряд типа ряда Фурье быстро сходится, представляет собой целую функцию и обладает свойствами квазипериодичности.

При подстановке вместо \mathbf{u} вектора $\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}$ получаем т.н. тэта-функцию Римана $\theta(\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}) = \sum_{n \in \mathbb{Z}^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t n \mathbf{B} n + 2\pi i \cdot {}^t n (\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e})\}$, нули которой собственно и дают решение проблемы обращения Якоби. Для нахождения этих нулей после применения теоремы о логарифмическом вычете возникает СЛАУ.

Аналогичные выражения для тэта-функции Римана с полупериодами характеристиками, решающей проблему обращения Якоби для полупериодов, получены путем изменения ее аргумента с учетом свойств квазипериодичности $\theta(z) = \sum_{n \in \mathbb{Z}^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t (n + \frac{1}{2} \mathbf{E}_v) \mathbf{B} (n + \frac{1}{2} \mathbf{E}_v) + 2\pi i \cdot {}^t (n + \frac{1}{2} \mathbf{E}_v) (\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e})\}$, 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 // Актуальные проблемы современного анализа. – Гродно, 2009. – С. 69-83.

3. Зверович Э.И. Задача о модуле аналитической функции для многосвязной области // Тезисы докладов XI Белорусской математической конференции, Минск, 2012. – Ч. 1.

УДК 51(075.8):62

К вопросу оптимизации процесса обучения математике студентов факультета транспортных коммуникаций

Забавская А.В.

Белорусский национальный технический университет

Ключевую роль в прогрессивном экономическом развитии любого государства занимают профессионалы инженерных специальностей. Подготовкой специалистов в области строительства и эксплуатации автомобильных дорог в Беларуси занимается, к примеру, факультет транспортных коммуникаций БНТУ.

Одним из условий эффективного подхода в оптимизации процесса обучения математике студентов может выступить использование межпредметных связей курса математики и специальных дисциплин [1].

Нами выявлена связь математики со специальными дисциплинами специальности «Автомобильные дороги». Оказалось, что изложение большинства тем специальных дисциплин опирается на сведения из курса математики. Например, тема «Дифференциальное исчисление» используется при изучении дисциплин «Строительство автомобильных дорог» (Некрасов, В.К. «Строительство автомобильных дорог», 1957), «Логистика автодорог» (Леонович, И.И. «Диагностика автомобильных дорог», 2011), «Содержание и ремонт автодорог» (Бусел, А.В. «Ремонт автомобильных дорог», 2004); тема «Интегральное исчисление» – при изучении предметов «Отраслевая экология» (Могилевич, В.М. «Автомобильные дороги и охрана окружающей среды», 1986), «Дорожное грунтование и механика дорожного полотна» (Бабаскин, Ю.Г. «Дорожное грунтование и механика дорожного полотна», 2013).

Такое взаимное проникновение математических знаний и методов в различные специальные учебные предметы имеет прикладную и практическую значимость и требует разработки специального учебно-методического комплекса, учитывающего использование опережающих и сопутствующих межпредметных связей математики со специальными дисциплинами.

Литература:

1. Бровка, Н.В. Интеграция теории и практики обучения математике как средство повышения качества подготовки студентов / Н.В. Бровка. – Минск : БГУ, 2009. – 243 с.: ил.

Некоторые краевые задачи проводимости волокнистых материалов с идеальными наполнителями и включениями

Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Задача о проводимости волокнистых материалов с наполнителями и включениями в работе [1] сведена к задаче R-линейного сопряжения для некоторой специальной многосвязной области

$$(t - a_k)(\psi(t) - \overline{a_k}) = (t - a_k)\psi_k(t) - \overline{(t - a_k)}\overline{\psi_k(t)} + \beta_k, \quad |t - a_k| = r_k,$$

которая решается путем сведения к линейному функциональному уравнению

$$\psi_k(z) = \sum_{m \neq k} \left(\frac{r_m}{z - a_m} \right)^2 \overline{\psi_m(z_{(m)}^*)} + \frac{1}{z^2} \overline{\psi_0(z_{(0)}^*)} - a_k, \quad |z - a_k| \leq r_k, \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

решение которого приведено в [2]. В частности, задача имеет единственное решение в классе однозначных функций, определяемое с точностью до 1 постоянного слагаемого. В классе же многозначных функций эта задача имеет $(n + 1)$ R-линейно независимых решений, которые имеют вид

$$\Phi(z) = \begin{cases} \psi_k(z) - \sum_{m \neq k} \left(\frac{r_m}{z - a_m} \right)^2 \overline{\psi_m(z_{(m)}^*)} - \frac{1}{z^2} \overline{\psi_0(z_{(0)}^*)} + a_k, & |z - a_k| \leq r_n \\ \psi_0(z) - \sum_{m=1}^n \left(\frac{r_m}{z - a_m} \right)^2 \overline{\psi_m(z_{(m)}^*)}, & |z| \geq 1 \\ \psi(z) - \sum_{m=1}^n \left(\frac{r_m}{z - a_m} \right)^2 \overline{\psi_m(z_{(m)}^*)} - \frac{1}{z^2} \overline{\psi_0(z_{(0)}^*)}, & z \in D \end{cases}.$$

Данная задача возникает при исследовании проводимости волокнистых материалов с несколькими наполнителями (включениями), которые являются идеальными кругами.

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.: Riemann-Hilbert problems for multiply connected domains and circular slit maps, Comput. Methods Funct. Theory, n. 2, 575.

Некоторые свойства ограниченных решений почти периодических дискретных систем

Кулага В.М., Яско Ф.Ф.

Полоцкий государственный университет

Рассмотрим почти периодическую систему

$$f(n, x(n+k_1), x(n+k_2), \dots, x(n+k_q)) = 0 \quad (n \in Z^m). \quad (1)$$

Определение 1. Следуя Америо, ограниченное решение $x(n) \in B$ ($n \in Z^m$) почти периодической системы (1), где B – компактное множество, назовем *разделенным* во множестве $Z^m \times B$, если или оно единственное в B , или для всякого другого ограниченного решения $y(n) \in B$ при $n \in Z^m$ выполнено неравенство

$$\inf_{n \in Z^m} \|x(n) - y(n)\|_{C^m} > 0.$$

Определение 2. Будем говорить, что множества значений решений $A(x_i(n))$, $i=1, 2, \dots, N$, системы (1) *отделимы*, если $\overline{A(x_i(n))} \cap \overline{A(x_j(n))} = \emptyset$ при $i \neq j$, $i, j = 1, 2, \dots, N$.

Теорема 1. Если почти периодическая система (1) имеет ограниченные решения $x_1(n), x_2(n), \dots, x_n(n)$ при $n \in Z^m$, множества значений которых отделимы (B – компактное множество), а ограниченные решения из B при $n \in Z^m$ всех присоединенных систем разделены в $Z^m \times B$, то все эти ограниченные решения почти периодические.

Теорема 2 (Дискретный аналог теоремы Фавара).

Если каждая присоединенная однородная система не имеет ограниченных тривиальных решений, то для любой неоднородной системы $\sum_{k \in Z^m} A(n, k) x(n+k) = f(x)$, где $A(n, k)$ – почти периодическая по n матрица, $f(n)$ – почти периодическая функция, ее ограниченное решение, если оно существует, является почти периодическим.

Литература:

1. Яско Ф.Ф. Об устойчивости стохастических разностных систем // Тезисы докладов X Белорусской математической конференции, Минск, 3-7 ноября 2008 г. – Минск, 2008. – Ч. III. – С. 87.

Численное моделирование вихревых структур естественных потоков в русловых водохранилищах

Левкевич В.Е., Новиков А.А.*

ГНУ «Институт экономики, НАН Беларуси»,

*Белорусский национальный технический университет

Для описания транзитных и вихревых эффектов движения жидкости в русловых водохранилищах традиционно используется плановая модель

$$\text{«мелкой воды» Буссинеска-Сен-Венана } h_t + \nabla(h\vec{V}) = 0 \quad (1)$$

$$\text{и импульсов } \vec{V}_t + (\vec{V}\nabla)\vec{V} + g\nabla(h+b) + g|\vec{V}|\vec{V}/(c^2h) - \nu\nabla^2\vec{V} = 0 \quad (2),$$

где $b(x,y)$ – отметки заложения дна водоема. Граничные условия: нулевые скорости на береговой кромке кроме фрагментов верхнего и нижнего бьефов (для вихревой составляющей потока) и условия не протекания на береговых кромках для стационарной (транзитивной) составляющей.

Векторное поле скоростей в постановке (1)-(2) может быть разложено на две составляющие: потенциальную (стационарную) и вихревую (нестационарную). Оценка транзитной составляющей $V_{mp} = \text{grad } \varphi(x,y)$ получается из решения упрощенного аналога модели (1)-(2) неоднородного уравнения Лапласа $\nabla(h\vec{V}_{mp}) = 0$ (3), которое эффективно разрешимо методом разделения по пространственным факторам при предваряющей замене реальных входных-выходных бьефов, линейные размеры которых пренебрежительно меньше длины береговой линии точечными источниками известной и постоянной интенсивности равной известному транзитному расходу водоема.

Такая композиция решения позволяет вписать реальный водоем в прямоугольник, который покрывается равномерной разностной сеткой. В «сухих» узлах сетки задавались пренебрежимо малые глубины. Исходные данные о батометрии, известные только в отдельных точках, вычислялись для всех расчетных узлов сетки кубической сплайн-интерполяцией. Полученная по (3) стационарная и потенциальная по математическому описанию составляющая потока аддитивно исключается из общей задачи (1)-(2) и на образованном поле выполняется несколько временных шагов связанных именно с вихревыми составляющими потока. Для исключения эффектов схемной вязкости проводился сглаживающий пересчет данных получаемых на трех сетках кратного размера.

Для оценки вихревого воздействия вычислялась специальная характеристика «модуль колебания скорости» $p(x,y) = \max|\partial\vec{V}/\partial t|$.

**Планирование и реализация межпредметных связей
в процессе обучения математике на технических специальностях**

Мателенок А.П.

Полоцкий государственный университет

Цель курса высшей математики не только в овладении студентами фундаментальными знаниями, но и в реализации их профессиональной направленности, развитии у студентов навыков составления математической модели и ее исследования для задач прикладного характера. Поэтому для достижения поставленных целей следует привязывать обучение математике к конкретной предметной области специальных дисциплин инженерных специальностей. Для этого на лекционных и практических занятиях целесообразно постоянно подчеркивать практическую значимость изучаемых математических положений для усвоения общетеоретических, инженерных и специальных дисциплин, рассматривать прикладные задачи из различных разделов химии и физики в последовательности их изучения, указанной в программе высшей математике. Методика построения таких задач может быть следующей: после объяснения общих теоретических сведений, формулируется задача и выполняется построение, и исследование математической модели ее реализации, после приводится решение.

Эффективной формой организации поисковой познавательной деятельности студентов творческого уровня, реализации обозначенных целей является их участие в конференциях. Обучаемые получают задание прикладного характера, для решения которого им требуется применить как математические знания, так и знания по химическим, физическим, химико-технологическим наукам. Например, «Математическое моделирование процесса смешения при промывке нефти», «Исследование бесконечно длинных проводников с применением математического моделирования» и т.п. Все задания согласовываются с выпускающими (специальными) кафедрами. После выполнения таких задач студенты готовят доклады, на презентации которых присутствуют представители выпускающих кафедр. Если выступление и решение задач принимается и заслуживает высшей оценки, то в дальнейшем исследуемая модель используется для курсового проектирования.

Нам представляется, что предлагаемая методика включения в учебно-познавательный процесс реальных моделей при решении математических задач служит реализации принципов преемственности, прикладной направленности, отвечает требованиям непрерывности и целостности, единства и последовательности обучения студентов на выделенных специальностях.

Определение автокорреляции по критерию Дарбина-Уотсона

Минченкова Л.П., Ерошевская Е.Л., Ерошевская В.И.
Белорусский национальный технический университет

Наиболее известным критерием обнаружения автокорреляции первого порядка является критерий Дарбина-Уотсона. Суть его состоит в том, что на основе вычисленной статистики DW Дарбина-Уотсона делается вывод об автокорреляции.

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^T (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T e_t^2} .$$

Статистика Дарбина-Уотсона тесно связана с выборочным коэффициентом корреляции $r_{e_t e_{t-1}}$:

$$DW \approx 2(1 - r_{e_t e_{t-1}}).$$

Таким образом, $0 \leq DW \leq 4$, и ее значения могут указать на наличие либо отсутствие автокорреляции. Действительно, если $r_{e_t e_{t-1}}$ (автокорреляция отсутствует), то $DW \approx 2$. Если $r_{e_t e_{t-1}} \approx 1$ (положительная автокорреляция), то $DW \approx 0$. Если $r_{e_t e_{t-1}} \approx -1$ (отрицательная автокорреляция), то $DW \approx 4$.

Для более точного определения, какое значение DW свидетельствует об отсутствии автокорреляции, а какое – об ее наличии, была построена таблица критических точек распределения Дарбина-Уотсона. По ней для заданного уровня значимости α , числа наблюдений n и количества объясняющих переменных m определяются два значения: d_1 – нижняя граница и d_u – верхняя граница.

При использовании критерия Дарбина-Уотсона необходимо учитывать следующие ограничения:

1. критерий DW применяется лишь для тех моделей, которые содержат свободный член;
2. предполагается, что случайные отклонения $\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + v_t$;
3. статистические данные должны иметь одинаковую периодичность;
4. критерий Дарбина-Уотсона не применим для авторегрессионных моделей вида $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_m x_{tm} + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$.

Бинарная операция деления функциональных нулей

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Понятие «функциональный ноль» используется нами для наименования некоторого расширения известного свойства бесконечной малости функций одной переменной ($\varepsilon(x=x_0)$ – б.м.ф. если $\varepsilon(x=x_0)=0$ непрерывно) на функции двух переменных: $\varepsilon(x=x_0, y=y_0)$ -функциональный ноль (флюксия по терминологии Ньютона) если $\varepsilon(x=x_0, y=y_0)=0$ непрерывно. Прагматика нововведения: флюксии специального вида $\varepsilon_f(x, y)=f(x)-f(y)$ и $\varepsilon_\phi(x, y)=\phi(x)-\phi(y)$, являясь полноценными функциями двух переменных, при $x=y$ вырождаются не в функцию одной переменной, а сразу в константу-ноль, но формальное деление (разумеется, через предел) этих функций весьма часто порождает вполне благопристойную функцию одной переменной $\psi(x)$:

$$\frac{\varepsilon_f(x, y)}{\varepsilon_\phi(x, y)} \Big|_{x=y} = \lim_{x \leftrightarrow y} \frac{f(x) - f(y)}{\phi(x) - \phi(y)} = \psi(x) = \frac{df(x)}{d\phi(x)} \quad (1),$$

а сама означенная процедура является новой бинарной операцией порождения (из двух однотипных объектов создается третий объект того же типа) – дифференцированием.

Доказано, что для выполнения операции (1) необходимо, чтобы порядок малости у обеих флюксий $\varepsilon_f(x, y)$ и $\varepsilon_\phi(x, y)$ был одинаков, но вовсе не постоянен для разных значений аргумента x . Настораживающим звеном в доказательствах является количественное оценивание степени малости через привлечение операции потенцирования (возведения в степень) – операции третьего порядка, которая формально не нужна для (1). Тот факт, что для любой б.м.ф. $\varepsilon(x=x_0)$ существует эквивалентная б.м.ф. $\mu(x=x_0)=a(x-x_0)^b$ вообще-то относится к аксиоматическим ограничениям, последующее устранение которых приводит к появлению понятия «обобщенные функции».

Для сравнения малости флюксий можно непосредственно рассматривать отношение именно их порядков, которые, разумеется, вычисляются через логарифмы

$$\lim_{x \leftrightarrow y} \frac{\ln \varepsilon_f(x, y)}{\ln \varepsilon_\phi(x, y)} = \lim_{x \leftrightarrow y} \frac{\ln(f(x) - f(y))}{\ln(\phi(x) - \phi(y))} = P(x) \quad (2).$$

Просто показывается, что для большинства элементарных функций $f(x)$ и $\phi(x)$ пределы (2) не только постоянны на всей области определения, но равны $P(x)=1$. В качестве контр-примера: для $f(x)=x^3$ и $\phi(x)=x^2$ $dx^3/dx^2=3x/2$, а $P(x)=(1 \text{ при } x \neq 0 \text{ и } 3/2 \text{ при } x=0)$.

**Стандартные и творческие задачи в курсе математики
технических специальностей вуза**

Подкопаев П.А., Подкопаева Н.А.

Военная академия Республики Беларусь,

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в техническом вузе большое внимание уделяется корректирующему обучению студентов первого курса, помощи в устранении пробелов в знаниях по элементарной математике. Задачи, представленные в программном материале, направлены преимущественно на формирование определенных навыков действий по определенному алгоритму. В последствие встреча с задачами, отличающимися от шаблона, вызывают у студентов большие затруднения. Для поддержания и развития творческого потенциала обучаемого необходимо использовать набор задач творческого характера, для решения которых не требуется знания сверх программного материала.

В качестве примера приведем несколько задач, не выходящих за рамки программы, но требующих творческого мышления.

При изучении темы «Предел функции» предлагается найти односторонние пределы следующих функций: $f(x) = \frac{x^2 - 1}{|x^2 - 1|}$ при $x \rightarrow 1$,

$$f(x) = \frac{\sqrt{1 - \cos 2x}}{x} \text{ при } x \rightarrow 0.$$

В разделе «Дифференциальное исчисление функции одной переменной» можно предложить следующие задачи: 1) На кривой $y = x^3$ найти точку, в которой касательная параллельна хорде, соединяющей точки $A(-1,1)$ и $B(2,8)$; 2) Найти экстремумы функции $y = f(x)$, заданной параметрически: $x = t^5 - 5t^3 - 20t + 7$, $y = 4t^3 - 3t^2 - 18t + 3$, $t \in (-2, 2)$.

Эти задачи не относятся к задачам повышенного уровня сложности, но не являются и стандартными и требуют творческого подхода. При решении первой задачи используется теорема Лагранжа, что способствует углубленному пониманию одной из основных теорем раздела. При решении второй задачи студенты вырабатывают навыки работать с функциями, заданными параметрически.

Целью решения нестандартных задач в течение первого семестра является привлечение студентов к научно-исследовательской работе с самого начала их обучения в вузе.

Математическая модель кинематики процесса механической обработки сферических поверхностей деталей

Попок Н.Н., Кунцевич И.П., Хмельницкий Р.С.
Полоцкий государственный университет

В таких деталях как шаровая опора автомобиля, пробка шарового крана, подпятник погружного насоса и другие сферические поверхности должны быть изготовлены с высокой точностью и качеством. Для механической обработки сферических поверхностей деталей применяют такие способы как фасонное точение, точение по копиру, обработка на станках с ЧПУ, внутреннее и охватывающее фрезерование и т.п.

Одним из перспективных способов обработки сферических поверхностей является фрезерование с высокими скоростями резания. Применение высоких скоростей резания требует более детального анализа кинематики процесса фрезерования сферических поверхностей.

Процесс высокоскоростного фрезерования сферических поверхностей можно описать функцией: $F_i = f(D_{cf}, H, \beta, r, Rz, n_1, n_2, t)$, где D_{cf} – диаметр сферической поверхности детали, мм; H – высота сферической поверхности, мм; β – угол установки заготовки относительно инструмента, град; r – радиус скругления резца, мм; Rz – шероховатость сферической поверхности, мкм; n_1 – частота вращения инструмента, мин^{-1} ; n_2 – частота вращения заготовки, мин^{-1} ; t – время, с.

Входными постоянными параметрами процесса высокоскоростного фрезерования сферической поверхности будут являться D_{cf}, H, r, Rz, n_1 . Для определения параметров $\beta, S_o, n_2, V_1, V_2$ кинематики процесса высокоскоростного фрезерования сферических поверхностей деталей были выведены математические формулы. Например,

скорость движения инструмента V_1 :

$$V_1 = \pi \cdot n_1 \cdot \sqrt{D_{cf} \cdot H}.$$

скорость движения заготовки V_2 :

$$V_2 = n_1 \cdot S_o \cdot \sin(2\beta + 2(\pi - 2\beta) \cdot n_1 \cdot t).$$

Полученные зависимости скоростей вращения инструмента и заготовки от параметров фрезерования позволяют произвести точные расчеты их величин и обеспечить требуемую производительность, точность и качество обработки сферических поверхностей деталей.

**Расчет изменения геометрических параметров инструментов
в процессе механической обработки
сферических поверхностей деталей**

Попок Н.Н., Кунцевич И.П., Хмельницкий Р.С.
Полоцкий государственный университет

В процессе фрезерования сферических поверхностей деталей, особенно при высоких скоростях резания, значительное влияние на процесс обработки могут оказывать значения углов лезвия режущего инструмента. Поэтому необходимо знать значение углов в процессе обработки в кинематической системе координат. Как известно, зависимости главных переднего и заднего углов в статической и кинематической системе координат определяется из соотношений:

$$\gamma_k = \gamma_c + \sigma, \quad \alpha_k = \alpha_c - \sigma,$$

где γ_k и γ_c – главный задний угол соответственно в кинематической и статической системе координат, град; α_k и α_c – главный передний угол соответственно в кинематической и статической системе координат, град; σ – угол между кинематической и статической системами координат, град.

В результате вывода математической формулы по определению угла при повороте кинематической и статической системами координат, были получены следующие зависимости:

– если передний статический угол $\gamma_c > 0$, то угол σ имеет следующий диапазон:

$$\arctg(\cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \gamma_c) - \gamma_c < \sigma < \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \gamma_c}{\cos \varepsilon}\right) - \gamma_c,$$

– если $\gamma_c < 0$, то угол σ имеет следующий диапазон:

$$\arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \gamma_c}{\cos \varepsilon}\right) - \gamma_c < \sigma < \arctg(\cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \gamma_c) - \gamma_c,$$

где ε – угол, который образуют вектор скорости \bar{V}_1 и результирующий вектор скорости \bar{V}_p в плоскости резания P_{nk} .

В результате расчета по полученным математическим моделям угол σ близок к нулю, так как разность между скоростью V_1 – скорость вращения инструмента и скоростью V_2 – скорость вращения заготовки значительна.

Опираясь на вышеизложенное, можно сделать следующий вывод: углы в статической системе координат остаются неизменными и в кинематической системе координат.

**Связь решений нелинейного дифференциального уравнения
2-го порядка с заданной нелинейностью
с решениями уравнения Клейна-Гордона**

Самодуров А.А., Федорако Е.И.

Белорусский государственный университет,
Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим нелинейное дифференциальное уравнение 2-го порядка

$$y''_{xx} + f(x, z)y'_x + \Phi(y, z) + F(x, z) = 0, \quad (1)$$

где $y(x, z)$ – функция переменных x и z , постоянная, $f(x, z)$, $\Phi(y, z)$ и $F(x, z)$ – аналитические функции своих переменных.

Покажем, что решения уравнения (1) связаны с решениями уравнения Клейна-Гордона

$$U_{xz} = G(U). \quad (2)$$

Для этого в уравнении (2) выполним замену переменных:

$$U = y + p(x, z), \quad x_1 = p_1(x, z), \quad z_1 = z, \quad (3)$$

где $y(x, z)$ – новая неизвестная функция, $p(x, z)$ и $p_1(x, z)$ – дважды непрерывно дифференцируемые функции.

В результате выполнения замены приходим к уравнению (1), где

$$f(x, z) = \frac{p''_{1xz}}{p'_{1x} \cdot p'_{1z}}, \quad \Phi(y, z) = \frac{F(y + p(x, z))}{p'_{1x} \cdot p'_{1z}}, \quad F(x, z) = \frac{p''_{xz}}{p'_{1x} \cdot p'_{1z}}.$$

Тогда если $y_0(x, z)$ – решение уравнения (1), то $U_0 = y_0 + p(x, z)$ является решением уравнения (2) при выполнении соотношений (3). Решения уравнения (2) для различных видов правой части известны и приведены в пособии [1]. Связь между решениями двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка вида (1) можно также находить с использованием методов теории непрерывных групп преобразований, как было сделано в статье [2].

Литература:

1. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики. – М.: Физматлит, 2002. – 432 с.
2. Самодуров А.А., Федорако Е.И. О связи между решениями двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка // Доклады БГУИР. – 2011. – №8 (62). – С. 5–8.

Решение интегрального уравнения с функцией Бесселя-Клиффорда в ядре

Скоромник О.В., Александрович Т.А.
Полоцкий государственный университет

Рассматривается интегральное уравнение:

$$\frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x (x^\sigma - t^\sigma)^{\alpha-1} \bar{J}_{\frac{\alpha-1}{2}} [\lambda(x^\sigma - t^\sigma)] f(t) dt = g(x), \quad x > a \quad (1)$$

($\sigma > 0$, $0 < \alpha < 1$, $\lambda \in R$ – некоторый параметр), содержащее в ядре функцию Бесселя-Клиффорда $\bar{J}_\nu(z)$, определяемую по формуле [1, §37.1]:

$\bar{J}_\nu(z) = \Gamma(\nu+1) \left(\frac{z}{2}\right)^{-\nu} J_\nu(z)$ ($|z| < \infty$); где $J_\nu(z)$ – функция Бесселя первого рода [1, §1.3], [2, гл. 9].

Получено решение уравнения (1):

$$f(x) = \sigma \frac{2\Gamma(\alpha) \sin\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\alpha+1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1-\alpha}{2}\right)} \frac{d}{dx} \int_a^x (x^\sigma - t^\sigma)^{-\alpha} \bar{J}_{\frac{\alpha}{2}} [\lambda(x^\sigma - t^\sigma)] t^{\sigma-1} g(t) dt \quad (2).$$

Теорема. Для того чтобы уравнение (1), $0 < \alpha < 1$, $\sigma > 0$, было разрешимо в пространстве $L_1(a, b)$, необходимо и достаточно, чтобы

$$f^{\lambda, \alpha}(x) = \frac{2\Gamma(\alpha) \sin\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\alpha+1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1-\alpha}{2}\right)} \times$$

$$\times \int_a^x (x^\sigma - t^\sigma)^{-\alpha} \bar{J}_{\frac{\alpha}{2}} [\lambda(x^\sigma - t^\sigma)] \sigma t^{\sigma-1} g(t) dt \in AC([a, b]),$$

$f^{\lambda, \alpha}(a) = 0$. При выполнении этих условий уравнение (1) имеет единственное решение, определяемое формулой (2).

Литература:

1. Самко С. Г., Килбас А. А., Маричев О. И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 688 с.

2. Абрамовиц М., Стиган И. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами. – Москва: Наука, 1979. – 831с.

**Моделирование температурных полей многослойной пластины
методом разделения переменных**

Сороговец И.Б., Макаренко М.В.,
Полоцкий государственный университет

Рассматривается одномерное нестационарное температурное поле k -слойной пластины с различными теплофизическими характеристиками слоев. Между слоями установлен идеальный тепловой контакт. Ось Ox проходит перпендикулярно плоскостям, ограничивающим пластину. Математическая модель задачи определения температуры такого тела представляет собой систему из k уравнений теплопроводности, $k-1$ условий сопряжения, начального и граничных условий. Для температуры i -го слоя $i = 1, 2, \dots, k$ при однородных граничных условиях получены решения

$$T_{i,n}(x_i, t) = e^{-v_n^2 t} \left(A_i \cos \left(\frac{v_n x_i}{\sqrt{a_i}} \right) + B_i \sin \left(\frac{v_n x_i}{\sqrt{a_i}} \right) \right) (x_i \in [b_{i-1}, b_i], b_0 = 0) \quad (1),$$

где A_i, B_i удовлетворяют системе $2k-2$ линейных уравнений с коэффициентами, зависящими от решаемой краевой задачи, v_n – корни характеристического уравнения, a_i – коэффициент температуропроводности i -го слоя.

При $k=2$ и $k=3$ найдены на ЭВМ корни v_n и построены в явном виде решения (1) для всевозможных краевых задач. Введем функции $Y_n(x)$, «склеенные» из

$$A_i \cos \left(\frac{v_n x_i}{\sqrt{a_i}} \right) + B_i \sin \left(\frac{v_n x_i}{\sqrt{a_i}} \right) \text{ при } x = x_i.$$

Показано, что $Y_n(x)$ являются собственными функциями линейного интегрального оператора Фредгольма 2-го рода с вещественным симметричным ядром. Этим доказана ортогональность системы $Y_n(x)$ и разложимость по этой системе дважды непрерывно дифференцируемых функций, удовлетворяющих граничным условиям рассматриваемых задач.

Решения соответствующих неоднородных краевых задач представлены в виде рядов Фурье по ортогональным системам функций $T_n(x, t) = \exp(-v_n^2 t) \cdot Y_n(x)$ ($n = 1, 2, \dots$).

О проведении олимпиады по математике в техническом вузе

Федорако Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Организация и проведение предметных олимпиад и конкурсов, привлечение и подготовка к участию в них студентов и аспирантов является одной из важнейших задач современного профессионального образования. Целью проведения олимпиады по математике в БНТУ является повышение интеллектуального развития и математической подготовки студентов, а также выявление наиболее талантливых из них.

В мае 2015 года на базе кафедры «Высшая математика №3» была проведена Республиканская олимпиада по математике для учреждений высшего образования, осуществляющих подготовку специалистов инженерно-технического профиля. Участники олимпиады были разбиты на две группы: I группа – студенты 1-го курса, II группа – студенты 2–4-го курсов.

Отличительной особенностью курса математики в техническом вузе является не столько глубокое погружение в теорию, сколько его прикладная направленность. Поэтому в ходе подготовки заданий для проведения олимпиады оргкомитет руководствовался следующими критериями отбора:

- 1) решения задач должны опираться на базовые знания студентов по основам изучаемого курса математики;
- 2) задачи должны различаться по уровню сложности: в предлагаемом на олимпиаде комплекте задач должны присутствовать задания от «почти стандартных» до достаточно сложных;
- 3) задачи должны быть разнообразными как по содержанию, так и по методам решения и отражать базовые разделы математической подготовки студентов;
- 4) формулировка задач должна быть предельно краткой и четкой;
- 5) значительная часть заданий должна иметь прикладной характер.

Данные критерии были выдержаны при подготовке задач для проведения олимпиады, что и было отмечено руководителями участвовавших команд. Анализ результатов олимпиады выявил направления по совершенствованию подготовки как участников команд, так и всех студентов в целом. Участие 10 команд, хорошие работы студентов позволяют признать первый опыт проведения олимпиады по математике в БНТУ успешным.

Литература:

1. Аракчеев А.С. Избранные задачи математических олимпиад для втузов: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2011. – 128 с.

**Организация студенческих научных конференций
«Математика в геодезии»**

Хотомцева М.А.

Белорусский национальный технический университет

Студенческие научные конференции являются одним из лучших методов активного обучения, позволяют выделить наиболее активных и логически мыслящих студентов, способных к эффективной самостоятельной работе, которые в дальнейшем смогут заниматься творческой научной работой.

На кафедре «Высшая математика» №3 совместно с кафедрой «Инженерная геодезия» второй год подряд проводятся научные конференции для студентов первого и второго курсов, посвящённые применению математических методов в высшей геодезии и геодезических науках.

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.

В процесс подготовки работ и выступлений вовлечены практически всех студентов, обучающихся на данной специальности.

Студенты организовываются во «временные трудовые коллективы» по 3-4 человека. Разделение обязанностей внутри коллективов способствует выработке умения работать в команде. При подготовке работ приветствуется использование литературы на иностранных языках, поиск информации в специализированных научных журналах. Доклады проходят в форме презентаций с привлечение мультимедийных устройств.

Критериями оценки выступлений на конференции служат:

- владение материалом;
- полнота раскрытия темы доклада;
- формулировка выводов по результатам работы;
- качество презентации;
- использование оригинальных источников.

Путем голосования всех студентов первого и второго курсов по приведённым выше критериям определяют трёх победителей среди студентов по курсам.

Участие в подготовке работы и выступления с докладом стимулирует личный интерес студента к тем проблемам, которые он будет решать в профессиональной деятельности, и приобщает студентов к самостоятельному приобретению знаний.

Инженерная математика

Взаимосвязь между компонентами двухсолитонного решения уравнения Кортевега – де Фриза

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

Нелинейное уравнение в частных производных Кортевега – де Фриза (КдФ) при помощи новой независимой переменной, соответствующей случаю распространяющихся волн, может быть записано в виде нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Для тривиального решения уравнение КдФ допускает авто-преобразование Бэклунда, которое позволяет в явном виде найти связь между односолитонным решением уравнения КдФ и уравнением Риккати. Такой подход к построению решения оказывается весьма эффективным, т.к. для решения уравнения Риккати дополнительно удается получить неоднородное дифференциальное уравнение третьего порядка, левая часть которого представляет собой производную Шварца [1].

Наряду с односолитонным решением уравнения КдФ, для решения практических задач широко используется также и его двухсолитонное решение. В этой связи представляет интерес исследовать, как изменится в этом случае вышеупомянутое дополнительное условие, которому должно удовлетворять решение уравнение Риккати. Данная задача была рассмотрена для двух случаев, когда соответствующие моменты времени, удалены достаточно далеко в прошлое или будущее относительно момента времени взаимодействия компонент двухсолитонного решения. В такой постановке двухсолитонное решение можно представить в виде суммы двух односолитонных компонент $y_1(x, t)$ и $y_2(x, t)$.

Если полностью пренебречь взаимодействием между решениями, соответствующими удаленному прошлому или будущему, то для каждой из компонент задача просто сводится к односолитонному случаю. Если же такое взаимодействие учитывать, то можно построить систему двух связанных нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений третьего порядка для функций $y_1(x, t)$ и $y_2(x, t)$. Используя данную систему уравнений, удается получить соотношение для компонент двухсолитонного решения, инвариантное относительно их перемены местами. В ряде частных случаев для этого соотношения удается получить решение в явном виде.

Литература:

1. Lidsey J.E. Cosmology and the Korteweg - de Vries equation // <http://xxx.lanl.gov> (arXiv: astro-phys/1205.5641).

**О разделении переменных центра масс и относительного движения
в трехмерных пространствах с радиусом кривизны,
зависящим от времени**

Курочкин Ю.А., Шелковский Д.В., Боярина И.П.
Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,
Белорусский национальный технический университет

Проблема взаимодействия двух частиц в пространствах постоянной кривизны является достаточно сложной. Это связано с тем, что разделение переменных относительного движения и центра масс невозможно ни в классических уравнениях, ни в уравнении Шредингера [1-2], так как в задачах механики нескольких материальных точек в пространствах постоянной кривизны не выполняется принцип относительности Галилея.

В [3], опираясь на методы развитые в [4], определены выражения для координат центра масс двух материальных частиц и относительные координаты на трехмерной сфере и в трехмерном пространстве Лобачевского. Рассмотрены некоторые частные случаи в которых разделение переменных центра масс и относительного движения в упомянутых задачах возможно [5]. В данной работе в терминах бикватернионов, введены выражения центра масс и относительного движения в трехмерных пространствах Лобачевского и Римана с радиусом кривизны, зависящим от времени. Построено нерелятивистское действие для двух материальных точек в этих пространствах. Подынтегральное выражение данного действия только слагаемым, представляющим собой квадрат производной радиуса кривизны по времени, отличается от действия в случае пространств с радиусом кривизны, не зависящим от времени. Задача разделения переменных центра масс системы двух частиц и их относительного движения сводится к тому же результату, что и в пространствах с постоянным радиусом (переменные не разделяются). Работа выполнена при поддержке БРФФИ, грант № Ф14АРМ -029.

Литература:

1. Щепетиллов А.В. // Анализ и механика на двухточечно-однородных римановых пространствах. – Москва-Ижевск: R &D Dynamics. – 2008 – 333 с.
2. Kurochkin Yu., Otchik V. // Proc. of the Intern. Workshop on Quantum Systems: New Trends and Methods , 9-16 June 1999, Minsk, Belarus. – Minsk, 1999. – P. 99–103.
3. Курочкин, Ю.А., Шёлковский, Д.В. // Ковариантные методы в теоретической физике, вып. 6. – Минск, 2005. – С. 91–94.
4. Березин А.В., Курочкин Ю.А., Толкачев Е.А. // Кватернионы в релятивистской физике. – М.: УРСС, 2003. – 200 с.

5. Курочкин, Ю.А., Шёлковий, Д.В., Боярина И.П. //Сб. научных трудов IV конгресса физиков Беларуси –2013. - Минск. - С. 68,69.

УДК 535.36

Об аналитическом представлении функции Грина уравнения переноса излучения для случая точечного источника

Роговцов Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Одной из сложнейших проблем оптики дисперсных сред и теории переноса излучения является отыскание функции Грина для уравнения переноса излучения (RTE) для случая произвольной индикатрисы рассеяния и наличия в бесконечной дисперсной среде точечного (изотропного или мононаправленного) источника. Данная проблема является канонической для теории переноса излучения (RTT), и ее решение может (в рамках метода редукции общих соотношений инвариантности (GIRRM) [1]) использоваться при рассмотрении других краевых задач для RTE. В статьях [2, 3] были найдены аналитические представления для решений характеристических уравнений RTT и функции Грина для случая произвольной индикатрисы рассеяния и плоскопараллельной бесконечной дисперсной среды, содержащей плоский мононаправленный источник. Данные аналитические представления и свойства трехмерного преобразования Фурье были использованы для получения аналитического представления функции Грина RTE, когда бесконечная дисперсная среда содержит точечный изотропный (или мононаправленный) источник. При этом никаких существенных ограничений на индикатрису рассеяния не накладывалось. Аналитическое представление функции Грина, когда дисперсная среда содержит точечный источник, можно использовать для решения прикладных многомерных проблем RTT и оптики дисперсных сред.

Литература:

1. Rogovtsov, N.N., General Invariance Relations Reduction Method and Its Applications to Solutions of Radiative Transfer Problems for Turbid Media of Various Configurations // Light Scattering Reviews, Kokhanovsky, A.A., Ed. – Chichester. – 2010, vol. 5. – P. 249 – 327.

2. Rogovtsov, N.N., Constructive Theory of Scalar Characteristic Equations of the Theory of Radiation Transport: Basic Assertions of the Theory and Conditions for the Applicability of the Truncation Method // Differential Equations. – 2015, No. 2. – P. 268 – 281.

3. Rogovtsov, N.N., Constructive Theory of Scalar Characteristic Equations of the Theory of Radiation Transport: II. Algorithms for Finding Solutions and Their Analytic Representations // Differential Equations. 2015. – No. 5.

Программное обеспечение в дистанционном образовании

Бокуть Л.В., Соловей М.П.*

Белорусский национальный технический университет,

*Высший государственный колледж связи

В настоящее время использование Интернет-технологий и дистанционного обучения открывает новые возможности для непрерывного обучения специалистов и повышения их квалификации.

Дистанционное обучение – совокупность технологий, обеспечивающих доставку обучаемым основного объема изучаемого материала, интерактивное взаимодействие обучаемых и преподавателей в процессе обучения, предоставление обучаемым возможности самостоятельной работы по освоению изучаемого материала, а также в процессе обучения.

Эффективность дистанционного обучения существенно зависит от используемой в нем технологии. Возможности и характеристики технологии дистанционного обучения должны обеспечивать максимально возможную эффективность взаимодействия обучаемого и преподавателя в рамках системы дистанционного обучения. Сложное в использовании программное обеспечение не только затрудняет восприятие учебного материала, но и вызывает определенное неприятие использования информационных технологий в обучении. Программное обеспечение для дистанционного обучения представлено как простыми статическими HTML-страницами, так и сложными системами управления обучением и учебным контентом (Learning Content Management Systems), использующимися в корпоративных компьютерных сетях. Успешное внедрение электронного обучения основывается на правильном выборе программного обеспечения, соответствующего конкретным требованиям. Эти требования определяются потребностями обучаемого, потребностями преподавателя и администратора, который должен контролировать установку, настройку программного обеспечения и результаты обучения.

Во всем многообразии средств организации электронного обучения выделяют следующие группы:

- авторские программные продукты (Authoring Packages);
- системы управления обучением (Learning Management Systems – LMS);
- системы управления контентом (Content Management Systems – CMS);
- системы управления учебным контентом (Learning Content Management Systems - LCMS).

В работе рассмотрены основные черты каждой из данных групп.

**Типовые каналные помехи,
действующие в сетях переменного тока**

Бокуть Л.В., Деев Н.А.*

Белорусский национальный технический университет,

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Промышленная электрическая сеть представляет очевидную альтернативу различным проводным и беспроводным низкоинформационным каналам передачи данных в системах телеметрии, удаленного управления, оповещения и сигнализации. Однако высокий уровень помех в линиях электропитания существенно ограничивает применение их в качестве трансляционных систем. Поэтому использование промышленной сети переменного тока 230В в качестве информационного канала требует проведения анализа помеховой обстановки в сети и разработки моделей типовых помех, действующих в канале.

Как известно, качество электроэнергии электрических сетей далеко от идеального. Кроме кратковременных помех, в сетях присутствуют и долговременные помехи, обусловленные перепадами сетевого напряжения. Последние также приводят к сбоям в работе аппаратуры. Наиболее опасными для аппаратуры являются импульсные помехи.

Международные и национальные стандарты различают следующие виды импульсных помех: наносекундные, микросекундные и колебательные затухающие помехи. Практически все реальные импульсные помехи могут быть представлены как комбинации этих трех помех. Если устройство устойчиво к указанным типам помех, то с высокой степенью вероятности оно будет устойчиво и к реальным помехам, независимо от их происхождения.

Наносекундные импульсные помехи вызываются срабатыванием механических контактов выключателей и реле. Этот тип помех является причиной большинства сбоев. Кроме однократных наносекундных помех в сетях присутствуют пакеты наносекундных импульсных помех.

Микросекундные импульсные помехи возникают в системах электропитания в результате коммутационных переходных процессов (переключения конденсаторных батарей, переключения мощных нагрузок тиристорами, короткими замыканиями цепей на землю, дугowymi разрядами на систему заземления электрических установок); переходных процессов из-за разрядов молний.

В работе представлены схема математической модели микросекундной импульсной помехи от коммутационных переходных процессов, а также схема математической модели колебательной затухающей помехи.

**Моделирование процессов плавления и отвердевания,
иницируемых в эпитаксиальных слоях GeSi
воздействием нанопульсового излучения**

Гацкевич Е.И.¹, Ивлев Г.Д.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный университет

Многослойные GeSi-структуры широко исследуются как потенциальные материалы для современных тонкопленочных транзисторов, солнечных элементов, фотодиодов, инфракрасных детекторов и других оптоэлектронных приборов. Важным свойством GeSi-слоев является то, что сплавы Ge с Si могут иметь ширину запрещенной зоны от 1.12 эВ (Si) до 0.6 эВ (Ge) в зависимости от содержания Ge в пленке.

Свойства готовых структур, полученных разными способами, можно модифицировать, облучая их короткими лазерными импульсами.

Настоящая работа посвящена моделированию лазерно-индуцированных процессов в трехслойных GeSi структурах. Исследовалось воздействие колоколообразных импульсов излучения рубинового лазера длительностью 80 нс с равномерным распределением плотности энергии по зоне облучения.

Моделирование динамики нагрева и плавления гетероструктур проводилось на основе численного решения задачи Стефана. Задача решалась в одномерном приближении. Моделировалось воздействие на 3 типа структур:

- 1) $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}/\text{pc-Si}/\text{c-Si}$;
- 2) $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}/\text{pc-Si}/\text{c-Si}$;
- 3) $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}/\text{c-Si}$.

Для сравнения аналогичные вычисления проводились и для монокристаллического кремния. В расчете учитывались температурные зависимости оптических и теплофизических параметров слоев, а также зависимость их от фазового состояния.

Получены временные зависимости температуры поверхности и каждого слоя, а также временные зависимости глубины проплавления. Последовательность фазовых переходов в многослойной структуре зависит от плотности энергии облучения. На стадии отвердевания в температурной зависимости поверхностной температуры может наблюдаться два плато. Первое плато соответствует кристаллизации расплавленного кремния, второе – кристаллизации $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$ слоя. Длительности плато определяются параметрами многослойной системы. Динамика существенно зависит от плотности энергии излучения и толщины теплоизолирующего слоя (pc-Si или SiO_2).

**Моделирование фотофизических процессов в стеклах системы
 $\text{TeO}_2 - \text{WO}_3 - (\text{Yb}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{O}_3$** Гацкевич Е.И.¹, Ковгар В.В.², Малашкевич Г.Е.², Суходола А.А.²¹Белорусский национальный технический университет,²Институт физики НАН Беларуси

Стекла системы $\text{TeO}_2 - \text{WO}_3 - (\text{Yb}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{O}_3$ благодаря замедленной внутрицентральной диссипации энергии электронного возбуждения редкоземельных соактиваторов, обусловленной относительно низкочастотным положением колебательного спектра основы, являются привлекательными активными материалами для визуализации ИК-излучения с высоким пространственным разрешением. Такая визуализация осуществляется при поглощении ИК-квантов с $\lambda \approx 0,9-1,1$ мкм ионами Yb^{3+} , последующей двухступенчатой передаче энергии возбуждения ионам Er^{3+} и высвечиванием последних в видимой области спектра. В настоящей работе на основе выполненных спектрально-кинетических исследований люминесценции обоих соактиваторов проведено моделирование фотофизических процессов в изучаемых стеклах с целью определения констант в балансных уравнениях [1], учитывающих вероятности прямой и обратной передачи возбуждений между ионами Yb^{3+} и Er^{3+} , и оптимальных концентраций этих ионов. Соответствующая система балансных уравнений решалась методом Рунге – Кутты. Рассматривалось возбуждение колоколообразным моноимпульсом инфракрасного лазера с длительностью 10 нс.

Поскольку процессы возбуждения системы идут в наносекундном диапазоне длительностей, а релаксационные процессы – в микросекундном, вместо общей системы уравнений решались отдельно система уравнений, описывающая накачку (трёхуровневая система), и система уравнений, описывающая релаксацию (семиуровневая система).

В качестве начальных условий для второй системы использовались значения заселённости уровней, полученные при решении первой системы в конце возбуждения.

В результате проведенного расчёта получено удовлетворительное согласие теоретических и экспериментальных кинетик разгорания и затухания люминесценции из состояния $^4S_{3/2}$ ионов Er^{3+} , а также интегральных интенсивностей антистоксовой люминесценции из этого состояния в зависимости от концентрации соактиваторов, что позволило определить искомые константы и концентрации.

Литература:

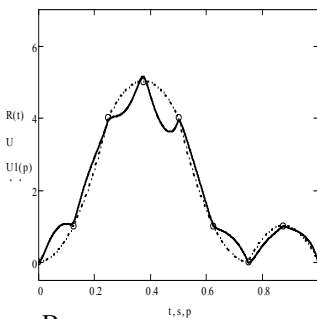
1. А.Г.Мурзин, В.А.Фромзель // Квантовая электроника. – 1981, – т. 8, №3. – С. 495–503.

D-аппроксимация граничных задач теории потенциала

Романчук В.М., Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

Предлагается новый метод решения задач теории потенциала, основанный на квази-интерполяции граничных условий методом сингулярного вейвлета (D-аппроксимации граничных условий). Метод не требует вычисления интегралов, позволяет построить решение в явном виде как сумму фундаментальных решений. Аппроксимация Парзена-Розенблатта является примером непараметрических статистических оценок, где применяются дельта-образные ядерные функции. Регрессионные оценки, в которых не используют дельта-функции, рассматриваются в вейвлет-анализе. Вейвлет-анализ представляет собой непараметрическую оценку регрессионной модели сигнала, где при конструировании базиса выбрана функция $\psi(t)$, которая имеет нулевую площадь. Нами предложен сингулярный дельта-вейвлет, в котором в качестве функции $\psi(t)$ можно выбрать дельта-образную функцию. Чтобы применить данный способ аппроксимации к задачам теории потенциала, предлагается в качестве дельта-образных функций использовать фундаментальные решения соответствующих уравнений. Фундаментальные решения рассматривались в работах М.А. Алексидзе для численного решения граничных задач, путем разложения функции в ряд по фундаментальным решениям соответствующих дифференциальных операторов. Задача регуляризации некорректной задачи здесь решается путем поиска поверхности S_1 , на которой рассматривается интегральные уравнения, к поверхности S граничной задачи. В предлагаемом нами методе D-аппроксимации вместо одной вспомогательные поверхности S_1 задается последовательность поверхностей S_n так, что расстояние между поверхностями S_n и S стремится к нулю с ростом n . В качестве примера решена задача Дирихле для уравнения Лапласа в случае куба и квадрата. На рисунке показано численное и аналитическое решение на границе квадрата для восьми точек. Сплошной линией выделено численное решение. В опорных точках приближенное и точное решение практически совпадают (квази-интерполяция).



Выполнение граничных условий

Потенциал экспертных оценок

Романчук В.М., Серенков П.С., Кондратьева Н.А.
Белорусский национальный технический университет

Различают два подхода к теории вероятностей – статистический и субъективный; в рамках последнего вероятность является степенью доверия. В настоящее время изучены варианты применения субъективных вероятностей для построения моделей в области искусственного интеллекта, с целью анализа истинности высказываний. В зависимости от шкалы измерения, результаты эксперимента содержат различное количество информации. Поэтому модель реального явления или процесса зависит от выбора типа шкалы, в которой измерены данные. Обычно считается, что вероятность определяется в абсолютной шкале. В данной работе мы исследовали вероятностную модель, ориентированную на шкалу интервалов и на основе вероятностной меры ввели понятие виртуальной вероятности с целью формализации модели экспертных оценок.

Пусть определена вероятностная мера $P(X)$ для любых событий из некоторого вероятностного пространства. Чтобы описать процесс парных сравнений значений функции $P(X)$ определим функцию парных сравнений формулой $R(X, Y) = m(P(X) - P(Y))$, m – фиксированная постоянная масштабная измерения.

Пусть для $U(X)$ выполняется $U(X) - U(Y) = R(X, Y)$, где X и Y произвольные события. Функцию $U(X)$ будет называть потенциалом, а значения функции – потенциалом вероятности $U(x)$. Модель для независимых случайных величин X и Y , с согласованными измерениями в шкале интервалов для потенциальной функции, имеет вид:

$U(x, y) = m(1 - k_1(1-x))(1 - k_2(1-y))/k + C$, здесь k_1, k_2 – коэффициенты влияния, m – масштаб измерения, k, C – константы; x и y – бинарные случайные величины, принимающие значения 0 и 1. Для определения k_1, k_2 и k можно использовать уравнения: $U(1,1) - U(0,1) = m\gamma_1$, $U(1,1) - U(1,0) = m\gamma_2$, $U(1,1) - U(0,0) = m\gamma_0$. Величины γ_1, γ_2 и γ_0 считаем известными на основании экспертных оценок. После того как находится структура зависимости потенциальную функцию можно продолжить на множество всех допустимых значений переменных x и y .

В качестве примера была решена задача обоснования значения комплексной субъективной величины «качество знаний» $U = U(x, y)$ по результатам двух тестов. На всех этапах обработки результатов тестирования использовался метод альтернатив для построения потенциальной функции и альтернативные формы опроса для подтверждения валидности.

Построение уравнений и неравенств на основе свойств функций

Мелешко А.Н., Кондрагьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Задачи, решение которых опирается на исследование свойств составляющих их выражений, способствуют развитию у обучающихся аналитических способностей, навыков, умения применять сведения из различных разделов математики в одном алгоритме решения. Такие задачи включают в экзаменационные и тестовые задания для оценивания указанных и иных качеств экзаменуемых.

При построении задания и его решения используются графики, методы подбора, стандартные отношения, различные свойства функций: монотонность, ограниченность и т.п. Например, подбираем две-три функции различного вида. Определяем те их свойства, характеристики, на основе которых строится решение. Составляем отношение и проводим решение в общем виде с параметрами, определяющими условия поведения функций, границы изменения аргумента. В случае большого числа вариантов задачи (в тестах) требуется, чтобы все варианты решались по единому алгоритму, имели одинаковый объем операций и одинаковый уровень сложности вычислений, а вычисления должны быть простыми, негромоздкими. Тогда в общей задаче вместо параметров подбираем такие их числовые значения, чтобы решение задачи отвечало указанным требованиям.

Построим неравенство пятого уровня сложности. Для его решения сформулируем задание:

«Найдите сумму наименьшего и наибольшего целых решений неравенства

$$((\sin \alpha)^\rho + (\cos \alpha)^q)^{\log_c \frac{n}{m-x}} \leq \sqrt{x+k} - l,$$

где параметры $\rho > 2$, $q > 2$, $\alpha \neq \frac{\pi h}{2}$, $h \in Z$, $m \in Z$, $c > 1$, $n > 0$, $l > 0$ (все целые числа, p и q – четные)».

Схема решения задачи, основанная на монотонности функций, следующая. В области определения неравенства $-k \leq x < m$, при указанных значениях параметров величина $a = (\sin \alpha)^\rho + (\cos \alpha)^q < 1$. Функция $a^{f(x)}$, где $f(x) = \log_c \frac{n}{m-x}$ будет монотонно убывающей, $a^{f(x)} > 0$, а правая часть $\varphi(x) = \sqrt{x+k} - l$ – монотонно возрастает.

В результате анализа поведения функций определяем, что множество решений неравенства $x \in [x_0, m)$, где x_0 – целое решение уравнений $a^{f(x)} = 1$, $\varphi(x) = 1$ (находим методом подбора). Тогда $x_0 + (m - 1)$ есть искомая сумма.

Инновационные комбинации в сфере образования

Прихач Н.К., Прусова И.В.

Белорусский национальный технический университет

Система образования на протяжении всей истории человечества имеет одну цель: создание системы знаний, умений и навыков, овладение которыми обеспечивает развитие и готовит к жизни тех, кто хочет учиться.

В связи с быстро изменяющейся технологической и технической средой, убыстрением темпа жизни, прогрессом в сферах удалённого доступа и общей компьютеризацией населения образование в высших учебных заведениях также должно изменяться, чтобы оставаться актуальным и востребованным при подготовке будущих специалистов.

По этой причине в данный момент проводится большая работа по модернизации образования с целью приведения его к уровню, требуемому сложившейся ситуацией.

На данном этапе оба автора работы, чей суммарный опыт преподавания превышает шестьдесят лет, исходят из общих целей модернизации планов по дисциплине «Математика».

Так как данный предмет является одним из базовых при обучении в инженерном университете, то и требования к подготовке по дисциплине устанавливаются исходя из конкретных практических, экономических и культурных соображений, что адекватно отвечают современному времени и направлению дальнейшего узкоспециального обучения.

В качестве примера подобной диверсификации можно привести различные программы по дисциплине в рамках преподавания на одном факультете. Так, существенно разнятся программы подготовки по специальностям «Метрология и стандартизация» от инженерно-экономического направления на факультете приборостроения.

Благодаря такому подходу выполняется социальный заказ, будущие специалисты получают не просто подробную информацию по разнообразным темам, но и в угоду качества образования больше внимания фокусируется на тех разделах математики, изучаемой в вузах, которые пригодятся им в дальнейшем. Это дает возможность овладеть глубокими и прочными знаниями по предмету.

Таким образом, предложенный подход позволяет реализовать выполнение педагогического принципа учёта структурного единства содержания образования на разных уровнях его формирования, а именно, обеспечивается единство подхода методологических программ, учебных материалов, принципов и педагогической деятельности с целью формирования полноценного и актуального специалиста.

Обеспечение отказоустойчивости центров обработки данных

Рогальский Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Основной показатель работы центров обработки данных (ЦОД) – отказоустойчивость. Наиболее весомую часть этой проблемы составляют отказы дисков [1]. Несмотря на низкую стоимость замены, такие отказы являются серьезнейшей проблемой, вызывающей серьезные сбои в работе отдельных кластеров, а порой и всего ЦОД. Архивные хранилища, которые обычно используют для решения этой проблемы, потребляют много электроэнергии и других ресурсов, даже если информация на них используется не часто. Особенно это заметно при росте объемов данных, которые порой исчисляются уже не петабайтами, а экзабайтами.

Проблему необходимо решать на этапе проектирования, допуская, что подсистемы могут допускать сбои. При этом вся система должна продолжать работать, то есть надёжные системы создаются структурными методами из ненадёжных элементов, то есть такие, которые обладают возможностями маскирования (исправления) сбоев.

Необходимые для этого программные и аппаратные решения уже доступны пользователям на рынке, но пока еще они не стали характерными в корпоративных системах. Однако это возможно осуществить за счёт использования так называемых мажоритарных схем [2], которые представляют собой устройства, принимающие решение на основании голосования, то есть выбора итогового (результатирующего) значения из нескольких возможных.

В основу метода положена гипотеза, что вероятность появления однократной ошибки (отказ/сбой одного из трёх устройств формирования сигнала) на несколько порядков ниже появления двойной ошибки (отказ/сбой двух из трёх устройств формирования сигнала).

Надежность будет обеспечиваться за счет реконфигурации, то есть настройки на исправные элементы.

Таким образом, имеется возможность копировать достоверную информацию и записывать на исправные носители (диски).

Литература:

1. Рогальский, Е.С. Устройство для управления режимом обмена мажоритарно-резервированной системы / Авторское свидетельство СССР №1159182.

2. Рогальский, Е.С. Устройство для управления режимом обмена локальных вычислительных сетей / Авторское свидетельство СССР №1501772.

Применение J -интеграла для вычисления собственных значений дифференциальных операторов

Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

На основе закономерностей разрушения металлов разработаны методы математического моделирования процесса разрушения стали. В работе предложено для оценки работоспособности полученного материала использовать энергетический критерий, на основе интеграла Черепанова-Райса, характеризующий прочность материала, в котором присутствует трещина.

Рассмотрим упругопластическую задачу о статической прямолинейной трещине. Заметим, что при распространении J -интеграла на этот случай необходимо учитывать характерные особенности, связанные с сингулярностью градиентов перемещений и напряжений, а также с потенциалом деформаций для сред с неголономными уравнениями состояния.

Энергия, приходящая на единицу объема тела, называемая объемной плотностью упругой энергии, равна $\delta U_0 = \frac{1}{2} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij}$, где σ_{ij} , ε_{ij} -- компоненты напряжений и деформаций.

Вследствие инвариантности вектора потока следующая величина не зависит от того, где проведен контур, отхватывающий контур трещины:

$$J = \int_{\Gamma} \left((U_0 + \frac{1}{2} \rho \cdot u_{i,x_1} u_{i,x_1}) n_1 - \sigma_{ij} n_j u_{i,x_1} \right) d\Gamma, \text{ здесь } u_{i,x_1} = \frac{\partial u_i}{\partial x_1}.$$

Рассмотрим замкнутый контур, окружающий вершину трещины, в виде кривой, начинающийся на нижней плоской части поверхности трещины и кончающийся на верхней ее части.

Представим компоненты вектора приращений в виде:

$$u_r(r, \varphi) = U_0(\varphi) r^{\lambda_0}; \quad u_\varphi(r, \varphi) = V_0(\varphi) r^{\lambda_0}.$$

Из уравнения равенства интеграла нулю по замкнутому контуру получим соотношение для нахождения λ_0 .

При вычислении J -интеграла нулевые члены компонентов перемещений и среднего напряжения были приближены частичными суммами рядов Фурье.

Для случая плоской деформации $\lambda_0 = 1.5$, что согласуется с найденными значениями для трещины нормального отрыва для случая статической трещины.

Односторонние функции в защите информации

Крупенкова Т.Г., Липницкий В.А.
Белорусский национальный технический университет,
Военная академия Республики Беларусь

Мы живём в эпоху, которую принято называть информационной. Это означает глубокое слияние мира реального и виртуального – мира телекоммуникационных и информационных сетей. Как никогда актуальной стала проблема защиты информации – обеспечение её надёжности, достоверности, точности, защита её от помех и вмешательств от несанкционированного доступа.

Практически всегда возникающие перед человечеством проблемы проходят предварительную апробацию в умах интеллектуальной элиты. Так и здесь – основные проблемы современной защиты информации были озвучены примерно 40 лет тому назад в 1976 году Уитфилдом Диффи и Мартином Хелманом. Один из трёх высказанных ими тезисов заключается в необходимости применения для защиты информации идеи об односторонних функциях. Внешне по своей сути простая, эта идея на самом деле несёт в себе глубочайший научный, философский и практический смысл.

Односторонней называется однозначная обратимая функция, значения которой достаточно легко вычисляются, но значения обратной функции практически невозможно найти без дополнительной информации.

В любом надёжном алгоритме шифрования должна быть заложена односторонняя функция. Действительно, одни из самых популярных криптосистем – криптосистемы RSA и Рабина базируются на сложности решения задачи, обратной к вычислению произведения двух больших чисел. Столь же популярная криптосистема Эль Гамала базируется на проблеме дискретного логарифмирования.

На сегодняшний день строго математически не доказано, что упомянутые выше примеры действительно относятся к разряду односторонних функций. Ведутся интенсивные исследования по разработке полиномиальных алгоритмов решения названных задач. Но результаты пока отрицательные. Попытки найти иные примеры односторонних функций остаются безуспешными. XTR криптосистема, ECC-криптография базируются на различных модификациях задачи дискретного логарифмирования.

Односторонние функции можно представить, как взгляд сверху на проблему современной криптографии, позволяющий классифицировать любые криптографические системы, оценить их достоинства и недостатки.

Двухсенсорная газовая микросистема на подложках наноструктурированного оксида алюминия

Реутская О.Г.

Белорусский национальный технический университет

Одним из перспективных решений, применяемых для повышения селективности газовых сенсорных систем, является создание матриц из сенсоров, имеющих различные физические свойства и параметры чувствительного слоя. Изготовление модуля химических сенсоров на одном кремниевом кристалле (Lab-on-a-chip) является одним из перспективных направлений в развитии газовой сенсорики.

В результате работ была изготовлена конструкция и проведены исследования двухсенсорной газовой микросистемы на диэлектрической подложке из наноструктурированного оксида алюминия. Ожидается, что мультисенсорная микросистема, выполненная с использованием диэлектрической подложки на основе нанопористого анодного оксида алюминия, устранил все отмеченные недостатки прототипов и повысит чувствительность и селективность микросистемы к детектируемым газам.

Конструкция сенсора представлена на рисунке 1.

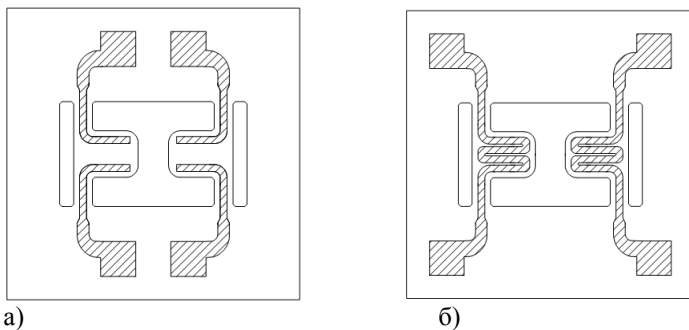


Рисунок 1 - Топология 2-сенсорной газовой микросистемы со стороны информационных электродов (а) и нагревателя (б)

Исследование отклика сенсоров микросистемы на активный газ проводили на экспериментальном стенде, состоящем из измерительной ячейки, системы создания и поддержания заданной газовой среды в ячейке и приборов измерения электрических сигналов. Контроль хода эксперимента осуществляли при помощи информации, фиксируемой измерительными приборами, микроконтроллерами потока газа газогенератора, передаваемой на персональный компьютер.

Компьютерная механика

**Компьютерное моделирование терморadiационного
напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов
в экстремальных условиях нагружения**

Ширвель П.И., Чигарев А.В., Куликов И.С., Сергей А.А.
Белорусский национальный технический университет

В результате проведенных исследований, на основании математических моделей и вычислительных процедур, полученных на отдельных этапах сотрудниками БНТУ (2010-2015), разработана компьютерная программа. Назначение – расчет напряженно деформированного состояния элементов конструкции и компонентов оборудования цилиндрической формы в условиях ползучести и радиационного облучения; определение рабочих напряжений и необратимых деформаций; прогнозирования ресурса элементов ядерных реакторов и теплообменного оборудования АЭС; расчеты на прочность цилиндрических конструктивных элементов в экстремальных условиях эксплуатации; надежность и безопасность технических систем, научные основы и методы неразрушающего контроля и диагностики сложных физико-технических систем при статическом и квазистатическом нагружении. Область применения – в машиностроении и энергетике: при определении и анализе напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов цилиндрической формы, а также при прогнозировании ресурса конкретных технических устройств и анализе возможных механизмов и причин их повреждения в условиях экстремальной эксплуатации. Результаты, полученные с помощью компьютерной программы, позволяют без проведения дорогостоящих экспериментов и связанных с ними энергетических и материальных затрат рассчитывать напряженно-деформированное состояние и критические нагрузки при проектировании элементов энергетического и машиностроительного оборудования, работающего в экстремальных условиях. Может быть также использована при проведении практических и лабораторных занятий студентами специальностей, связанных с компьютерным моделированием необратимых механических процессов, а также для подготовки отечественных специалистов по прочностным расчетам в области атомного машиностроения.

Литература:

1. Свидетельство №796 о регистрации компьютерной программы «Radiation Stress/Strain State Solver» (№ заявки: с20150045 от 02.06.2015, дата внесения записи в Реестр зарегистрированных компьютерных программ 05.08.2015).
2. Свидетельство №1 о регистрации компьютерной программы «SOTMARS: Simulation of Thermal Mechanical and Radiation Stresses» в

**Моделирование работы сверла
на выходе из обрабатываемого отверстия**

Беляева Г.И., Мосейчук О.О.

Белорусский национальный технический университет

Из опыта обработки отверстий сверлом установлено, что качество поверхности просверленного отверстия в месте выхода режущей части хуже, чем на остальной. Анализ сил, действующих на сверло, показал, что от действия большой по величине осевой составляющей силы резания, система *станок – приспособление – инструмент – заготовка* в направлении оси сверла упруго деформируется и накапливает потенциальную энергию, которую сохраняет до начала выхода сверла из материала. После выхода вершины сверла при дальнейшем сверлении происходит скачкообразное уменьшение ширины среза и осевой силы резания, в результате чего потенциальная энергия сжатой системы переходит в кинетическую и скорость осевого перемещения (подача) сверла возрастает. Причём интенсивность возрастания может быть большой: образно говоря, сверло «выстреливает». Принимая силу упругости системы пропорциональной его перемещению с коэффициентом пропорциональности c , определим скорость подачи сверла на выходе его заборного конуса из отверстия при следующих данных: длина заборного конуса – $l_{зк}$; скорость подачи шпинделя – v_0 ; упругая деформация системы под действием осевой силы P_{oc}^{max} при сверлении в сплошном материале – λ ; масса шпинделя со сверлом – m . Осевая сила на выходе сверла изменяется по закону $P_{oc} = P_{oc}^{max} - kx^2$, где k – постоянный для данных условий обработки коэффициент пропорциональности; x – величина осевого перемещения вершины сверла относительно края отверстия. Для определения скорости осевого перемещения применили теорему об изменении кинетической энергии материальной точки.

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A_k; \quad \sum A_k = A(\overline{mg}) + A(\overline{F_y}) + A(\overline{P_{oc}}) \quad A(\overline{mg}) = mgl_{зк};$$

$$A(\overline{P_{oc}}) = - \int_0^{l_{зк}} P_{oc} dx = - \int_0^{l_{зк}} (P_{oc}^{max} - kx^2) dx = (k \frac{l_{зк}^2}{3} - P_{oc}^{max}) l_{зк}$$

$$A(\overline{F_y}) = \frac{c}{2} (\lambda_2^2 - \lambda_1^2) = \frac{c\lambda^2}{2}; \quad \sum A_k = (mg + \frac{kl_{зк}^2}{3} - P_{oc}^{max}) l_{зк} + \frac{c\lambda^2}{2};$$

$$v = v_{вых}; \quad v_{вых}^2 = v_0^2 + \frac{2}{m} \sum A_k = v_0^2 + \frac{2}{m} (mg + \frac{kl_{зк}^2}{3} - P_{oc}^{max}) l_{зк} + \frac{c\lambda^2}{m}.$$

**Моделирование деформирования вязкоупругой оболочки
под действием пульсирующего давления и распространения волн**

Покульницкий А.Р.

Белорусский национальный технический университет

Задачи моделирования движения жидкости по вязкоупругой оболочке или системе широко применимы в научной, а также практической областях. Многообразии гидродинамических и физических факторов, влияющих на течение жидкости в оболочке с деформируемой стенкой, вызывает необходимость принимать во внимание и учитывать в математических моделях процессы, происходящие в стенках оболочки, на границе «оболочка – жидкость» и особенности жидкости. В работе получены уравнения, описывающие зависимость между давлением и радиусом оболочки при учете механических свойств и действия внешних сил (давления). На основе уравнений Навье-Стокса [1] построена модель винтового течения, а описание отклонения стенки оболочки заданного радиуса от положения равновесия представлено в виде уравнений колебаний тонкостенных оболочек.

Основная сложность моделирования заключается в том, что во многих случаях получение аналитического решения не представляется возможным в виду сложности геометрии, условий закрепления или нагружения модели, что приводит к необходимости применения численных методов. Этим объясняется широкое применение методов численного решения [2], в частности метода конечных элементов, и программных комплексов для ЭВМ, работающих на их основе (например, программного комплекса Ansys). Математические подходы к решению данной задачи позволяют с высокой достоверностью моделировать как статическое, так и динамическое нагружение. Современные способы моделирования с применением ЭВМ в программных пакетах, основанных на методе конечных элементов, помогают визуализировать поведение элементов под нагрузкой и дать графическую интерпретацию напряжено-деформированного состояния объектов.

Литература:

1. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. – Москва: Мир, 1981. – 408 с.
2. Кудряшов Н.А, Чернявский И.Л. Нелинейные волны при течении жидкости в вязко-эластичной трубке – Изв. РАН.МЖГ., 2006. – №1. – С. 54 – 67.

Новое решение бигармонического уравнения

Акимов В.А., Гончарова С.В.

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 класс гиперболо-тригонометрических операторов, представляющих собой произведение гиперболической функции на тригонометрическую.

Итак, введем функции вида

$$\begin{aligned} u_1(x) &= shax \sin ax & u_2(x) &= shax \cos ax \\ u_3(x) &= chax \sin ax & u_4(x) &= chax \cos ax \end{aligned} \quad (1)$$

и установим их свойства. Легко видеть:

$$\begin{aligned} u_1''(x) &= 2a^2 chax \cos ax \\ u_2''(x) &= -2a^2 chax \sin ax \\ u_3''(x) &= 2a^2 shax \cos ax \\ u_4''(x) &= -2a^2 shax \sin ax \\ u_1^{(4)}(x) &= -4a^4 shax \sin ax \\ u_2^{(4)}(x) &= -4a^4 shax \cos ax \\ u_3^{(4)}(x) &= -4a^4 chax \sin ax \\ u_4^{(4)}(x) &= -4a^4 chax \cos ax \end{aligned} \quad (2)$$

А теперь сконструируем функции вида:

$$\begin{aligned} u_1(x, y) &= shax \sin ax shay \sin ay \\ u_2(x, y) &= shax \cos ax shay \cos ay \\ u_3(x, y) &= chax \sin ax chay \sin ay \\ u_4(x, y) &= chax \cos ax chay \cos ay \end{aligned} \quad (3)$$

На основании соотношений (2) нетрудно убедиться в том, что все введенные функции (3) тождественно удовлетворяют бигармоническому уравнению

$$\frac{\partial^4 u_i(x, y)}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^2 u_i(x, y)}{\partial x^2} \frac{\partial^2 u_i(x, y)}{\partial y^2} + \frac{\partial^4 u_i(x, y)}{\partial y^4} = 0, \text{ где } i=1,2,3,4 \quad (4)$$

Этот факт, в свою очередь означает, что теперь общее решение бигармонического уравнения можно представить в виде рядов

$$u(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} C_{1n} sh \lambda_{1n} x \sin \lambda_{1n} x sh \lambda_{1ny} \sin \lambda_{1n} y + \sum_{n=1}^{\infty} C_{2n} sh \lambda_{2n} x \cos \lambda_{2n} x sh \lambda_{2ny} \cos \lambda_{2n} y + \\ + \sum_{n=1}^{\infty} C_{3n} ch \lambda_{3n} x \sin \lambda_{3n} x ch \lambda_{3ny} \sin \lambda_{3n} y + \sum_{n=1}^{\infty} C_{4n} ch \lambda_{4n} x \cos \lambda_{4n} x ch \lambda_{4ny} \cos \lambda_{4n} y$$

Входящие сюда параметры $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ выбираются произвольно, а постоянные C_1, C_2, C_3, C_4 обычно находятся из граничных условий.

UDC 539.3

Simulation of Tsunami Effect by Seismic Wave Propagation in Hypoplastic Medium at Vicinity of Free Boundary

Chigarev A.V., Polenov V.S., Shirvel P.I.
Belarussian National Technical University

The wave propagation in an elastic inhomogeneous medium with mechanical parameters which are functions of the spatial coordinates is considered. It is assumed that the pore sizes or the including sizes are small compared with the distance at which the kinematic and geometrical characteristics of the motion change significantly. Generally, the mathematical models in the theory of wave propagation are continuous, linear and smooth. Natural media are generally rough and discontinuous. It is possible to determine the fractal dimension, which characterizes in fact the irregularity of the real media. It is known that the fractal dimension exceeds the Euclidean dimensions.

A wave in an inhomogeneous medium is understood as an isolated surface, which the stresses and rates of displacement are discontinuous. The Fermat's principle allows to construct ray trajectories, the principle of Huygens allows to construct wave fronts. An acoustical energy in continuous media in accordance with Fermat's principle and principle of Huygens propagates along ray tubes and locates at a surface front of the wave.

In the paper the modification of the Fermat's principle for wave propagation in the media with fractal structure is considered.

In this case the differential equations for the ray trajectories have the order which is equal to the dimension of the medium. Mathematical simulation of the deterministic chaos for the behavior of the energy flux lines in the frame of nonlinear dynamics of rays in the inhomogeneous medium is considered.

Проблемы моделирования при помощи быстрого прототипирования

Конон И.И.

Белорусский национальный технический университет

Основная проблема, с которой сталкиваются конструкторы и дизайнеры на этапе разработок – это большая вероятность допустить конструктивные ошибки при проектировании, которые впоследствии могут обернуться значительными финансовыми и временными затратами. Например, неправильно разработанный прототип какого-нибудь элемента автомобиля может повлечь за собой переделку множества узлов и конструктивных элементов, а учитывая, что одна литейная форма может стоить десятки тысяч долларов, то убытки только на этапе разработки могут обернуться в сотни тысяч, а в некоторых ситуациях и в миллионы долларов. Непосредственно при производстве эти цифры могут возрастать в геометрической прогрессии. Минимизировать финансовые и временные затраты в таких ситуациях помогает быстрое прототипирование и трехмерное сканирование.

Современное быстрое 3D-прототипирование включает в себя множество технологий таких как: FDM, PolyJet, SLS, STL, BPM, SGC, LOM. Наиболее доступной считается технология FDM. Технология FDM подразумевает воспроизведение трехмерных объектов при помощи нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики, поставляемые в виде катушек, нитей или прутков. К отличительным чертам технологии FDM можно отнести высокую гибкость, имеющую определенные ограничения. Хотя создание нависающих структур возможно при небольших углах наклона, в случае с большими углами необходимо использование искусственных опор или так называемого «материала поддержки», как правило, создающихся в процессе печати и отделяемых от модели по завершении процесса.

Применение данной технологии широко распространено на производстве, а в частности при стендовых испытаниях. Например, для печати колеса с круговыми зубьями (косозубых шестерёнок), при помощи FDM понадобится около 2-3 часов, в зависимости от размера колеса. Напечатать зубчатое колесо можно поликарбонатом или другими прочными пластиками, схожими своими свойствами с конечными материалами, взятыми за основу. При помощи прототипа можно пройти испытания, не требующие огромных нагрузок при этом сэкономить значительное количество времени.

Решение проблем на производстве при помощи быстрого прототипирования

Конон И.И.

Белорусский национальный технический университет

Основной задачей 3D-сканирования является контроль качества и метрология. 3D-сканирование совместно с современными CAD-системами позволяет делать конструктивные доработки в рассматриваемой модели, а также осуществлять решение задач различного рода методом конечных элементов. Так же 3D-сканеры позволяют «вывести» трехмерную модель с элементов, имеющих сложную геометрическую форму, где произвести замеры штангенциркулем или линейкой практически невозможно, а при помощи оптических 3D-сканеров получить трехмерную модель, к примеру, художественной скульптуры можно в течении нескольких минут. Процесс прост: на основании данных, полученных сканером, создается облако точек, а в свою очередь, при помощи облака точек имеется возможность создания твердотельной модели, соответствующей сложной геометрии модели, заранее взятой за основу.

Вышеперечисленные технологии позволяют сохранять коммуникативность между отделами на производстве, так как на предприятиях дизайнеру и технологу, к примеру, очень сложно найти между собой общий язык, при создании прототипа ситуация, как правило, меняется в лучшую сторону.

В Республике Беларусь трехмерное прототипирование используется в медицине с целью мелкосерийного производства конечных элементов. На предприятиях, занимающихся литейным производством (литье в землю, литье по выплавляемым моделям, литье по выжигаемым моделям), прототипирование также пользуется популярностью. Военно-промышленный комплекс также использует технологии, связанные с трехмерным прототипированием. На этапе получения патента трехмерное прототипирование – незаменимая вещь, поскольку напечатать изобретенную модель теперь можно в «домашних условиях», тем самым не выдав секрет своего изобретения. Архитектура также не обошлась без вышеперечисленных технологий, которые часто применяются для макетирования.

Моделирование решения уравнения $\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} = 0$ в полиномах

Акимов В.А., Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Решение этого уравнения, как и ранее решение других, строилось разрабатываемым автором операторным методом. В данном случае оно имеет следующий вид:

$$u(x, y) = e^{\frac{\sqrt{2}}{2}d_y x} (A(d_y) \cos \frac{\sqrt{2}}{2}d_y x + B(d_y) \sin \frac{\sqrt{2}}{2}d_y x) f(y)$$

здесь $d_y = \frac{\partial}{\partial y}$; $A(d_y), B(d_y)$ - произвольные операторные коэффициенты; $f(y)$ - произвольная аналитическая функция. Можно непосредственно убедиться в том, что построенное таким образом решение тождественно удовлетворяет исходному уравнению.

Разлагая дальше тригонометрические и показательные функции в ряды Маклорена по переменной X , а функцию $f(y)$ в степенной ряд по переменной Y , после громоздких преобразований получим набор решений исходного уравнения. Выпишем их ниже по возрастанию степеней с четвертой по седьмую

$$\varphi_4 = a_4(x^4 - y^4) + b_4x^3y + c_4x^2y^2 + d_4xy^3$$

$$\varphi_5 = a_5(x^5 - 5xy^4) + b_5(5x^4y - y^5) + c_5x^2y^3 + d_5x^3y^2$$

$$\varphi_6 = a_6(x^6 - 15x^2y^4) + b_6(x^5y - xy^5) + c_6(15x^4 - y^6) + d_6x^3y^3$$

$$\varphi_7 = a_7(x^7 - 35x^3y^4) + b_7(x^6y - 3x^2y^5) + c_7(3x^5y^2 - xy^6) + d_7(28x^4y^3 - y^7)$$

Отметим, что полиномы ниже четвертой степени удовлетворяют исходному уравнению тождественно. Можно также непосредственно убедиться в том, что полученные полиномы удовлетворяют исходному уравнению тождественно. Специфика полученных результатов наводит на мысль получить их же при помощи более простого алгоритма. А именно, зная, например, что после взятия производных от полинома шестой степени останутся функции второй степени, то подбирая при них коэффициенты, легко найти искомый вид полиномов.

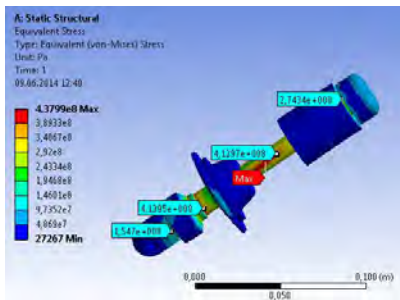
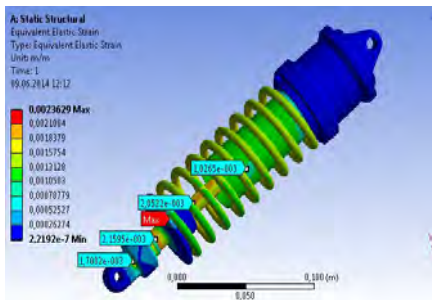
Разработка программного обеспечения выбора параметров подвески автобуса

Мезга Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Объектом разработки является полуактивная подвеска для автобуса МАЗ 352062. Более практичной подвеской по сравнению с активной является полуактивная подвеска. В полуактивной подвеске, в отличие от активной, вместо генератора силы используется амортизатор, но он не является пассивным, а позволяет изменять коэффициент демпфирования при приложении управляющего воздействия. Полуактивная подвеска обладает близкими к активной подвеске характеристиками, при этом расходуется значительно меньше энергии. Кроме того, полуактивная подвеска сохраняет некоторые демпфирующие свойства в случае исчезновения питания, что делает ее более безопасной по сравнению с активной подвеской. Полуактивные системы всегда нелинейны, однако, моделирование показало, что такие системы часто можно проектировать, опираясь на законы управления линейными системами.

Цель работы было смоделировать полуактивную подвеску и проверить ее характеристики (плавность хода, качество демпфирования, прочность). Практическая значимость – обоснование возможности создания автобусов МАЗ с полуактивной подвеской; тем самым расширение модельного ряда автобусов и повышение их конкурента способности на рынке.



В ходе проектирования прошло апробацию такое предложение, как замена старой пневматической подвески автобуса МАЗ–251 на новую полуактивную подвеску. Результатом внедрения предлагаемой полуактивной подвески станет создание автобуса с высокими показателями плавности хода и устойчивости, и более надежной конструкцией подвески.

Связь амплитуды колебательных ускорений в процессе устойчивого резания с показателями обрабатываемости стали

Беляева Г.И., Кочергин А.И.

Белорусский национальный технический университет

Возникающие в процессе резания колебания оказывают существенное влияние на стойкость инструмента и качество обработки. Однако практически отсутствуют сведения о влиянии на колебательные процессы при резании физико-механических свойств и микроструктуры материалов, обусловленных режимами термообработки. Авторами была предпринята попытка установить связь между амплитудой колебательных ускорений и показателями обрабатываемости стали 20ХН3А. В качестве режущего инструмента применялись резцы из твердого сплава Т15К6. Колебания, генерируемые инструментом, измерялись в условиях устойчивого резания, которое определялось с помощью трехканального виброизмерителя SM231 по величине амплитуды колебательных ускорений.

Достаточно четких парных зависимостей между амплитудой колебательных ускорений A и физико-механическими характеристиками обрабатываемого материала установить не удалось. На основании проведенных авторами исследований можно утверждать, что амплитуда колебательных ускорений не может быть принята в качестве однозначного показателя обрабатываемости, как, например, износ инструмента, шероховатость, силы резания и температура. Однако включение ее в зависимости в сочетании с другими физико-механическими характеристиками позволяет несколько повысить достоверность результатов. В частности, амплитуда колебательных ускорений оказывается более информативной при косвенной оценке сил резания P_z , P_x , температуры θ , шероховатости R_a и относительной опорной длины профиля t_p , чем такой часто применяемый косвенный показатель обрабатываемости, как градиент остаточного магнитного поля ∇H , т.к. при исключении из зависимостей амплитуды колебательных ускорений величина коэффициента множественной корреляции уменьшается в большей степени, чем при исключении градиента остаточного магнитного поля. И только при определении силы резания P_y в сочетании с A , твердостью HB и пределом прочности σ_b градиент остаточного магнитного поля ∇H оказывается более информативным.

Следует отметить, что величина относительной опорной длины профиля t_p практически не зависит от рассматриваемых в работе физико-механических свойств материала: амплитуды колебательных ускорений A , градиента остаточного магнитного поля ∇H твердости HB и предела прочности при растяжении σ_b .

Физика

Актуализация интеллектуальных уровней мышления на основе решения качественных задач в курсе физики

Кужир П.Г., Юркевич Н.П., Савчук Г.К., Яцынович М.Д.
Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является актуализация интеллектуальных уровней мышления студентов на основе приобретения навыков решения качественных задач и задач-оценок, а также на основе формирования понятийной базы студентов при изучении физики.

Для достижения цели должны быть реализованы следующие принципы. В любой исследовательской задаче описывается один или несколько физических процессов. Следовательно, решение следует начинать с выяснения того, что является объектом или объектами исследования. Далее необходимо определить какие физические величины описывают изучаемое явление, или процесс и каково их направление развития. После чего следует установить, каким физическим законам подчиняются явления, описанные в данной задаче. На этой основе разрабатывается физическая модель для решения задачи, определяются значения физических параметров, входящих в модель. Указанный путь оптимален для успешного решения задачи. Ниже приведены примеры задач-оценок, предлагаемых студентам для анализа и поиска решения:

Задача 1. Оцените температуру T_1 корпуса самолета, летящего со скоростью звука. Скорость звука принять равной 330 м/с. Масса молекулы воздуха $m = 3,0 \cdot 10^{-26}$ кг. Температуру окружающей самолет среды считать равной 0 °С.

Задача 2. Оцените частоту гармонических колебаний диполя в однородном электрическом поле, модуль напряженности которого $E = 3,0 \cdot 10^4$ В/м. Плечо диполя $l = 1,0 \cdot 10^{-10}$ м, его заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Масса каждой заряженной частицы диполя $m = 1,0 \cdot 10^{-27}$ кг.

Следует отметить, что невозможно предложить универсальный путь решения задач-оценок, но подробный анализ их содержания позволяет студенту определить методологию решения, проследить логику рассуждений при выборе методики и способа решения конкретной задачи.

Предварительная подготовка студентов к такой работе проводится на основе решения задач различного уровня сложности по изучаемым в данный момент разделам курса физики. Затем студентам предлагаются к решению задачи-оценки, а также качественные задачи. Такая плановая, систематическая деятельность приобщает студента к самостоятельной творческой работе, учит выделять главное, анализировать явления. Благодаря этому студент приобретает навыки научного исследования.

Удельная активность природных радионуклидов в строительном камне РУПП «Гранит»

Кужир П.Г., Ленкевич А.Н.

Белорусский национальный технический университет

В карьере «Микашевичи» РУПП «Гранит» основными полезными ископаемыми являются диориты, граниты и гранодиориты. Эти породы принадлежат к магматическому типу и имеют более высокую радиоактивность, чем осадочные. Радионуклиды, содержащиеся в земной коре, формируют около 80% дозы облучения человека от естественных источников радиации. Поэтому важно иметь сведения об удельной активности естественных радионуклидов в строительных материалах.

Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000) регламентируют ограничение облучения от природных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах. Эта регламентация основана на использовании эффективной удельной активности

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,09A_{\text{K}}.$$

A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности Ra-226 и Th-232, находящиеся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, A_{K} – удельная активность K-40.

Пробы строительного камня были взяты из карьера «Микашевичи». Периметр карьера составил 1 км, глубина залегания камня от 10 до 14 м. На гамма-радиометре РКГ – АТ 1320 фирмы «Атомтех» были измерены удельные активности Ra-226, Th-232 и K-40 в 12 пробах. Максимальная относительная погрешность измерения удельной активности составляла 31%. Выборочные данные наибольшей и наименьшей удельной активности приведены в таблице.

Радионуклид	Удельная активность, max, Бк/кг	Удельная активность, min, Бк/кг
K-40	1509,6	571,2
Ra-226	19,1	16,5
Th-232	126,7	23,2
$A_{\text{эфф}}$	319,7	98,1

Согласно НРБ–2000 для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях $A_{\text{эфф}} \leq 370$ Бк/кг. Таким образом, строительный камень месторождения «Микашевичи» безопасен в радиационном отношении и его можно использовать без ограничений на всех строительных объектах.

Особенности кристаллической структуры керамики на основе цирконата-титаната свинца, обработанного ультразвуком

Савчук К.Г.¹, Летко А.К.², Юркевич Н.П.¹, Антонович В.В.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Получение высокопрочной пьезоэлектрической керамики конструкционного и инструментального назначения с высокодисперсной структурой возможно при спекании синтезированных порошков цирконата-титаната свинца (ЦТС), предварительно обработанных методом ультразвукового воздействия (УЗВ). Целью работы являлось изучение влияния ультразвуковой обработки синтезированных ЦТС порошков на структурные параметры спеченной пьезоэлектрической керамики на их основе.

Время УЗВ, мин.	Параметр ячейки а, Å	Параметр ячейки с, Å	Однородный параметр деформации
0	4,0504	4,1175	0,0110
30	4,0467	4,1245	0,0128
60	4,0463	4,1267	0,0132
90	4,0452	4,1245	0,0131

очередь позволяет получить ЦТС тетрагональной структурой, параметры которой представлены в табл. Установлено, что использование УЗВ снижает температуры спекания ЦТС пьезокерамик на 60-65 °С, при этом наблюдается смещение точки Кюри на 50-60°С в сторону больших температур, что позволяет увеличивать диапазон рабочих температур для устройств, изготовленных на основе керамики. Результаты электронной микроскопии (см. рис.) показали уменьшение размеров кристаллитов и более высокую однородность микроструктуры керамик ЦТС, что способствует повышению их трещиностойкости и прочности.

Рентгенографические и рентгеноструктурные анализы показали, что УЗВ увеличивает удельную поверхность синтезированных порошков ЦТС, не изменяя числа плотности точечных дефектов в кристаллитах, что в свою керамику с монокристаллической

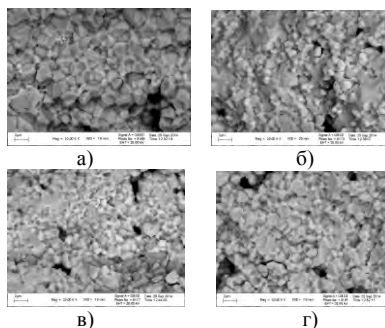


Рис. Микроструктура излома образцов ЦТС с различным временем УЗВ: а) без УЗВ; б) УЗВ 30 мин.; в) УЗВ 60 мин.; г) УЗВ 90 мин

Адельная волновая функция человека

Баранов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В проблеме моделирования искусственного интеллекта в вещественном пространстве-времени до сих пор существуют значительные трудности. В связи с этим Хренниковым А.Ю. предложен новый подход к моделированию процессов мышления человека, использующий пространство p -адических переменных x . Но физиологические (физические) процессы человека протекают в обычном пространстве-времени. Поэтому возникает проблема объединения этих пространств. Для такого объединения наиболее подходит аппарат аделей. Пространство аделей охватывает как p -адическое пространство, так и обычное вещественное пространство-время.

Наиболее последовательный подход к изучению процессов в адельном пространстве был развит Владимировым В.С., Воловачем И.В. и Драговичем Б. при создании адельной квантовой механики, использующей три составляющих $L_2(A)$, $W(Z)$, $U(t)$, где $L_2(A)$ – адельное гильбертово пространство, $W(Z)$ – оператор квантования по Вейлю, $U(t)$ – унитарное представление эволюционного оператора.

В нашем приближении аллельная волновая функция человека Ψ_a есть прямое произведение процесса в p -адическом пространстве, и волновой функции Ψ , описывающей физические процессы в обычном пространстве,

$$\Psi_a = \Psi_p \otimes \Psi$$

т.е.

Волновая функция Ψ_p в p -адическом пространстве удовлетворяет обобщенному уравнению Шредингера, предложенному Хренниковым А.Ю:

$$\frac{h_p}{i} \frac{\partial \Psi_p}{\partial t_p}(t_p, x_p) = \frac{h_p^2}{2m_p} \frac{\partial^2 \Psi_p}{\partial x_p^2}(t_p, x_p) - U(t_p, x_p) \Psi_p(t_p, x_p)$$

где t_p, x_p – p -адические переменные, $h_p = 1/p$.

Волновая функция Ψ удовлетворяет обычному уравнению Шредингера:

$$\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi(t; x)}{\partial t} = \frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi(t; x)}{\partial x^2} - U(t; x) \Psi(t; x)$$

Переход информации от Ψ -функции к Ψ_p -функции может осуществляться обычным образом, однако обратный переход требует особого рассмотрения, например, здесь возможен тахионный механизм.

Метод наименьших квадратов в экспериментальном исследовании зависимости момента инерции маятника Обербека от распределения масс

Баранов А.А., Позняк В.С., Пучко Д.О., Скобля А.А.
Белорусский национальный технический университет

По измерениям времени вращения крестообразного маятника Обербека для различных распределений масс при одинаковой нагрузке маятника можно согласно основному уравнению динамики вращательного движения вычислить моменты инерции маятника относительно оси вращения.

Из теории известно, что зависимость момента инерции маятника Обербека от распределения грузов на нем носит параболический характер. Однако в силу ряда ошибок при проведении эксперимента возникают отклонения от параболического закона. Обработка результатов эксперимента по методу наименьших квадратов позволяет сгладить возникающие ошибки и прийти к искомой зависимости.

Зависимость момента инерции I маятника от расстояния R грузов от оси вращения представлена в виде $I = a + cR^2$, где постоянные a и c

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial Q}{\partial c} = 0$$

определяются из условий

$$Q = \sum_{i=1}^4 (I_i - (a + cR_i^2))^2$$

что приводит к значениям величин a и c :

$$a = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 I_i - \frac{c}{4} \sum_{i=1}^4 R_i^2,$$

$$c = \left(\sum_{i=1}^4 R_i I_i \right) : \left(\sum_{i=1}^4 R_i^3 \right).$$

Результаты представлены на рис. 1.

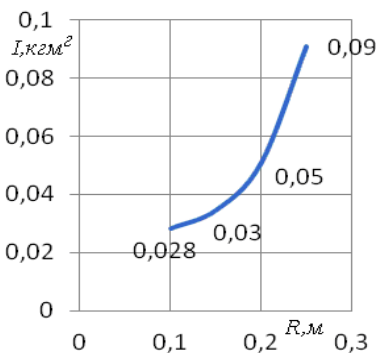


Рис. 1. Зависимость момента инерции маятника от распределения масс

Применение волоконной элементной базы в лазерной технике

Есман А.К., Зыков Г.Л., Потачиц В.А., Кулешов В.К.
Белорусский национальный технический университет

Основными преимуществами практического применения оптического волокна в лазерной технике являются компактность, долговечность, отсутствие проблем с тепловыми эффектами, возможность непрерывной перестройки длины волны излучения. Мы предлагаем следующий вариант волоконного лазера (рис. 1). Непрерывный оптический сигнал (0,9 мкм) от источника накачки 1, через мультиплексор 2, не попадая в спектральный интервал функции отражения широкополосной брэгговской решетки (с периодом 0,54 мкм) 3, поступает в активный элемент 4, легированный ионами эрбия, и переводит их в возбужденное состояние. Брэгговские решетки 3 и перестраиваемая 6 образуют лазерный резонатор. Брэгговская решетка 6 и элемент изменения оптической длины резонатора 5 созданы на одномодовом оптическом волноводе, полученном в кристалле LiNbO_3 . Для получения непрерывной перестройки длины волны выходного излучения синхронно изменяются управляющие напряжения на элементе изменения 5 и решетке 6, которые поступают с выхода формирователя управляющего напряжения 7 и составляют $\sim 5\text{В}$ при ширине волновода 10 мкм. Эффективная работа такого лазера достигается за счет того, что элемент изменения оптической длины резонатора выполнен в виде электрически управляемого волновода в электрическом кристалле, при этом существенно уменьшаются потери излучения в резонаторе лазера. Время перестройки выходной частоты излучения при длине резонатора ≤ 10 см составляет менее одной наносекунды.

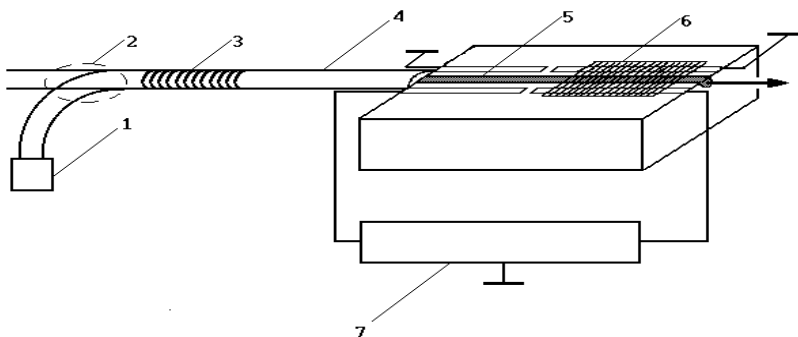
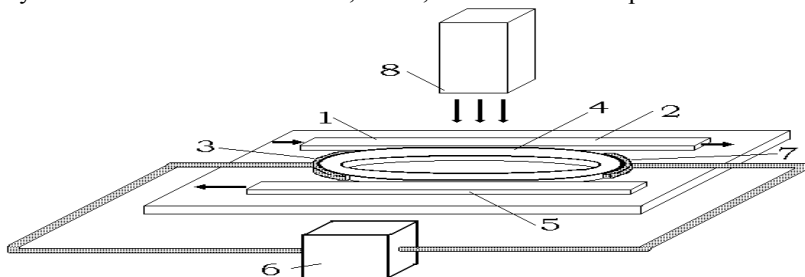


Рис. 1. Блок-схема волоконного лазера

Оптический микрорезонаторный переключатель

Есман А. К., Потачиц В. А., Зыков Г. Л., Кулешов В. К.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время осуществляется переход к полностью оптическим сетям, основным достоинством которых является высокая пропускная способность и высокая защищенность при передаче данных. Полностью оптическую сеть нельзя построить без коммутации на оптическом уровне. Одним из основных элементов таких сетей является оптический переключатель, осуществляющий две функции: спектральное уплотнение и коммутацию спектральных каналов. Нами предлагается оптический микрорезонаторный переключатель, в котором входной волновод 1 и выходные 2, 5 изготовлены в виде волноводов из узкозонного полупроводника GaAs шириной 0,7 мкм, толщиной 0,5 мкм, выполненных на подложке из GaAs с буферным широкозонным полупроводниковым слоем AlGaAs толщиной 1,2 мкм. На поверхности волноводов 1, 2, 5 нанесен слой AlGaAs толщиной 0,3 мкм. Электроды 3, 7 – это металлические контакты. Кольцевой микрорезонатор 4 – это легированный слой узкозонного GaAs высотой 1,2 мкм, 6 – источник напряжения.



Для переключения информационного потока входных данных на несущей длине волны λ , из волновода 1 на волновод 5 необходимо одновременно с поступлением информационного потока на кольцевой микрорезонатор 4 подать по управляющему оптическому каналу 8 сигнал, который в результате фотогенерации увеличивает концентрацию свободных носителей заряда в кольцевом микрорезонаторе, либо вызвать их дополнительную инжекцию из источника 6. Это приводит к изменению показателя преломления материала кольцевого микрорезонатора 4 и к смещению его резонансной частоты. Когда она сравняется с несущей частотой информационного потока данных, то он переходит в кольцевой микрорезонатор и через него попадает в волновод 5. Данный тип переключения обладает очень малой инерционностью (до $\sim 10^{-11}$ сек).

Активизация познавательной деятельности студентов в практикуме по физике

Бибик А.И., Журавкевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, усвоение теоретического материала в значительной степени зависит от организации и методики проведения практических занятий. Поэтому не прекращаются поиски оптимальной формы организации таких занятий. Один из многих приемов, обеспечивающих полное усвоение учебного материала, необходимого для реализации образовательных программ по физике, это – активизация познавательной деятельности студентов на занятиях «Практикума по решению физических задач» и при выполнении домашних заданий. С этой целью на практических занятиях необходимо больше внимания уделять использованию проблемного метода при анализе и решении задач, формированию у студентов умения самим ставить проблемы с помощью текста задачи или в процессе ее решения. Отработку этих умений студенты осуществляют на занятиях и при выполнении индивидуальных заданий. Постановка проблемы и поиск ответа на нее вызывает интерес к задаче и желание ее решить своими силами, т.е. активизирует самостоятельную работу студентов.

В этом же плане большое значение имеет рассмотрение различных методов и способов решения одной и той же задачи, что позволяет выработать у студентов рациональные приемы решения задач, умение составлять алгоритмы решения определенного типа задач.

На занятиях «Практикума» можно большее внимание уделять выработке умения составлять тексты задач по предлагаемому конкретному материалу, используя конспекты, различные справочники. Стремясь разнообразить методику проведения практических занятий, можно разбор методов решения чередовать с показом на доске фрагментов решения задач, подготовленных студентами, их анализом и т.д.

Для активизации самостоятельной работы могут составляться индивидуальные задания для каждого студента, при выполнении которых студент учится самостоятельно: а) составлять аннотированные списки литературы по методике решения задач; б) правильно оформлять и анализировать решение задач; в) ставить и разрешать проблемы при решении задач. Анализ многолетнего опыта проведения практических занятий позволяет сделать вывод о правильном направлении совершенствования предлагаемой методики активизации познавательной деятельности студентов на занятиях по решению физических задач.

Повышение эффективности ветрогенераторов малой мощности

Бибик А.И., Журавкевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Создание автономных систем электрообеспечения является одной из насущных проблем для регионов с низкой плотностью населения. Особенно актуально использование возобновляемых источников энергии, одним из которых могут стать ветрогенераторы. Однако строительство промышленных горизонтально-осевых лопастных ветроустановок с мощностью свыше 100 кВт в небольших населенных пунктах, как правило, оказывается нерентабельным.

Решить проблему в данном случае может использование более компактных вертикальных роторных генераторов мощностью до 50 кВт. Однако стандартные вертикальные генераторы, построенные на принципе ротора Савониуса (рис. 1а) имеют коэффициент полезного действия ниже 20 процентов, что связано с распределением давления воздушного потока по всей их поверхности и как результат небольшим крутящим моментом. Значительно повысить эффективность таких систем позволяет использование ветроуловителей (рис. 1б), изменяющих вектор приложения силы давления ветра для создания максимального крутящего момента независимо от направления воздушного потока.

Исследования показывают, что использование ветроуловителей при скорости ветра порядка 10 м/с позволяет повысить выработку электроэнергии примерно в пять раз.

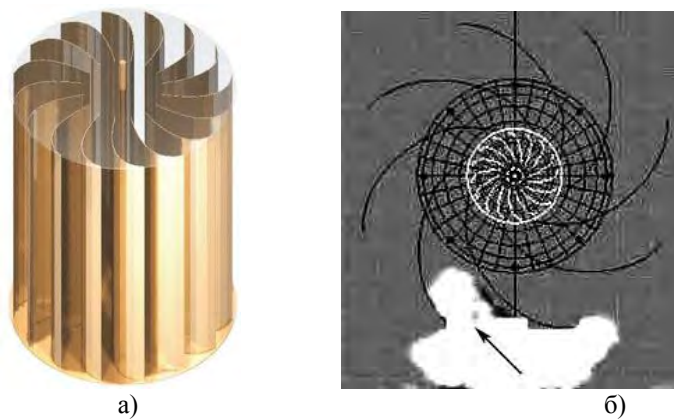


Рис. 1. Применение ветроуловителей для повышения эффективности роторного ветрогенератора

УДК 57.2(075.8)

НИРС и УИРС по физике фуллеренов как метод повышения творческой активности студентов на первых курсах

Петренко С.И., Попко С.В.

Белорусский национальный технический университет

Повышение качества подготовки специалистов с учетом требований научно-технической революции – основная задача, стоящая перед высшей школой. Важнейшая роль в решении данной проблемы отводится НИРС. Одной из форм вовлечения студентов в научно-исследовательскую работу является участие их в УИРС, основная задача которой – привить студентам навыки самостоятельной теоретической и экспериментальной работы. За последние годы получен ряд уникальных по сочетанию свойств материалов, состоящих из структурных элементов нанометровых размеров, особое место среди которых занимают материалы на основе фуллеренов. Химические соединения, твердые растворы, неупорядоченные сплавы и композитные материалы на основе фуллереновых молекул – важное материаловедческое направление, вселяющее большие надежды. Уже предложен новый тип транзистора на базе молекулы фуллерена C_{60} , прыгающей между золотыми электродами. Транзистор работает на квантовом туннельном эффекте. Электроны, обладающие подходящей энергией, туннелируют через зазор из электрода в молекулу фуллерена и занимают в ней наинизший энергетический уровень. Если электрон получает дополнительную энергию, например, за счет энергии колебаний молекулы, он туннелирует внутри нее и приводит в движение. Исследователи считают, что в каждый момент только один электрон может туннелировать между электродами через молекулу фуллерена. Поскольку энергия колебаний молекулы квантована, ток через электроды также будет квантован, а это можно использовать для прецизионных измерений его величины.

Студентам предлагаются следующие темы рефератов: «Фуллерены, фуллериты, методы синтеза, структура и свойства», «Углеродные нанотрубки», «Физико-механические свойства композитных материалов с углеродными наполнителями».

После изучения литературы по данному вопросу, освоения работы на установке ВУП-5М студенты привлекаются к экспериментальной работе по изучению металл-фуллереновых материалов, сформированных в дуговом разряде в гелиевой среде. Затем студенты выполняют большую работу по измерению микротвердости на приборе ПМТ, а также по исследованию триботехнических и электрических свойств металл-фуллереновых пленок.

Петренко С.И.

Белорусский национальный технический университет

Иностранные студенты Минского государственного высшего авиационного колледжа проходят обучение курсу общей физики в 1-3 семестрах. Информационные и психофизические нагрузки в этот период наиболее высоки. Для обеспечения доступного усвоения учебного материала иностранными студентами учебная информация начинается с введения основных физических понятий, изложения основных физических законов и решения простых задач. Основной акцент делается на усвоение таких понятий как сила тяги винта, число Рейнольдса, лобовое сопротивление, подъемная сила крыла самолета, мощность мотора, необходимая для полета самолета, и расчет этих величин. Поскольку конструкции самолетов подвергаются переменным по величине и знаку нагрузкам, изменяющимся циклически, то одной из важнейших тем при обучении общему курсу физики является тема «Колебания и волны».

Поскольку современное развитие авиационной техники ставит очень жесткие требования к подготовке кадров – как по созданию, так и по ее эксплуатации, то главное внимание мы уделяем тому, какие важные практические последствия влекут за собой достижения физики. Например, говоря об электроде, подчеркиваем, что электроны играли и продолжают играть исключительно важную роль во многих устройствах: электронных микроскопах, фотоэлементах, лазерах, светодиодах. Подробно рассматриваются физические основы и методы неразрушающего контроля изделий авиатехники: ультразвуковая дефектоскопия, термодифектоскопия, магнитная дефектоскопия, а также наиболее популярного и распространенного в мире капиллярного метода, который основан на проникновении индикаторных жидкостей в полости. Капиллярный контроль обладает невероятно высокой чувствительностью (в пределе он может обнаружить трещины с раскрытием 0,1 мкм), он не требует сложных и дорогостоящих технических средств. Капиллярный контроль позволяет находить трещины в лопатках турбин двигателей самолета, в сварном шве газо- и нефтепроводов, без капиллярного контроля не обходится ни один космический корабль.

Проведение занятий по вышеизложенным планам показало высокую эффективность данной методологии. Значительно повышается интерес студентов к занятиям, повышается интенсивность работы, увеличивается объем решаемых задач.

Энергоэффективность освещения в курсе физики

Кириленко А.И.

Минский государственный высший авиационный колледж

Решением Генеральной Ассамблеи ООН 2015 год объявлен Годом света и световых технологий. Это – признание той огромной роли, которую играет освещение. В курсе физики ограничиваются изучением светотехнических величин, не вникая в приложения. Между тем, в светотехнике за короткое время произошло несколько технологических революций, повысивших качество и удешевивших производство света. Доступность света привела к расширению сферы его применения и просто к количественному росту производимой световой энергии. На освещение теперь тратится около 30% производимой электроэнергии, как и в эпоху ламп накаливания. Отсюда и возникла проблема энергоэффективного потребления света. Экономичные источники света сами по себе проблему не решают. Источник должен быть помещен в эффективный световой прибор (СП), который должен правильно эксплуатироваться. Однако и это не исчерпывает проблему. Гигиенисты и медики считают, что наиболее экологичным для человека является естественное освещение, и всегда надо стремиться увеличивать его долю в суммарном (совмещенном) освещении.

Пыль на зеркале снижает коэффициент отражения. Для доказательства достаточно иметь лампу и люксметр. Сложнее продемонстрировать изменение кривой силы света источника. Зато просто устанавливается зависимость освещенности рабочей поверхности (РП) от установки СП. Для этого достаточно поместить электрический фонарь на некоторой высоте над РП и замерить освещенность на ней. Затем следует направить фонарь на потолок и опять замерить освещенность. Высоту расположения фонаря следует подбирать так, чтобы расстояния, пробегаемые пучком до люксметра, в обоих случаях были одинаковыми. Более корректно учитывать рассеяние на потолке. Также доступны эксперименты с естественным освещением также доступны: отступая от подоконника вглубь комнаты через один метр, замеряем горизонтальную освещенность. Эти измерения продельваем в солнечную и пасмурную погоду. В другом эксперименте в солнечную погоду размещаем зеркало на подоконнике и направляем зайчик на потолок в глубине комнаты; проводим те же измерения. Аналогично поступаем с жалюзи.

В заключение отметим, что по-настоящему энергоэффективное освещение реализуется при совмещении функций техники, например, рефлектор, установленный на улице, в солнечную погоду работает на технологические процессы, а в пасмурную – на освещение помещений.

Диссипация энергии при колебаниях маятника

Кириленко А.И.

Минский государственный высший авиационный колледж

Диссипация энергии при колебаниях является актуальной проблемой, как в физике, так и в технике. В лабораторном практикуме этому вопросу уделяется недостаточное внимание. Тем не менее, на простейшей установке можно обнаружить и изучить отнюдь не очевидные эффекты. Представляется, что наиболее простой и доступной является работа по изучению затухающих колебаний математического маятника. Такая система реализована в виде шара, подвешенного на двух длинных тонких нитях бифилярно. Такой подвес необходим, чтобы сохранить плоскость колебаний в длительном эксперименте. Кроме того, предпринимались специальные меры, чтобы предотвратить вращение шара при движении. В результате осциллятор имел добротность 60–100. На первом этапе учитывались потери энергии за счет вязкости в первом приближении по Стоксу. Эксперимент дает результат в соответствии с расчетом, что коэффициент затухания тем меньше, чем больше масса шара и чем меньше его радиус. Теоретическая формула для периода колебаний с хорошей точностью, подтверждается во всех экспериментах. Легко обнаруживается количественное несоответствие затухания от массы и радиуса шара. Если отношение масс шаров равно трем, то отношение измеренных коэффициентов затухания почти в 2,5 раза больше. Такого же порядка расхождения и по радиусам. Таким образом, колебания легкого шара затухают гораздо быстрее, чем следует из модели ламинарного обтекания и приближения Стокса недостаточно. Необходимо учитывать поправки Буссинеска на присоединенную массу и нестационарность движения.

Влияние начальных условий проявляется при рассмотрении сил натяжения нитей и их деформации. С этим связан второй возможный механизм потерь энергии – механический гистерезис – потери энергии за счет необратимых деформаций нитей подвеса. Нетрудно получить зависимость силы натяжения нитей от угла отклонения маятника. Чем меньше угол отклонения, тем больше сила натяжения. Здесь потери энергии пропорциональны массе шара, что также не согласуется с экспериментом. Упругий гистерезис проявляется в том, что в начале, при больших амплитудах, убывание амплитуд происходит быстрее, чем при малых. На нашей установке это хорошо проявляется.

Изучалось также трение в подвесе. Оно пропорционально массе тела, что противоречит эксперименту. Таким образом, потери энергии в основном определяются сопротивлением воздуха.

Исследование шумов в квантовых лавинных фотоприемниках

Гулаков И.Р., Зеневич А.О., Тимофеев А.М.

Высший государственный колледж связи

Для приема слабых оптических сигналов с мощностью, меньшей либо равной 10^{-12} Вт, широкое применение находят счетчики фотонов. Для оценки чувствительности счетчика фотонов необходимо не только определить пороговую мощность регистрируемого оптического излучения, но и знать его способность выделять слабые оптические сигналы на фоне шумов.

Шумы могут быть вызваны флуктуациями регистрируемого оптического излучения, а также фотоприемником и системой регистрации счетчика фотонов.

Определяющий вклад в эти шумы вносят флуктуации регистрирующего оптического излучения и шумовые процессы фотоприемников, поэтому шумами регистрирующей системы счетчика фотонов можно пренебречь.

Для оценки влияния чувствительности фотоприемника используется коэффициента шума F , определяемый как отношение сигнал/шум на выходе фотоприемника к отношению сигнал/шум на его входе.

Однако до настоящего времени в литературе отсутствуют сведения об оценках коэффициента шума F лавинных фотоприемников в режиме счета фотонов. Целью данной работы является установление зависимостей коэффициента шума от статистики фотонов регистрируемого излучения, фоновой засветки и шумов фотоприемника.

Выполнены измерения коэффициента шума кремниевых лавинных фотоприемников в зависимости от напряжения питания, температуры окружающей среды, мощности регистрируемого оптического излучения.

Получено, что для уменьшения коэффициента шума фотоприемников, используемого в счетчиках фотонов, необходимо повысить их квантовую эффективность регистрации и уменьшить интенсивность темновых импульсов, регистрируемых в течение времени измерений информационного потока. Это можно обеспечить понижением рабочей температуры квантовых лавинных фотоприемников до 250 К и выбором оптимального напряжения питания, соответствующего максимальному значению отношения сигнал/шум на выходе фотоприемника.

Для получения наименьшего значения коэффициента шума необходимо выбирать перенапряжение ΔU фотоприемника, соответствующее минимуму зависимости коэффициента шума от величины перенапряжения $F(\Delta U)$.

Реологическая модель упруговязкого материала

Качанова Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Простейшей моделью упруго-вязкого материала является так называемая модель Максвелла, в которой учитываются закон Гука и закон вязкости Ньютона. Модель Максвелла состоит из упругой пружины и вязкого амортизатора, соединенных последовательно. Пружина подчиняется закону Гука

$$\sigma_1 = E\varepsilon_1. \quad (1)$$

Амортизатор подчиняется закону вязкости Ньютона

$$\sigma_2 = \eta\dot{\varepsilon}_2, \quad (2)$$

где $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ – напряжения, одинаковые в обоих элементах; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – относительные деформации; E – модуль Юнга; η – коэффициент вязкости.

Деформация модели представляет собой сумму деформаций пружины и амортизатора. Тогда получаем выражение для общей относительной деформации

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2. \quad (3)$$

Дифференцируя по времени выражение (1), получим

$$\dot{\varepsilon}_1 = \frac{\dot{\sigma}}{E}. \quad (4)$$

Продифференцируем выражение (3) по времени, учтем (2) и (4):

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} + \frac{\sigma}{\eta} \quad \text{или} \quad \frac{d\sigma}{dt} = E \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{E}{\eta} \sigma. \quad (5)$$

Релаксация напряжения вычисляется на основе (5) с учетом того, что относительная деформация является постоянной величиной $\varepsilon = \text{const}$:

$$\frac{d\sigma}{dt} = -\frac{E}{\eta} \sigma. \quad (6)$$

Интегрируя (6) по времени в пределах от 0 до t и от σ_0 до σ , получаем закон релаксации Максвелла

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-t/\tau), \quad (7)$$

где $\tau = \frac{\eta}{E}$ – время релаксации.

Закон релаксации Максвелла (7) имеет качественное экспериментальное подтверждение для вязких полимеров, обладающих упругостью, т.е. для упруговязких тел.

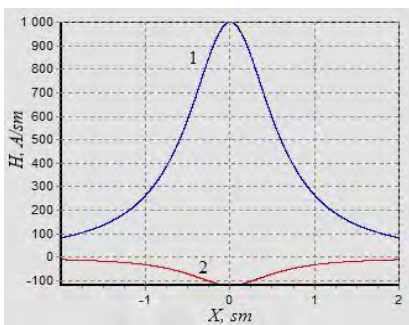
Научный руководитель: канд. ф.-м. наук, доцент Юркевич Н.П.

Магнитное поле локального источника

Дорошевич В.А.

Белорусский национальный технический университет

С целью определения параметров объектов из электропроводящих материалов формировали одиночные импульсы магнитного поля с



максимальной амплитудой до 10^5 А/м и минимальным временем нарастания $0,5 \cdot 10^{-6}$ с. Для этого использовали контуры разной конфигурации, в частности, в виде прямоугольных катушек. Зависимости напряженности 1 и 2 магнитного поля H разной полярности и амплитуды от расстояния x до проекции оси линейного индуктора показаны на рис.1. Пусть по проводу прямоугольной катушки с числом витков n и сторонами a и b течет ток

Рис. 1. Зависимость $H(x)$

I , а точка P лежит вне катушки на оси ее симметрии и отстоит от нижней стороны a на расстоянии r_0 . Тогда результирующая тангенциальная составляющая напряженности магнитного поля, создаваемого всеми четырьмя сторонами катушки в точке P , равна:

$$H_{\tau} = \frac{nI}{2\pi r_0} \operatorname{cosarctg} \frac{2r_0}{a} - \frac{nI}{2\pi(b+r_0)} \operatorname{cosarctg} \frac{2(b+r_0)}{a} - \frac{nI}{\pi a} \left(\operatorname{cosarctg} \frac{a}{2(b+r_0)} - \operatorname{cosarctg} \frac{a}{2r_0} \right).$$

Для определения свойств объекта находили величину H первичного и вторичного источников на его поверхности. При расчетах и измерении полей учитывали экранирующее действие проводов катушки на создаваемое поле. Для создания магнитных полей использовали также дополнительные пластины из электропроводящих материалов. Применение указанных импульсов магнитного поля позволяет повысить точность контроля толщины объектов, их линейных размеров, распределения удельной электропроводности, магнитной проницаемости, однородности свойств объекта.

Научный руководитель: ст. преподаватель Павлюченко В.В.

Контроль объектов в импульсных магнитных полях

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Определение параметров объектов из электропроводящих материалов осуществляли с помощью одиночных импульсов магнитного поля. На рис.1 показана зависимость электрического напряжения на выходе магнитной головки (МГ), сканирующей магнитный носитель с записями магнитных полей, несущих информацию об объекте, от времени $U(t)$.

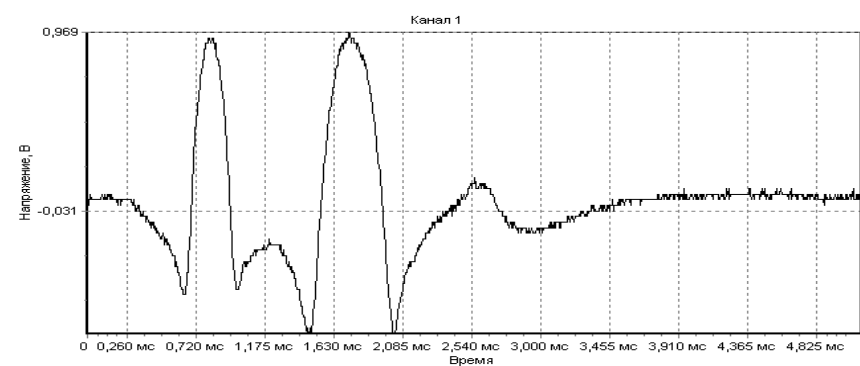


Рис. 1. Зависимость $U(t)$, воспроизведенная индукционной МГ

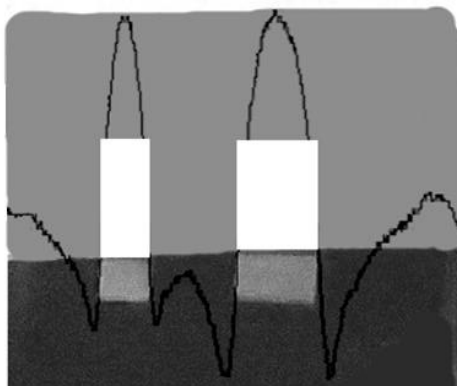


Рис. 2. Изображение полосок из алюминия с наложенной на них алюминиевой пластиной

На рис. 2 показана алюминиевая пластина, покрывающая две алюминиевые полосы, концы которых выступают за край пластины. Здесь же представлена зависимость $U(t)$ и оптические изображения участков полос (яркие белые полосы), закрытых пластиной, которые рассчитаны исходя из параметров сигналов $U(t)$, соответствующих распределениям магнитных полей над пластиной.

Мгновенные распределения магнитных полей

Дорошевич Е.С., Павлюченко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Мгновенные распределения магнитных полей, несущих информацию о свойствах объектов, записывали на пленочные преобразователи магнитного поля в виде магнитного носителя, магнитооптической пленки и других преобразователей. Информацию воспроизводили по выбранным линиям замера. Свойства объектов определяли по распределениям магнитных полей с учетом параметров импульсов магнитного поля первичного источника.

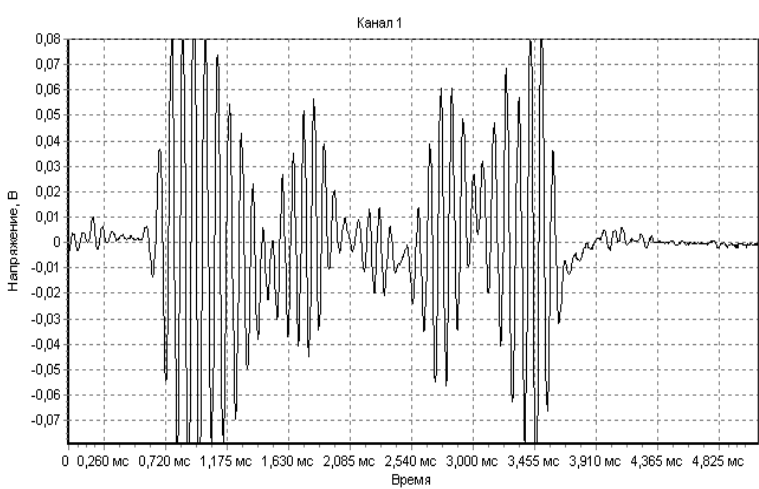


Рис. 1. Зависимость $U(t)$, воспроизведенная индукционной магнитной головкой

На рис.1 показана зависимость электрического напряжения на выходе магнитной головки, сканирующей дискретный магнитный носитель с записями магнитных полей, несущих информацию об объекте, от времени $U(t)$. На магнитный носитель с объектом воздействовали одним импульсом сложной формы линейного индуктора или четырьмя импульсами разной амплитуды и полярности. Свойства объекта и их распределение в объекте определяли по величине пяти максимумов и четырех минимумов распределения $U(t)$.

Об экспериментальном определении экономического эффекта при использовании электрокипятильников без накипи

Головков Д.А.

Белорусский национальный технический университет

При кипячении воды электронагревательными приборами происходит образование накипи, которая значительно ухудшает теплопроводность металлических частей нагревательных приборов и вследствие чего приводит к перерасходу электроэнергии. Образование накипи обусловлено наличием примесей в неочищенной воде. По химическому составу различают следующие основные виды накипи: карбонатные (CaCO_3 , MgCO_3), сульфатные (CaSO_4), силикатные (кремнекислые соединения кальция, магния, железа, алюминия).

Экспериментально были установлены зависимости времени закипания воды в электрочайнике в зависимости от химического состава воды при прочих равных условиях. Для очищенной воды время закипания составило 235 с, для минеральной воды – 229 с, для водопроводной воды 225 с. Хотя время закипания водопроводной воды наименьшее, при этом очень быстро происходит образование накипи, что сводит эффект экономии электроэнергии к нулю. Были проведены измерения времени закипания 1 кг водопроводной воды в электрочайнике с накипью и без накипи. С накипью время составило 247 с, а без накипи 224 с. Из этих данных вытекает, что использование нагревательного элемента без накипи даёт не только более долговечное его использование, но и экономию электроэнергии. Расчеты показывают, что расход электроэнергии при кипении 1 литра воды в электрочайнике мощностью 2,2 кВт с накипью составляет 543,4 кДж, а без накипи 492,8 кДж. Разница в затратах электроэнергии составляет 50,6 кДж или 0,014 кВт/ч при каждом кипении 1 литра воды.

В масштабах Республики Беларусь это приводит к большей экономии при использовании чайника с нагревательным элементом без накипи. При тарифе 818,9 белорусских рублей за 1кВт/ч на каждом литре кипятка получается экономия в размере 11,5 белорусских рублей.

Если каждый третий гражданин нашей республики (приблизительно 3 млн. человек) будет кипятить 1 литр воды два раза в сутки, то за год получается экономия 25,1 млрд. рублей при использовании чайника с нагревательным элементом без накипи.

$$(2 \cdot 11,5 \cdot 3 \cdot 10^6 = 68,8 \text{ млн. рублей ежедневно.})$$

$$\text{За год} - 68,8 \cdot 10^6 \cdot 365 = 25,1 \text{ млрд. рублей.})$$

Научный руководитель: канд. ф.-м. наук, доцент Баранов А.А.

Мотивация в современных методах обучения

Ветохин С.С.¹, Климович И.А.², Метельская Ю.О.²

¹Белорусский государственный технологический университет,

²Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития общества к специалисту с высшим образованием предъявляются высокие требования. При этом работодатели отмечают снижение профессиональной компетентности молодых специалистов. Как показывают исследования, одна из проблем высшего образования связана с демотивированностью современных студентов, с изменением системы ценностей современной молодежи в области образования.

Нередки случаи, когда целью является не процесс познания и получения профессионального образования, а формальное получение диплома. Одним из выходов из такой ситуации является формирование мотивации учения студентов.

Мотивация представляет собой целенаправленность действий, организованность и устойчивость целостной деятельности, направленной на достижение определённой цели. Е.П. Ильин различает две большие группы мотивов:

- 1) познавательные мотивы, связанные с содержанием учебной деятельности и процессом ее выполнения;
- 2) социальные мотивы, связанные с различными социальными взаимодействиями студента с другими людьми.

Первая группа мотивов может быть сформирована в процессе учебной деятельности студентов, причём как на разных видах занятий, так и на различных этапах учёбы. Хорошим подспорьем в этом могут служить активные методы обучения: проблемная лекция, поисковая лабораторная работа, метод мозгового штурма и др.

Эти методы позволяют ориентировать студентов на овладение новыми знаниями, пробуждать интерес к новым занимательным фактам, научат способам добывать знания, анализировать и делать выводы из полученной информации. Это даст возможность не только усилить мотивационный фактор обучения студентов, но позволим также сформировать определённые качества будущего специалиста.

Как показывают результаты исследований, вузы обладают достаточными резервами по мотивированию студентов к учению. Это потребует организационно-воспитательных усилий профессорско-преподавательского состава для компетентного влияния на мотивационную структуру студентов вуза к учебной деятельности.

Педагогический контроль как способ эффективного обучения

Ветохин С.С.¹, Климович И.А.²

¹Белорусский государственный технологический университет,

²Белорусский национальный технический университет

Педагогический контроль является неотъемлемой частью учебного процесса и влияет на результат обучения на всех его этапах. Контроль должен быть максимально эффективным, т.е. проверять не только уровень усвоения знаний, но и уровень сформированности познавательной и профессиональной мотивации.

Педагогический контроль имеет три взаимосвязанные функции: диагностическую, обучающую и воспитательную. Диагностическая функция состоит в выявлении уровня знаний, умений и навыков, в оценке учебной деятельности студентов, в определении уровня сформированности у них профессионально значимых качеств. Обучающая функция педагогического контроля проявляется в активизации учебной деятельности и способствует формированию мотивации к учению. Воспитательная функция заключается в том, что система педагогического контроля дисциплинирует, организует и направляет учебную деятельность студентов. В современной педагогической практике используют следующие виды контроля: предварительный, текущий, тематический, итоговый.

Предварительный контроль осуществляется для выявления уровня подготовленности студента к восприятию нового материал, к возможности обучения на данной специальности. Целесообразно проводить предварительную проверку (контроль) перед началом изучения нового раздела изучаемого предмета для выявления вопросов, требующих повторения и пр. Форма проведения предварительного контроля может быть различной: тесты, контрольные работы, устные опросы, консультации и т.д. Тематический контроль предполагает определение уровня усвоения студентами определённой темы. Такой контроль можно провести в форме итогового семинара, коллоквиума, тематической контрольной работы. Итоговый контроль проводится для проверки уровня усвоения знаний, практических умений и навыков студентов за семестр, год или весь период обучения. Проводится такой контроль в форме экзамена, зачёта, государственного экзамена.

Следует заметить, что эффективный педагогический контроль возможен только при соблюдении принципа системности – как со стороны преподавателей, так и студентов на всех этапах обучения и во всех видах контроля.

Статистика ансамбля ангармонических осцилляторов при низких температурах

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы является построение алгоритма расчета статистических характеристик ансамбля квантовых ангармонических осцилляторов и анализ их поведения при низких температурах.

Вначале проводится расчет энергетического спектра ангармонического осциллятора. Для этого используется операторный метод решения уравнения Шредингера. Специфика данного метода позволяет не только рассчитывать энергетические уровни осциллятора с высокой точностью, но и получить равномерно пригодное приближение для значений энергии по параметрам гамильтониана системы.

При вычислении статистических характеристик системы осцилляторов особенность расчета состоит в том, что большинство таких характеристик могут быть выражены через статистическую сумму системы, которая определяется всем энергетическим спектром целиком (в случае ангармонических осцилляторов спектр содержит бесконечное число уровней). Поэтому алгоритм приближенного вычисления энергетических характеристик необходимо дополнить алгоритмом приближенного суммирования по квантовым состояниям. В качестве такого алгоритма в работе используется кумулянтное разложение, справедливое для любого экспоненциального оператора при суммировании по нормированному базису. Вторая особенность вычисления статистических характеристик состоит в том, что они зависят от температуры системы.

Совместное применение операторного метода для приближенного расчета энергетического спектра и кумулянтного разложения для приближенного суммирования по бесконечному набору энергетических состояний позволило получить равномерно пригодное приближение для статистической суммы, свободной энергии и ряда других характеристик системы. Результаты отличаются высокой точностью во всем диапазоне изменения температуры и параметров гамильтониана.

В работе получены аналитические выражения для статистической суммы и свободной энергии ансамбля квантовых ангармонических осцилляторов в пределе низких температур, когда большинство осцилляторов занимают слабовозбужденные энергетические уровни. Данная особенность позволяет ограничиться небольшим числом слагаемых при вычислении статистической суммы.

Полученные результаты находятся в согласии с известными работами других авторов.

**Алгоритм расчета термодинамических характеристик газа
двухатомных молекул**

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе представлен алгоритм расчета свободной энергии, статистической суммы и коэффициента теплового расширения газа двухатомных молекул.

Решение поставленной задачи осуществляется в два этапа: вначале проводится приближенный расчет энергетического спектра молекул, а затем приближенное суммирование по квантовым состояниям.

Для расчета спектра молекул применяется операторный метод приближенного решения уравнения Шредингера. Специфика данного метода позволяет не только рассчитывать энергетические уровни молекулы с высокой точностью, но и получить равномерно пригодное приближение для значений энергии по параметрам гамильтониана системы. Рассмотрены основные модельные гамильтонианы, отражающие свойства реальных молекулярных газов:

Термодинамические характеристики газа выражаются через его статистическую сумму, вычисление которой связано с суммированием по всем квантовым состояниям системы. Для проведения такого вычисления алгоритм приближенного вычисления энергетического спектра необходимо дополнить алгоритмом приближенного суммирования по квантовым состояниям, в качестве которого применяется кумулянтное разложение. Вторая специфика задачи состоит в том, что термодинамические характеристики зависят от температуры системы, которая при вычислениях играет роль дополнительного параметра.

Получены равномерно пригодные приближения для статистической суммы и свободной энергии газа двухатомных молекул с различными особенностями межатомного взаимодействия. Они обладают высокой точностью во всем диапазоне изменения как параметров гамильтониана, так и температуры.

На основе полученных выражений проведен расчет коэффициента теплового расширения, молярной теплоемкости и динамического коэффициента вязкости азота.

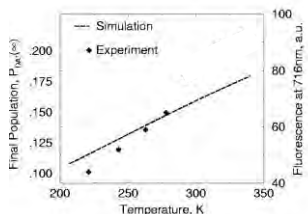
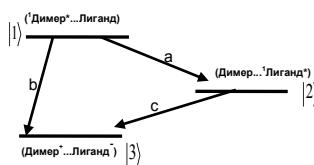
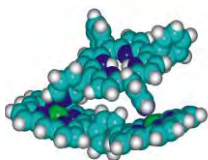
Теоретический анализ фотоиндуцированных релаксационных процессов в самоорганизованных триадах порфиринов

Зенькевич Э.И.¹, Сакевич Л.А.¹, Килин Д.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Университет Южной Дакоты, 57069 Вермиллион СД, США

Органические наноструктуры с управляемыми физико-химическими и функциональными свойствами представляют интерес для потенциальных применений в нанoeлектронике, нанотехнологиях и нанобиомедицине [1]. В работе представлены результаты теоретического исследования (модель Хакена-Штробла-Рейнекера) процессов тушения возбужденных электронных состояний в самособирающихся триадах на основе порфиринов при вариации температуры и полярности растворителя.



В рамках этой модели динамика возбужденных состояний $|1\rangle = |{}^1\text{Димер} \dots \text{Лиганд}\rangle$, $|2\rangle = |{}^1\text{Димер} \dots \text{Лиганд}^*\rangle$ описывается уравнением движения для соответствующей редуцированной матрицы плотности без учета колебательной структуры электронных состояний.

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \sigma_{\kappa\lambda} = & -\frac{i}{\hbar} ([H_S, \sigma])_{\kappa\lambda} + 2\delta_{\kappa\lambda} \{ \Gamma_{\mu\kappa} [n(\omega_{\mu\kappa}) + 1] + \Gamma_{\kappa\mu} n(\omega_{\kappa\mu}) \} \sigma_{\mu\mu} \\ & - \sum_{\mu} \{ \Gamma_{\mu\kappa} [n(\omega_{\mu\kappa}) + 1] + \Gamma_{\kappa\mu} n(\omega_{\kappa\mu}) + \Gamma_{\mu\lambda} [n(\omega_{\mu\lambda}) + 1] + \Gamma_{\lambda\mu} n(\omega_{\lambda\mu}) \} \sigma_{\kappa\lambda} \\ & + \{ \Gamma_{\lambda\kappa} [2n(\omega_{\lambda\kappa}) + 1] + \Gamma_{\kappa\lambda} [2n(\omega_{\kappa\lambda}) + 1] \} \sigma_{\lambda\kappa}. \end{aligned}$$

Показано, что тушение обусловлено конкуренцией процессов переноса энергии и фотоиндуцированного разделения заряда, реализующихся в пикосекундном диапазоне времен. С учетом статических и динамических характеристик среды проведено количественное сопоставление экспериментальных результатов по вероятностям переноса энергии и электрона с теоретическими расчетами.

Финансовая поддержка работы: ГПНИ («Конвергенция 3.2.08»), грант БРФФИ № 14P-032.

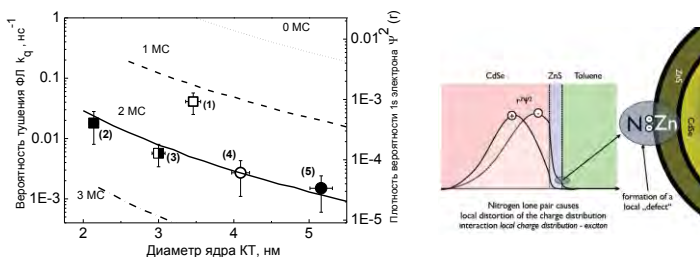
Литература:

1. E.I. Zenkevich, Christian von Borczyskowski. J. Porphyrins and Phthalocyanines. 2014, 18, 1–19.

Туннелирование электрона в наноансамблях «квантовая точка CdSe/ZnS – порфирин»: моделирование в условиях квантового ограничения

Зенькевич Э.И.¹, Блаудек Т.², фон Борцисковски К.²
¹Белорусский национальный технический университет,
²Институт физики, Технический университет Хемнитца,
 09107 Хемниц, Германия

Направленная самосборка наноансамблей на основе полупроводниковых квантовых точек CdSe/ZnS (КТ) и молекул порфиринов (H₂P) проявляется в тушении фотолуминесценции КТ. Нами впервые обосновано [1], что это тушение принципиально отлично от переноса энергии и фотоиндуцированного переноса электронов, зависит от размеров КТ и связано (в квантово-механической модели) с отличными от нуля значениями квадрата волновой функции экситона для ядра CdSe и оболочки ZnS.



$$\left(\frac{\hbar^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial r^2} \left(\frac{1}{m_a^*(r)} + V_a(r) \right) \right) \psi_a = E_a \psi_a \quad \frac{1}{m_i^*} \frac{d}{dr} \psi_i(r) \Big|_{r=r_j} = \frac{1}{m_j^*} \frac{d}{dr} \psi_j(r) \Big|_{r=r_j} \quad \psi_i(r_{ji}) = \psi_j(r_{ji})$$

Показано, что теоретически рассчитанный ход зависимости квадрата радиальной волновой функции $\psi^2(r)$ *Is*-электрона ($1S_{3/2}-1S_e$) (решение уравнения Шредингера для сферической КТ) хорошо соответствует экспериментальным значениям вероятности k_q тушения свечения КТ молекулами H₂P. Такая зависимость тушения свечения КТ одной молекулой H₂P отражает процесс туннелирования электрона (возбужденной электроно-дырочной пары) в условиях квантового ограничения сквозь барьер ZnS на поверхностные ловушки интерфейсного слоя КТ.

Финансовая поддержка работы: ГПНИ («Конвергенция 3.2.08»), DFG (GRK 829/3, Германия).

Литература:

1. С. von Borczyskowski, E. Zenkevich. Formation Principles and Exciton Relaxation in Semiconductor Quantum Dot - Dye Nanoassemblies. In: 14

“Quantum Dot Molecules”, Springer Science, New York. 2014, p. 77-148.

УДК 621.891:532.137

Изменение реологических свойств синтетических масел при введении модификаторов вязкости

Маркова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных эксплуатационных характеристик смазочных масел являются их вязкостно-температурные свойства. С целью расширения температурного диапазона, при котором может использоваться данный смазочный материал, применяются полимерные присадки (модификаторы вязкости), представляющие собой различные высокомолекулярные соединения с молекулярной массой от 10000 до 1000000 а.е.м. Важной особенностью масел с полимерными присадками является снижение их вязкости при сдвиге, т.е. они проявляют свойства неньютоновских жидкостей – уменьшение вязкости с увеличением скорости сдвига.

Целью представленной работы являлось исследование влияния молекулярной массы и концентрации модификатора вязкости на основе полиметакрилата (ПММА) на реологические свойства синтетического полиальфаолефинового масла ПАОб.

Исследовались пробы масел с введенными модификаторами с молекулярными массами 40000...550000 а.е.м. в концентрации 3, 6 и 9 вес. %. Кинематическая вязкость приготовленных проб измерялась капиллярным стеклянным вискозиметром стандартным методом по ГОСТ 33-2000. Измерение вязкости при высоких скоростях сдвига ($1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ и $1,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$) выполнялось с использованием портативных акустических вискозиметров.

Получена эмпирическая зависимость вязкости загущенного масла от содержания модификатора, из которой определены коэффициенты загущающей способности модификаторов.

Показано, что между индексом вязкости и молекулярной массой модификатора существует логарифмическая зависимость.

Исследование влияния модификаторов ПММА на реологические свойства масел показало, что с увеличением молекулярного веса модификаторов при одинаковой их концентрации в синтетической базовой основе неньютоновское поведение масла начинает проявляться на более низких скоростях сдвига. Очевидно, что для корректного выбора смазочного масла с учетом прогнозирования его реологического поведения в трибоконтакте и контроля его свойств в процессе эксплуатации целесообразно проводить измерение вязкости при скоростях

сдвига, близких к используемым в трибосопряжении.

УДК 530.182

Предельное поведение составляющих двухсолитонного решения уравнения Кортевега - де Фриза

Блинкова Н.Г., Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

Применение преобразования Бэклунда позволяет установить связь между односолитонным решением уравнения Кортевега - де Фриза и решениями уравнений Фридмана, применяемым в различных космологических сценариях. При этом односолитонное решение в случае использования переменных, описывающих распространяющиеся волны, можно выразить через решение уравнения Риккати. В свою очередь это решение уравнения Риккати удовлетворяет некоторому нелинейному обыкновенному дифференциальному уравнению третьего порядка. Важной особенностью последнего уравнения является то, что его левая часть представляет собой производную Шварца. Данный подход известен и позволяет вычислить значение постоянной Хаббла, используя так называемую потенциальную функцию, уравнение для которой совпадает с уравнением для решения уравнения Риккати, содержащим производную Шварца.

Представляет интерес применить аналогичный подход и в случае двухсолитонного решения уравнения Кортевега - де Фриза. Для простоты были рассмотрены предельные соотношения для двухсолитонного решения, соответствующие моментам времени, удаленным достаточно далеко в прошлое или будущее относительно момента взаимодействия составляющих решения. Теперь уже уравнения для двух разных решений уравнения Риккати, соответствующих составляющим двухсолитонного решения, будут включать не только производные Шварца, но и некоторые дополнительные члены. Вычисление величины вкладов от этих дополнительных членов позволяет сделать вывод о том, как повлияет на вычисление космологических параметров использование двухсолитонного решения по сравнению с их вычислением для односолитонного решения. В работе получены явные выражения указанных величин для обеих составляющих двухсолитонного решения и исследовано их поведение в предельных случаях $t \rightarrow \pm\infty$. Показано, что оба предельных значения являются константами, хотя и разными, что согласуется со сдвигом фазы в результате взаимодействия составляющих. Следовательно, тот факт, что вместо производных Шварца будут использованы некоторые другие

соотношения, которые тоже содержат производные, не должно оказывать существенного влияния на вычисление значения постоянной Хаббла.

УДК 681.2

Оптимизация быстродействия алмазного теплоотвода с использованием компьютерного моделирования

Хорунжий И.А., Мартинович В.А., Казючиц Н.М., Русецкий М.С.
Белорусский национальный технический университет

Теплоотвод в виде алмазной пластины со встроенным датчиком температуры был изготовлен из кристалла алмаза, синтезированного в РУП «Адамас БГУ». Матрица терморезисторов на поверхности алмазной пластины создавалась ионной имплантацией бора и фосфора. Пластина алмаза с терморезисторами устанавливалась на медный радиатор. Толщина алмазной пластины составляла 360 мкм, площадь – 16 мм², размеры медного радиатора – 62×42×4,9 мм. Тепловой контакт между алмазной пластиной и медным радиатором обеспечивался слоем теплопроводящей пасты марки КПТ-8 толщиной 10 мкм. Тепловыделение от работающего прибора имитировала одна из контактных площадок терморезистора, которая использовалась в качестве нагревателя. Распределение температуры в алмазной пластине было получено экспериментально и методом численного моделирования с использованием прикладного программного пакета ANSYS для температуры окружающей среды 20 °С. Кривые нагрева имеют «быструю» и «медленную» составляющие, что имеет следующее физическое объяснение. После включения нагревателя происходит быстрое прогревание алмазной пластины за время ~10 мс. Дальнейший рост температуры возможен после прогревания радиатора при недостаточно эффективном рассеянии тепла. Этот процесс определяет «медленную» составляющую кинетики нагрева. Теплопроводность пасты существенно меньше, чем теплопроводность алмаза и меди, поэтому она создает барьер для распространения тепла. Поток тепла через слой пасты определяется законом Фурье:

$$j = \lambda \frac{dT}{dx} S,$$

где λ – коэффициент теплопроводности пасты, dT – разность температур между «верхней» и «нижней» поверхностями пасты, dx – толщина слоя пасты, S – площадь контакта алмаз – теплопроводящая паста – радиатор. Повышение температуры алмазной пластины прекращается после того как поток тепла от нагревателя становится равным тепловому потоку через интерфейс алмаз-паста-радиатор. При заданном значении коэффициента теплопроводности пасты, которое обычно не превышает 2-7 Вт/м·К, формируемая разность температур dT будет определяться площадью контакта

S и толщиной слоя пасты dx . Соотношение этих величин является определяющим для достижения теплового баланса при минимальном значении dT , т.е. для более эффективного охлаждения прибора.

УДК 53.372, 378.64

Особенности разработки электронных учебно-методических комплексов для изучения курса физики в техническом университете

Хорунжий И.А., Мартинович В.А.

Белорусский национальный технический университет

Роль изучения физики в техническом университете трудно переоценить, т.к. физика является основой для изучения большинства прикладных технических дисциплин. Для повышения качества усвоения учебного материала требуются новые формы и методы обучения, в том числе с использованием современных информационных технологий.

Изучение физики начинается на первом курсе, когда многие студенты еще не имеют необходимых навыков конспектирования лекций. Отсутствие качественного конспекта существенно снижает качество усвоения изучаемого материала, т.к. самостоятельно изучить необходимый материал по учебникам многим студентам сложно ввиду недостаточных навыков самостоятельной работы. Первая задача, которая решается при разработке электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) – это предоставление студенту качественного, грамотно составленного конспекта лекций. При наличии такого конспекта студент во время лекции имеет возможность более внимательно следить за изложением учебного материала преподавателем, а у преподавателя появляется возможность повысить темп изложения учебного материала. Кроме того, в состав ЭУМК включены электронные версии нескольких классических учебников курса общей физики. У студента появляется возможность выбрать тот учебник, который является для него предпочтительным. Также в состав комплекса входят несколько электронных версий задачников по физике, в том числе задачник с примерами решения задач и задачник, используемый при проведении практических занятий, и методические пособия по лабораторному практикуму, которые необходимы студенту при подготовке к выполнению и защите лабораторных работ по физике. Наличие в электронной форме всех материалов, необходимых студенту для изучения физики, делает их доступными для каждого студента и сводит к минимуму усилия на их поиск. Кроме того, у студента появляется возможность выбора между качественным конспектом лекций и несколькими учебниками. Готовиться к лабораторным и практическим занятиям студент может дома, в

общежитии или любом удобном месте. В ЭУМК включаются списки вопросов для подготовки к экзамену, контрольные вопросы и задания, которые помогают студентам правильно организовать самостоятельную работу.

УДК 621.3

Тепловые и электрические свойства металла Al

Смурага Л.Н, Авсиевич Т.А.

Белорусский национальный технический университет

На рис.1 приведены зависимости коэффициента теплопроводности λ (Вт/м·К), электропроводности σ ($\times 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), средней длины свободного пробега электронов τ ($\times 10^{-6} \text{ м}$) и молярной теплоемкости C_m ($\times 10^{-2}$) от температуры ($T < \theta_D$, для Al $\theta_D = 117^\circ\text{C}$) для металла Al. Из рисунка следует, что коэффициенты теплопроводности и электропроводности для данного материала с увеличением температуры уменьшаются. Эта закономерность очевидна, поскольку механизм

переноса теплоты и электричества в металлах имеет одну природу. С увеличением температуры тепловые колебания ионов решетки усиливаются и создают пространственную неоднородность, на которой рассеиваются электронные волны. Влияние примесей и дефектов в кристалле Al, которые, так или иначе, уменьшают теплопроводность и электропроводность, в эксперименте не рассматривалась, поскольку их роль незначительна с

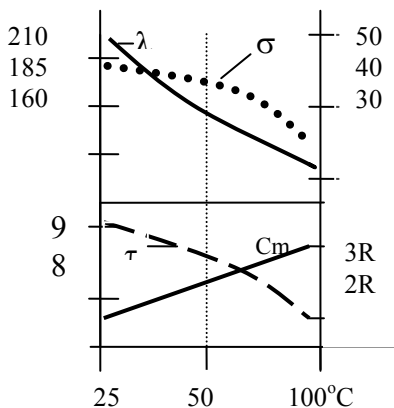


Рис.1.

увеличением температуры. Средняя длина свободного пробега электронов с увеличением температуры тоже уменьшается, и ее величина приблизительно обратно пропорциональна энергии колебаний решетки. Роль электронов проводимости, если они ведут себя как максвелловский газ, не дает существенного вклада в теплоемкость металла и ею можно пренебречь, однако с понижением температуры решетчатая теплоемкость уменьшается $\sim T^3$ а электронная $\sim T$ и роль ее увеличивается. Электронная теплоемкость металлов пропорциональна температуре и приводится для Al

на рис.1. Подобный эксперимент доступен студенту. Количественный расчет электропроводности металлов весьма сложен, эксперимент решает эту проблему.

УДК 535.2:548.0

Новые практические применения конической рефракции

Степанов М.А.

Белорусский национальный технический университет

Явление конической рефракции возникает, когда световой пучок проходит вдоль оси пластинки двусосного кристалла. В классическом случае неполяризованного пучка внутри пластинки он распространяется в виде полого конуса световых лучей. Толщина стенок этого конуса равна диаметру пучка на входной поверхности пластинки. Таким образом, если за выходной поверхностью пластинки расположить экран, то наблюдатель увидит на нем световое кольцо. Однако эта картина сильно зависит от типа пучка, его поляризации, а также материала и толщины пластины. Например, если в вышеприведенном примере заменить пучок на основную моду линейно поляризованного гауссова пучка, то световое кольцо превратится в узкий полумесяц, который будет вращаться вокруг своего центра как целое, если поворачивать плоскость поляризации падающего пучка. Кристаллическая пластина работает, таким образом, как преобразователь структуры пучка. За последнее время опубликован целый ряд работ, где такие преобразователи используются в конкретных практических целях. Вот некоторые из описанных в них применений:

- создан оптический пинцет, позволяющий перемещать лейкоциты;
- придуман целый ряд конверторов, позволяющих превращать пучки одного типа в другие (например, изменять порядок бесселева пучка, превращать гауссовы пучки в лоренцевы);
- усовершенствованы некоторые типы твердотельных лазеров (введение пластины позволяет легко перестраивать состояние поляризации луча лазера);
- уменьшение подбором пластины расходимости лазерного луча, что может быть использовано в оптических линиях связи.

Характерной особенностью всех вышеперечисленных применений является использование кристаллов, не обладающих оптической активностью. Между тем, предварительные расчеты для гиротропных кристаллов показывают, что структура пучков в этом случае меняется более сложным образом. Следовательно, использование пластин из таких кристаллов позволит расширить круг практических применений этого явления.

**Методика проведения лабораторных работ по физике
с использованием современных средств обучения**

Неумержицкая Е.Ю.¹, Белая О.Н.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный педагогический университет

Одним из основных направлений образовательного процесса становится развитие способности студентов к учебно-исследовательской деятельности, т.е. обучение планированию, выполнению и оценивание результатов физических экспериментов, выдвижение гипотезы и построение модели, применение полученных знаний по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ.

Материальной основой физического эксперимента являются универсальные тематические комплекты и наборы на базе компьютерных или комбинированных цифровых средств, предназначенные для демонстрационного и лабораторного эксперимента в оптимальном сочетании с классическими способами измерения.

Использование компьютерной и мультимедийной техники в учебном физическом эксперименте является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений в обучении физике. Исходя из функций компьютерного эксперимента, его можно разделить на модельный и автоматизированный и рассматривать как метод обучения в составе методов организации учебного исследования.

В настоящее время большое внимание уделяется освоению современных способов получения, обработки и представления информации. Огромный выбор цифровых образовательных ресурсов позволяет преподавателю выбрать программное обеспечение для реализации любых образовательных задач. Компьютерные программы по физике разнообразны: источники дополнительной информации; демонстрации; тренажеры; виртуальные лаборатории; мультимедийные и интерактивные приложения; обучающие игры и многие другие. Для измерения физических величин все шире используют принципы оцифровывания аналоговых сигналов цифровых датчиков физических величин, их компьютерную обработку. Многие физические величины могут быть измерены цифровыми датчиками, причем во многих случаях чувствительность и пределы измерений цифровых датчиков превосходят чувствительность аналоговых приборов, а инертность оказывается существенно меньше. Это позволяет выводить также на экран фрагмент установки малого размера и показания датчика.

Индуктивный датчик измерения проводимости слабых электролитов

Киреенко В.П.

Белорусский национальный технический университет

Применение контактной кондуктометрии при измерении проводимости слабых электролитов технологических растворов наряду с рядом достоинств (простота конструкции, надежность) имеет ряд недостатков, таких как высокая чувствительность к пленкообразованию, пассивация поверхности электродов, снижение точности измерений за счет влияния поляризационных эффектов [1].

Выходом из данной ситуации является использование бесконтактных методов измерений и в частности индуктивной измерительной ячейки. Такие ячейки можно представить в виде двух трансформаторов на ферритовых кольцах с числом витков входной обмотки первого трансформатора n_1 , числом витков на выходной обмотке второго трансформатора – n_2 . Раствор электролита является выходной обмоткой первого и входной обмоткой второго трансформатора, образуя один виток, охватывающий и объединяющий оба трансформатора. Сопротивление этого витка раствора влияет на ток в выходной обмотке второго трансформатора.

Нами был изготовлен лабораторный индукционный датчик на ферритовых кольцах НМ 2000, размерами 32x20x6 мм, с количеством витков на первичной обмотке 20, на вторичной 140. Использовался возбуждающий генератор с частотой 8 кГц и амплитудой синусоидального сигнала 1,5 В. Растворы электролитов моделировались с помощью магазина сопротивлений Р33. Выходной сигнал датчика имел линейный вид в диапазоне изменений проводимости омической петли от 10^{-4} См до 0,5 См.

Диапазон измерений такого датчика будет определяться его геометрическими размерами, которые фактически обуславливают постоянную кондуктометрической ячейки k . По предварительным оценкам константа вышесказанной ячейки имеет значение $k \approx 2 \text{ см}^{-1}$. В этом случае, такие датчики можно использовать для измерения удельной проводимости различных электролитов в диапазоне от $2 \cdot 10^{-5}$ См/см до 20 См/см. Для повышения точности измерений необходимо учитывать температурные изменения как электрической проводимости растворов электролитов, так и магнитной проницаемости ферритовых колец.

Литература:

1. Грилихес М. С., Филановский Б. К. Контактная кондуктометрия: Теория и практика метода. – Л.: Химия, 1980. – 176 с.

Оптимизация гигантского комбинационного рассеяния в наноструктурах серебра на анодированном оксиде алюминия

Качан С.М.¹, Терехов С.А.², Панарин А.В.², Мойзес П.³

¹Белорусский национальный технический университет,

²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

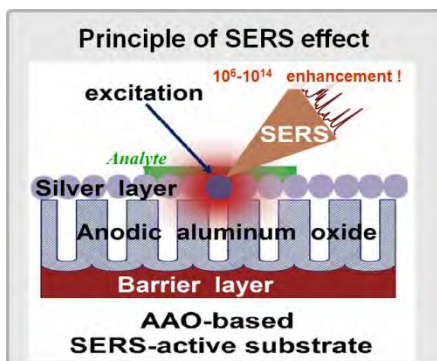
³Институт физики, Карлов Университет, Прага, Чешская Республика

Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) является высокочувствительным методом детектирования следовых количеств аналита, помещенного вблизи плазмонной наноструктуры, и эффективно применяется в аналитической химии, биомедицине, криминалистике, экологии, позволяя регистрировать присутствие отдельных молекул, в том числе и внутри живой клетки.

Значительное усиление ближнего поля при возбуждении поверхностного плазмонного резонанса (ППР) на металлических наночастицах позволяет усилить КР сигнал от аналита до 10^{14} раз и во многом зависит от топологии металлической наноструктуры.

Целью данной работы являлось изучение оптимальных с точки зрения топологии условий получения сильного ГКР сигнала на наноструктурах серебра, нанесенных на подложку из анодированного оксида алюминия (ААО) (см. рисунок). Такие ГКР подложки характеризуются хорошей воспроизводимостью и низкой стоимостью изготовления.

Исследовалось влияние изменения массовой толщины h слоя серебра, термически осажденного на ААО из паровой фазы, на спектры экстинкции и ГКР активности соединений порфирина, адсорбированных на серебряных наноструктурах. Обнаружена немонотонная зависимость усиления ГКР сигнала от толщины серебра h . Теоретически проанализированы топологические изменения наноструктур, соответствующие наблюдаемым спектральным трансформациям полосы ППР. Установлено, что оптимальные условия усиления ГКР активности подложки формируются при согласовании частоты возбуждения с частотой наиболее интенсивной коллективной ППР моды серебряной наноструктуры с нерадиационным характером распада.



Водородоупругие эффекты в системе палладий-водород

Жиров Г.И.

Белорусский национальный технический университет

Система «палладий-водород» является классической системой «металл-водород» как с точки зрения задач физики конденсированного состояния, так и в более широком плане теоретических и практических задач. Палладий, как благородный металл платиновой группы, обладает рядом важных свойств. Он высоко пластичный, обладает высокой электропроводностью, стойкий в кислотах и воздушной атмосфере, а также имеет одно важное свойство – он способен поглощать водород даже при комнатной температуре, с выделением тепла.

Любые неоднородности распределения водорода, любые градиенты концентрации водорода вызывают появление соответствующих деформаций и напряжений в твердом теле. Эти напряжения по аналогии с термическими напряжениями называют водородными концентрационными напряжениями. По аналогии с явлением термоупругости явление возникновения водородных концентрационных напряжений в системе Me-H называют явлением водородоупругости.

Из литературы известны следующие эффекты:

– водородоупругие механические эффекты: макроскопический эффект формоизменения и эффект Горского;

– водородоупругие диффузионные эффекты: эффект критического замедления диффузии, эффект Льюиса (условия, в которых любой градиент концентрации водорода, приводящий к фиковской диффузии, создает поле водородных концентрационных напряжений, которое вызывает противоположно направленный «восходящий» поток водорода).

В данной работе будут обсуждены еще два водородоупругих эффекта, а именно, эффект стационарного когерентного обратимого микровыпучивания и эффект движущегося солитоноподобного когерентного микровыпучивания.

Можно утверждать, что возникновение стационарных и движущихся когерентных выпучиваний на поверхности сплава PdH_x составляет особый, ранее не известный механизм релаксации и локального выравнивания упругих напряжений в сплавах Me-H.

Изучение дифракционных явлений в лабораторном физическом практикуме

Мильто А.В., Русак В.С., Супрунюк А.В., Блинкова Н.Г., Блинков Г.Н.
Белорусский национальный технический университет

Широкое распространение и использование в настоящее время различных оптических приборов и устройств для ввода, передачи, формирования изображений и световых пучков определило дифракционным явлениям особое место среди изучаемых в физической оптике явлений. Оптическое изображение всегда искажается в результате появления аберраций оптической системы и дифракции излучения, возникающей из-за конечного размера элементов системы и особенно проявляющейся в области микро- и нано- размеров. Микрообъекты изображаются дифракционными пятнами, которые могут перекрываться и не давать возможности различать их отдельно. Следовательно, возникает задача о дифракционном пределе разрешающей способности оптики. В лабораторном практикуме кафедры «Техническая физика» студентами изучается дифракция света на щели и на дифракционной решетке при освещении их ртутной лампой, а также лазером. По результатам выполненных измерений углов дифракции для максимумов различных порядков в монохроматическом и белом свете рассчитывается постоянная (период) решетки. С помощью дифракционной решетки определяется длина волны лазерного излучения. Явления дифракции изучаются также в лабораторной работе, выполняемой на компьютере с помощью программы, моделирующей дифракционные картины на отверстиях с изменяемыми размерами и для разных длин волн излучения. Умение решать дифракционные задачи позволяет рассчитывать пределы разрешения оптических инструментов и приборов. Одним из методов решения многих дифракционных задач является метод зон Френеля, моделируемый в работе. Неочевидное отклонение от прямолинейного распространения света при прохождении через отверстия, экраны, диафрагмы, а также распределение интенсивности дифрагировавшего света в плоскости наблюдения дифракционной картины могут быть рассчитаны исходя из волнового уравнения с учетом граничных условий. Строгое решение таких задач возможно только в некоторых случаях. Приближенные методы, основанные на предложенном Френелем методе зон, изучаются с помощью компьютера. В результате выполнения работы устанавливается зависимость ширины дифракционного максимума от размеров отверстия или щели и длины волны излучения.

Оценка длины когерентности излучения лабораторных лазеров

Угаров М.С., Шестак В.В., Блинков Г.Н.

Белорусский национальный технический университет

Когерентность – одно из основных свойств излучения, определяющее возможность получения устойчивых интерференционных картин в голографии, спекл-интерферометрии. Различают пространственную и временную когерентности. Временная когерентность характеризуется временем, а пространственная – длиной и радиусом когерентности. Знание значений длины и радиуса пространственной когерентности необходимо для проведения различных исследований и измерений. Лазерное излучение в отличие от излучения других источников обладает высокой степенью когерентности. Это качество лазеров определяет их широкое применение в современных технологиях. Существуют различные способы оценки степени когерентности: по контрасту интерференционной картины, образованной наложением двух пучков, по корреляционным функциям, которые указывают степень корреляции в зависимости от пространственного или временного интервалов. Угловая расходимость и монохроматичность излучения также позволяют оценивать степень его когерентности. Пространственная когерентность источника излучения зависит от его угловых размеров. Лазерное излучение характеризуется малой угловой расходимостью. При выполнении лабораторных работ на кафедре «Техническая физика» студенты изучают и используют газовый (He – Ne) гелий – неоновый и полупроводниковые лазеры, излучающие в красной и зеленой областях спектра. При проведении экспериментов лазером освещается шероховатое стеклышко, и на удаленном от него экране наблюдается зернистая картина – спекл – картина. Среднестатистический размер спеклов зависит от углового размера освещенного пятна стеклышка, то есть связан с областью когерентности излучения. В работе определялся размер области когерентности лазерного излучения по измерениям среднего размера спеклов на экране, а также по результатам измерений рассчитывалась угловая расходимость. Полученные в результате выполнения работы значения угловой расходимости, порядка 1.7 миллирадиана, и длины когерентности для используемого гелий – неоновый лазера, порядка 0.2 метра, коррелируют с известными данными (при ширине линии генерации порядка 100 кГц, соответственно, - 1 мрад, и в пределах 0.1 – 0.15 м при длине резонатора 0.3 м в двухмодовом режиме генерации): www.lamet.ru, www.laserportal.ru.

Особенности дуговых разрядов, применяемых для инверсии населенностей в лазерах на ионах $Ar\ II$ и $Ar\ III$

Мальцев А.Г., Мальцев И.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе проведены исследования вольтамперных характеристик (ВАХ) дуговых разрядов газовых лазеров на ионах $Ar\ II$ и $Ar\ III$.

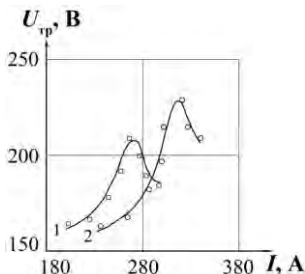


Рис. 1. Вольтамперные характеристики дугового разряда в щелеобразном разрядном канале.

Давление газа: график 1 – 0,7 тор,
график 2 – 1,2 тор

Для стандартной вольтамперной характеристики дугового разряда в лазере на ионах $Ar\ II$ и $Ar\ III$ происходит пропорциональный рост тока и напряжения (рис.1). Однако потом видно, что с увеличением тока дугового разряда происходит уменьшение поддерживающего разряд напряжения, то есть происходит резкое увеличение электропроводности плазмы. Основным фактором увеличения электропроводности плазмы при росте тока является уменьшение N_a . Таким образом, участки падающих ВАХ при разных давлениях заполнения полости лазера аргоном свидетельствуют об изменении состава плазмы. Изменение состава плазмы в наших экспериментах происходило вследствие разрушения диэлектрического защитного слоя секций разрядного канала лазера. Из секций, изготовленных из алюминия марки АД-1, после разрушения ионной бомбардировкой защитного диэлектрического покрытия Al_2O_3 в дуговой разряд попадают пары алюминия. Потенциал ионизации атомов Al значительно ниже потенциала ионизации атомов Ar . Поэтому можно предположить, что происходит интенсивное насыщение дугового разряда ионами Al^{+3} с резким уменьшением концентрации ионов Ar^+ . При этом происходит срыв генерации. Падающие участки графиков вольтамперных характеристик являются показателем разрушающейся под действием высокой температуры дугового разряда конструкции разрядного канала лазера на ионах Ar^+ . Для разрядного канала без повреждений и, следовательно, без поступления в разряд атомов Al , вольтамперная характеристика дугового разряда имеет вид плавно растущей параболы.

Влияние диметилсульфоксида на фотосенсибилизированное образование синглетного кислорода и фотофизические характеристики хлорина e_6

Жарникова Е.С.^{1,2}, Пархоц М.В.¹

¹Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

²Белорусский национальный технический университет

В настоящее время проводится разработка лекарственных препаратов в виде мазей для фотодинамической терапии, в состав которых, помимо основного действующего компонента – фотосенсибилизатора (ФС), входят полиэтиленгликоли и диметилсульфоксид (ДМСО).

Исследования влияния ДМСО в концентрациях, сопоставимых с его содержанием в составе мазевой формы препарата Фотолон, не приводят к заметным изменениям спектральных характеристик ФС хлорина e_6 . В свою очередь, увеличение массовой доли ДМСО в растворе приводит к смещению $Q_x(0,0)$ -полосы поглощения хлорина e_6 в длинноволновую сторону спектра, что обусловлено изменением диэлектрической постоянной среды. Кинетических абсорбционных исследований показали, что кинетика Т-Т - поглощения хлорина e_6 в ДМСО изменяется при увеличении энергии возбуждения, а также при увеличении числа возбуждающих импульсов. При увеличении числа возбуждающих импульсов кинетика постепенно затягивается, и при количестве импульсов 30 и более наступает насыщение, при этом среднее τ_T составляет примерно 200 мкс, что практически совпадает с временем жизни триплетного состояния ФС в обескислороженном растворе.

Исследования фотосенсибилизированного образования 1O_2 показали, что при увеличении энергии возбуждения интегральная интенсивность сигнала люминесценции уменьшается, что свидетельствует о тушении синглетного кислорода одним из компонентов системы (примеси ДМСО). Полученные времена жизни составляют $\tau_1 = 1.2 \pm 0.1$ мкс и $\tau_2 = 5.5 \pm 0.2$ мкс, τ_1 совпадает с временем жизни триплетного состояния ФС, а τ_2 соответственно с временем жизни синглетного состояния кислорода в ДМСО.

Таким образом, наличие ДМСО в составе мази не должно приводить к существенному изменению фотофизических характеристик ФС. Наличие примесей ДМСО, которые проникают в ткань, будет приводить к дополнительному тушению 1O_2 и снижать фотодинамический эффект ФС.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ («Электроника и Фотоника 2.3.03»).

Излучательная дезактивация молекулярного синглетного кислорода в органических растворителях

Жарникова Е.С.^{1,2}, Джагаров Б.М.¹

¹Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,
²Белорусский национальный технический университет

В работе были измерены относительные излучательные константы скорости ($k_r^{отн}$) дезактивации $O_2(a^1\Delta_g)$ в наборе органических растворителей и бинарной смеси ацетон-толуол. В качестве соединения-эталоны был выбран мезопорфирин IX диметилвый эфир, для которого квантовый выход фотосенсибилизированного образования $O_2(a^1\Delta_g)$ (γ_Δ) в толуоле и ацетонитриле составляют соответственно величину $\gamma_\Delta=0.75\pm 0.10$.

Анализ данных показал, что значения $k_r^{отн}$ хорошо коррелируют как с линейной функцией от показателя преломления среды n , так и с зависимостью от поляризуемости растворителя P . Величины $k_r^{отн}$ в обычной и тяжелой воде значительно меньше значений в метаноле, несмотря на близкие значения показателей преломления этих растворителей. Для учета влияния среды использовался подход, в котором излучающий атом или молекула находится в своеобразной «полости», размеры которой превышают размеры излучающего диполя, и существенно меньше длины волны излучения. В случае виртуальной модели полости фактор локального поля f задается уравнением $f_s(n)=(n^2+2)/3$, а для реальной модели полости $-f_p(n)=3n^2/(2n^2+1)$. Следует отметить, что дипольный момент (M) перехода $a^1\Delta_g \rightarrow X^3\Sigma_g^-$ зависит от молекулярной поляризуемости α ($M \sim \alpha$), и следовательно, можно ожидать, что $k_r^{отн} \sim \alpha^2$.

На основании анализа экспериментальных значений относительных констант скоростей спонтанного излучения синглетного кислорода ($a^1\Delta_g \rightarrow X^3\Sigma_g^-$) следует вывод, что наблюдаемые зависимости этой величины от диэлектрических свойств среды, обусловлены как собственными характеристиками излучающей молекулы, так и свойствами внешней среды, которые определяют фактор локального поля и плотность фотонных состояний поля.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ («Конвергенция 3.1.04»).

Применение золотых наночастиц для идентификации художественных пигментов при атрибуции произведений станковой живописи

Шабуня-Клячковская Е.В.^{1,2}, Кулакович О.С.¹, Станкевич В.В.¹

¹Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

²Белорусский национальный технический университет

Идентификация неорганических пигментов в произведениях живописи с помощью гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) на данный момент является нетривиальной задачей в основном из-за их относительно большого размера. Тем не менее, в наших предыдущих работах [1] было отмечено систематическое усиление комбинационного рассеяния неорганических микрокристаллов вблизи наночастиц серебра.

Целью данной работы является апробация методики, предполагающей нанесение золотых наночастиц поверх исследуемых пигментов. Как было показано [2], представленная методика, как и традиционная методика, предполагающая использование ГКР-активных подложек, обеспечивает локальное усиление комбинационного рассеяния на несколько порядков, но при этом является более простой при реализации. В качестве образцов для исследования использовались микрофрагменты красочного слоя, деликатно отобранные с различных произведений станковой живописи. Монодисперсный золь (12 ± 2 нм) золотых наночастиц был приготовлен по методике цитратного восстановления из водного раствора HAuCl_4 [3]. Полученные ГКР-спектры характеризуются хорошим соотношением сигнал/шум, и в результате выполненного отнесения полос в анализируемых фрагментах удалось идентифицировать азурит ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), церулеум ($\text{CoO} \cdot n\text{SnO}_2$), малахит ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), ультрамарин ($\text{Na}_8[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]\text{S}_n$) и желтую хромовую (PbCrO_4).

Таким образом, можно заключить, что представленная методика получения гигантского комбинационного рассеяния может быть успешно внедрена в каждодневную практику технико-технологической экспертизы объектов культурного наследия.

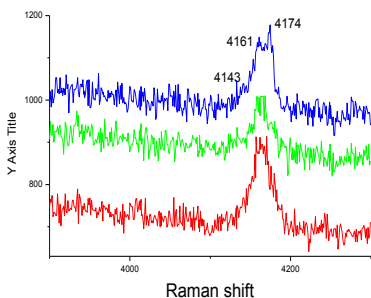
Литература:

1. E. V. Klyachkovskaya, D. V. Guzatov, N. D. Strekal, S. V. Vaschenko, A. N. Harbachova, M. V. Belkov, S. V. Gaponenko. J. Raman Spectrosc. 2012, 43, 741-744.
2. E. Shabunya-Klyachkovskaya, O. Kulakovich, V. Stankevich. Physics, Chemistry and Application of nanostructures 2015, in press.
3. J. Turkevich, P. C. Stevenson, J. Hillier. Discuss. Faraday Soc. 1951, 11, 55-75.

Образование орто- и парамолекулы водорода в пластинах монокристаллического кремния, имплантированных протонами и обработанных в DC плазме водорода

Францкевич Н.В., Францкевич А.В., Шеденков С.И.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время Smart-cut технология является одним из основных методов создания структур кремний на изоляторе. В основе этой технологии лежит возможность отщепления слоев кремния по глубинному дефектному слою. Согласно модели блистеринга, образование газообразного молекулярного водорода определяет возможность отщепления тонких слоев материала. Стандартные пластины n-типа 4.5 Ω -см монокристаллического кремния имплантировались водородом с энергией 100 кэВ и дозами 1×10^{15} , 5×10^{15} , 1×10^{16} or 2×10^{16} ат/см² при комнатной температуре. После имплантации, водород вводился в кремний из DC плазмы при температурах 200 или 300°C. Дефекты типа блистеров, образовавшиеся на поверхности пластин кремния, наблюдались при помощи оптического микроскопа. Для идентификации молекулярного водорода в решетке кремния и его дефектах мы использовали метод комбинационного рассеяния (КР). Проводя эти исследования, мы наблюдали, что в спектрах комбинационного рассеяния, в спектральном диапазоне, сопоставляемом положению водородной молекулы в решетке кремния или ее дефектах ($4130-4170$ см⁻¹), наблюдается ряд особенностей (см. рисунок).



Образование блистеров на поверхности кремния сопровождается возникновением деформаций сжатия/растяжения. Смещение основной линии молекулярного водорода при различных режимах обработки сопоставимо с возникающими поверхностными напряжениями. Смещение и разделение основного пика может быть объяснено регистрацией сигнала от орто- и парамолекул водорода, так как согласно имеющимся работам, наличие давления оказывает влияние на конверсию орто- в параводород.

Изучение развития деградации InGaN/GaN светодиодов по низкочастотным шумам

Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время установлено [1,2], что метод низкочастотной шумовой спектроскопии дает возможность получить информацию о механизмах рекомбинации и обнаружить существование областей локального перегрева и дефектообразования при сравнительно низких уровнях деградации. Авторы [1] определяли вид зависимости спектральной плотности шума S_f от тока I и по полученному закону судят о механизмах излучательной и безызлучательных рекомбинаций. Так, если $S_f(I) \sim I$, то считают, что преобладает мономолекулярная безызлучательная рекомбинация при условии слабого заполнения уровней, ответственных за шум $1/f$. Если $S_f/I^2 \sim 1/I^2$, то преобладает излучательная бимолекулярная рекомбинация. Когда $S_f \sim I^2$, то шум обусловлен флуктуациями линейного сопротивления (контакты, подложка, буферные слои и т. д.). При зависимости $S_f \sim I^3$ происходит генерация дефектов. На исследованных светодиодных структурах [2] наблюдались три сценария старения. Они наблюдаются не только на светодиодах от разных изготовителей, но и в пределах одной партии светодиодов от одного и того же изготовителя. Для части диодов после 1000 ч работы наблюдается рост внешней квантовой эффективности (ВКЭ) приблизительно на 5 %. Для другой части диодов из той же партии при идентичных условиях старения наблюдается небольшое уменьшение ВКЭ. Для небольшой части светодиодов, наблюдается значительное, в 1.5–2 раза уменьшение значений ВКЭ. У всех светодиодов в результате старения наблюдается сильный рост шумов, особенно заметный в области плотности токов 10^{-2} А/см², соответствующих началу излучательной рекомбинации. Авторы заключают, что генерация дефектов происходит неоднородно и концентрируется вдоль протяженных дефектов, пронизывающих активную область светодиодов. Появление на шумовых спектрах светодиодов участков $S_f \sim I^3$ и $S_f \sim I^4$ при средней плотности тока, меньшей 10^{-2} А/см², однозначно свидетельствует о наличии сильного локального перегрева.

Литература:

1. Особенности рекомбинационных процессов в светодиодах на основе InGaN/GaN при больших плотностях инжекционного тока / Н.С. Аверкиев [и др.] // Письма в ЖТФ. – 2009. – Т. 35, Вып. 19. – С.97–102.

2. Закгейм, А.Л., Левинштейн М.Е., Петров В.П., Черняков А.Е., Шабунина Е.И., Шмидт Н.М. // ФТП. – 2012. –Т. 46, Вып. 2. – С. 219–223..

Влияние ультразвукового воздействия на электрические и тепловые характеристики светодиодов

Бобученко Д.С.¹, Бумай Ю.А.¹, Васьков О.С.¹, Красовский В.В.¹,
Куклицкая А.Г.¹, Трофимов Ю.В.², Цвирко В.И.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий
НАН Беларуси»

Использование ультразвука является одним из способов быстрой деградации мощных светоизлучающих диодов (СИД) с целью прогнозирования их времени службы. Ультразвуковая обработка может приводить к генерации точечных дефектов структуры, протяженных дефектов - дислокаций, а также вызывать их миграцию.

Проведена обработка ультразвуком (180 кГц, 6 Вт, до 130 часов) СИД фирмы Helio (1 Вт) синего и красного свечения. В процессе обработки наблюдался нагрев пьезокерамики и СИД до ~67 °С. Измерения вольтамперных характеристик проводились в режиме стабилизации тока.

Обнаружено смещение ВАХ обоих СИД в область более высоких напряжений, связанное с увеличением последовательного сопротивления СИД. В случае синих СИД (на базе нитридов) в начале обработки наблюдается линейный участок с наклоном ~1 мВ/час (рисунок 1а) в отличие от красных СИД (на базе фосфидов), проявивших более высокую устойчивость к ультразвуковой обработке (рисунок 1б).

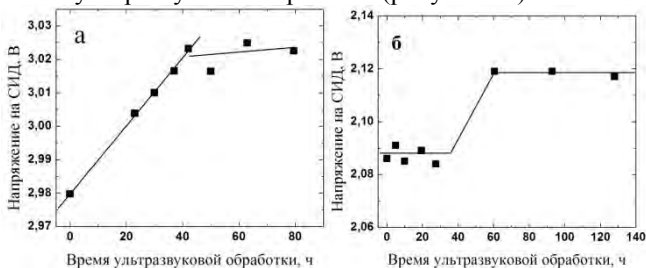


Рисунок 1 – Зависимость прямого напряжения СИД от времени ультразвуковой обработки для синего (а) и красного (б) СИД при токе 150 мА

Обнаружен также положительный эффект ультразвуковой обработки на начальной стадии ультразвукового воздействия у светодиодов может наблюдаться небольшое снижение теплового сопротивления в области посадки кристалла (с 7,9 К/Вт до 7,6 К/Вт), а также увеличение энергетической эффективности светодиодов (с 39,4 % до 44,7 % при токе 100 мА).

Релаксация упругих напряжений у поверхности позитивного фоторезиста при высокоэнергетичном воздействии

Бринкевич Д.И.¹, Просолович В.С.¹, Оджаев В.Б.¹, Янковский Ю.Н.¹,
Черный В.В.²

¹Белорусский государственный университет,

²Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе исследованы процессы, протекающие при высокоэнергетичном воздействии вблизи поверхности позитивного фоторезиста ФП9120, представляющего собой композит из светочувствительного О-нафтохинондиазида и фенол-формальдегидной смолы. Облучение γ -квантами ^{60}Co осуществлялось при комнатной температуре и атмосферном давлении на установке МРХ- γ -25М. Мощность поглощенной дозы составляла 0.36 ± 0.008 Гр/с. Интервал поглощенных доз 6–200 кГр. Имплантация ионами Ni^+ , Fe^+ , Ag^+ , Sb^+ и V^+ , с энергиями 30–60 кэВ в интервале доз от $1 \cdot 10^{15}$ до $6 \cdot 10^{17}$ см⁻² при плотности ионного тока 4 мкА/см² проводилась при комнатной температуре на ионно-лучевых ускорителях «Везувий-6» и ИЛУ-3. Морфология поверхности модифицированной высокоэнергетическим воздействием фоторезистивной плёнки исследовалась методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) при комнатной температуре в полуконтактном резонансном режиме на частоте 145 кГц на приборе Solver P-47. Использовались кантилеверы серии NSG 01 с радиусом закругления 10 нм. Значения среднеарифметической шероховатости R_a усреднялись по результатам не менее чем 5 измерений в различных точках образца.

Установлено, что в процессе высокоэнергетичного воздействия на поверхности позитивного фоторезиста ФП2190 формируются неравномерно распределенные конусообразные структуры. Высота, диаметр в основании и плотность распределения таких структур зависит от условий облучения и вида имплантированных ионов. С образованием конусообразных структур связан существенный рост шероховатости R_a , который существенным образом зависит от условий имплантации. Так при имплантации на ускорителе «Везувий-6» величина R_a обычно ниже (примерно в 3–4 раза), чем на имплантаторе ИЛУ-3. Масса имплантируемого иона оказывает существенно меньшее влияние. Наблюдаемые при имплантации изменения морфологии поверхности фоторезиста обусловлены релаксацией напряжений, образовавшихся в процессе изготовления полимерной пленки, и радиационно-химическими

процессами в приповерхностном слое фоторезиста.

УДК 621.315

Электрические свойства полупроводниковых тонких пленок $Pb_xSn_{1-x}S$

Иванов В.А.¹, Малаховская В.Э.¹, Гременок В.Ф.², Станчик А.В.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Среди новых полупроводниковых материалов, перспективных для создания различных элементов оптоэлектроники, особый интерес представляет изучение полупроводникового твердого раствора SnS–PbS. Соединение SnS обладает полупроводниковыми свойствами, имеет прямую ширину запрещенной зоны, полученную оптическими методами $E_g = 1.3$ эВ. Сульфид свинца, имеющий ширину запрещенной зоны 0.41 эВ, нашел широкое применение как фоточувствительный материал (фоторезисторы, фотодиоды), а также как термоэлектрический материал с большим значением величины термоэдс. $\alpha = -160$ мкВ/К. В системе SnS–PbS образуется ограниченный ряд твердых растворов, поскольку SnS имеет орторомбическую структуру, а PbS – кубическую структуру типа NaCl. Предельная растворимость PbS в SnS составляет ≈ 50 мол.%, а SnS в PbS – около 10 мол.%. Изменение состава твердого раствора приводит к изменению всех электрофизических свойств, как электрических, так и оптических. Поэтому исследование электрических свойств системы SnS–PbS представляет большой интерес как для фотовольтаического, так и для термоэлектрического применения.

Проведено исследование электропроводности и термоэдс тонких пленок $Pb_xSn_{1-x}S$ ($x = 0 - 0.25$), полученных на стеклянных подложках термическим вакуумным испарением методом горячей стенки. Электропроводность пленок измерялась методом Ван-дер-Пау. Коэффициент термоэдс измерялся при комнатной температуре при разности температур между “горячим” и “холодным” зондами $\Delta T = 25$ °С. Все исследованные пленки толщиной 0.9–2.5 мкм были р-типа проводимости. Электропроводность пленок изменялась в пределах $4.8 \times 10^{-5} - 1.5 \times 10^{-2}$ ом⁻¹·см⁻¹ а величина коэффициента термоэдс в пределах 6–360 мкВ/К в зависимости от концентрации атомов свинца. С увеличением концентрации атомов свинца электропроводность и коэффициент термоэдс уменьшаются.

Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания ИК-фотоприемников и тонкопленочных ветвей термоэлектрических преобразователей.

Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

При всем многообразии областей применения светоизлучающих диодов (СИД), наибольший объем производимой в мире светодиодной продукции уже сегодня приходится на удовлетворение нужд освещения и со временем доля этого сектора будет только возрастать. Понятно, что для этих целей применимы лишь белые СИД, притом обеспечивающие для освещения жилых, офисных, торговых и т.п. помещений высокий индекс цветопередачи. Существует три способа реализации белого светодиода. Прежде, чем их рассмотреть, отметим, что в отличие от тепловых источников света собственно полупроводниковый СИД излучает достаточно монохроматический свет. Поэтому в первом способе осуществляют смешение света от СИД, излучающих в разных областях видимого спектра: красной, зеленой и синей (RGB-диоды). Они обладают рядом преимуществ и дополнительных возможностей, но вместе с тем наиболее дорогостоящи. Два других способа связаны с совместным использованием собственно СИД и люминофора. В одном из них для возбуждения свечения люминофора используют ультрафиолетовый (УФ) СИД, что подобно ситуации в привычных люминесцентных лампах (ЛЛ). В них традиционно используют галофосфат кальция, активированный сурьмой и марганцем. Большой индекс цветопередачи достигается при использовании смеси трех различных люминофоров, излучающих в красной, зеленой и синей областях спектра. Здесь возникает проблема совмещения спектра возбуждения каждого из люминофоров со спектром излучения УФ СИД. Наиболее распространен второй, наиболее рентабельный, способ реализации белого светодиода, когда смешивается излучение синего InGaN-светодиода, частично поглощающееся люминофором, и вторичное излучение люминофора, имеющее широкий спектр в желто-зеленой области. Наилучшим (и, можно сказать, единственным) материалом в этом случае является иттрий-алюминиевый гранат, активированный церием. Исключительность связана с высоким значением концентрационно-кинетического критерия (ККК) для сверх ярких СИД, который должен быть не ниже $10^{22} \text{ см}^{-3} \text{ с}^{-1}$. Названный материал обеспечивает ККК не ниже $10^{25} \text{ см}^{-3} \text{ с}^{-1}$, в то время как другие люминофоры, подходящие по спектру, этому ККК не удовлетворяют. Большие перспективы для расширения перечня подходящих люминофоров сулит использование геометрии удаленного люминофора, позволяющей существенно снизить значение ККК.

**Новые насыщающиеся поглотители
на основе стеклокерамик с ионами кобальта**

Лойко П.А.¹, Юмашев К.В.¹, Маляревич А.М.¹, Скопцов Н.А.¹,
Глазунов И.В.¹, Дымшиц О.С.²

¹Белорусский национальный технический университет,
²НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова», Санкт-Петербург

Объектом исследования работы является прозрачные стеклокерамики, содержащие наноразмерные кристаллы оксида галлия, допированные ионами кобальта $\text{Co}^{2+}:\text{Ga}_2\text{O}_3$. Исходное стекло было синтезировано в системе $\text{Li}_2\text{O}-\text{Ga}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и допировано 0.1 мол% CoO . Формирование нанокристаллов обеспечивалось путем вторичной термической обработки при температуре 730 °С в течение 6 ч. Исследование стеклокерамики при помощи РФА и КР спектроскопии подтвердило формирование кубических кристаллов $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ со средним диаметром 7–20 нм и параметром элементарной решетки $a = 8.230 \text{ \AA}$.

В спектре поглощения стеклокерамики наблюдается интенсивная полоса в области 1.3–1.8 мкм, связанная с переходом ${}^4\text{A}_2({}^4\text{F}) \rightarrow {}^4\text{T}_1({}^4\text{F})$ для тетраэдрически координированных ионов Co^{2+} в структуре Ga_2O_3 . Длинноволновой край данной полосы поглощения смещен на ~170 нм по отношению к монокристаллам шпинели $\text{Co}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$. При облучении стеклокерамики мощными нс импульсами на длине волны 1540 нм зарегистрирован эффект насыщения поглощения, рисунок 1. Плотность энергии насыщения составила 0.8 Дж/см², а время восстановления начального поглощения – 166 нс. Это указывает на перспективность использования полученного стеклокристаллического наноматериала в качестве пассивного затвора эрбиевых кристаллических лазеров, генерирующих в условно безопасном для глаз диапазоне 1.5–1.7 мкм.

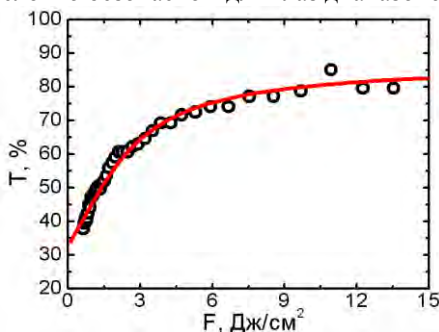


Рисунок 1 – Кривая просветления для стеклокерамики с нанокристаллами $\text{Co}^{2+}:\text{Ga}_2\text{O}_3$ (длина волны 1540 нм)

Термические напряжения в лазерном кристалле Nd:YVO₄ при диодной накачке

Лойко П.А., Юмашев К.В.

Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования работы является тетрагональный кристалл иттриевого ванадата YVO₄, активированный ионами неодима Nd³⁺. Рассматриваются две вырезки данного кристалла для распространения излучения в направлении кристаллографических осей [100] и [001]. Данный кристалл является оптически одноосным, его оптическая ось параллельна оси [001]. В работе определены компоненты тензоров термических напряжений и деформаций в лазерном диске из Nd:YVO₄ в приближении плоского напряжения, которое достаточно хорошо описывает случай продольной диодной накачки диска. Для этого использован метод функции напряжений Эйри.

Показано, что нормальные напряжения σ_r и σ_θ характеризуются только радиальной зависимостью, а компонента касательных напряжений $\tau_{r\theta}$ равна нулю для обеих вырезок кристалла. Радиальная компонента напряжений $\sigma_r < 0$ во всем объеме диска за исключением его границы, где $\sigma_r = 0$. Тангенциальная же компонента σ_θ отрицательна в центре диска и положительна на его границе. Таким образом, центральная часть диска испытывает сжатие. Кристалл, вырезанный вдоль [100], характеризуется большими напряжениями, чем кристалл, ориентированный вдоль оси [001]. На рисунке 1 показаны значения напряжений при толщине диска 1 мм и поглощенной мощности накачки 1 Вт.

Полученная информация важна для конструирования мощных лазеров с диодной накачкой на основе кристалла Nd:YVO₄.

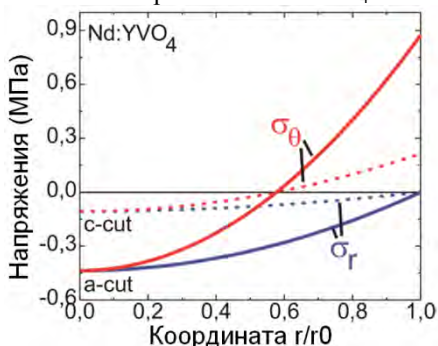


Рисунок 1 – Зависимость нормальных напряжений в плоскости лазерного диска Nd:YVO₄ от радиальной координаты

Повышение оптической эффективности двумерной разнесенной матрицы световых клапанов на основе электрооптической керамики

Малаховская В.Э., Сидоренко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Двумерным многоканальным модулятором света (ММС) с 90° -ной разнесенной матрицей световых клапанов (СК) присущ очевидный недостаток — низкая оптическая эффективность. Это является следствием использования трех дихроичных поляризаторов, имеющих значительное собственное поглощение света.

Нами исследовано светопропускание двумерного ММС с разнесенной матрицей СК, состоящего из трех последовательно установленных керамических пластин, помещенных между двумя поляризаторами. (Третий поляризатор отсутствует). На каждой из пластин сформированы двухсторонние системы планарных металлических электродов. Электродные системы первой и третьей пластин аналогичны электродам одномерных модуляторов, используемых в составе 90° -ных матричных ММС. Но в отличие от 90° -ной матрицы электроды первой пластины не перпендикулярны, а параллельны электродам третьей пластины. При этом каждый электрод первой пластины оптически совмещен и электрически соединен с соответствующим электродом третьей пластины. Вместе они выполняют функции строчных электродов матрицы. Электроды второй пластины имеют вид прямоугольных треугольников, объединенных в столбцы с помощью вертикальных проводящих полос. Это – столбцовые электроды. К вертикальным полосам треугольные электроды примыкают катетами, острый угол при которых равен $22,5^\circ$. Их гипотенузы при этом параллельны плоскости поляризации входного поляризатора и образуют угол $67,5^\circ$ с электродами на первой и третьей пластинах. СК образуются в областях пересечения межэлектродных промежутков строчных электродов и межэлектродных промежутков, формируемых гипотенузами смежных столбцовых электродов. В результате электрическое поле в апертурах СК, наводимое электродами второй пластины (между гипотенузами), параллельно плоскости поляризации анализатора.

Режим модуляции использует свойство линейно поляризованного света, плоскость поляризации которого, составляя угол α с оптической осью полуволновой пластинки, после прохождения пластинки поворачивается на угол 2α в сторону оси. Взаимная ориентация электродов трех пластин СК обеспечивает последовательный поворот плоскости поляризации светового потока во включаемом СК точно на 90° . Выключенные СК при этом остаются оптически изотропными.

Применение форсированных режимов для ускоренной оценки надежности светоизлучающих диодов

Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

В связи с увеличением долговечности изделий светодиодной техники (СТ) все более актуальной становится задача сокращения производственных испытаний на надежность и долговечность. Одним из путей, с помощью которых можно успешно решить данную задачу, является метод ускоренных испытаний, в котором для ускорения процессов старения используются форсированные режимы, т. е. режимы, превышающие нормальные режимы функционирования испытуемых изделий. При проведении форсированных испытаний решались задачи выбора воздействующих факторов, которые влияют на скорость процесса старения и возникновения отказа СТ; уровней форсирования; сочетание уровней форсирования. Поэтому, для оценки работоспособности СТ использовалась нелинейная функция:

$$Y(B, t) = 1 - b_1 \exp(1 - b_2 \cdot t),$$

где b_1, b_2 – функции форсирующих режимов. Для определения времени наработки СТ при номинальных режимах, проводились испытания выборки в форсированном режиме t_ϕ до получения заданного уровня показателя работоспособности Y_Γ и используя функцию $Y(B, t)$ определялось время наработки (t_n) СТ до значения Y_Γ .

Так при форсированных режимах $T = 100$ °С, $I = 35$ мА в течение 400 ч испытывалась выборка светодиодов синего свечения Nichia NSPB510S. В качестве форсирующих факторов были выбраны температура и ток. Информативным параметром было выбрано падение прямого напряжения светодиода. Анализ результатов испытаний показал, что вероятности отказа для различных времен испытаний был следующим: 0 ч = 0,1349; 50 ч = 0,1545; 100 ч = 0,1696; 200 ч = 0,1957; 300 ч = 0,2264; 400 ч = 0,2523. По этим результатам определяли наработку до вероятности отказа $P_\Gamma = 0,3$. Были получены следующие значения: $t_n = 16104$ ч и коэффициент сокращения испытаний $K_y = t_n / t_\phi = 40$.

Таким образом, проведение многофакторных форсированных испытаний по специальным планам второго порядка с последующим построением модели работоспособности полупроводниковых диодов позволяет пересчитать результаты кратковременных форсированных испытаний к нормальным условиям.

Исследование режимов работы полупроводниковых источников излучения в схемах формирования и передачи оптической информации по открытому оптическому каналу

Развин Ю.В., Кожевников Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшими эксплуатационными свойствами оптических систем являются однонаправленность передачи информации по оптическому каналу, отсутствие влияния обратной реакции приемника на излучатель, возможность обработки как импульсного, так и непрерывного сигнала, помехозащищенность и исключение взаимных наводок в многоканальных схемах. В основе работы анализируемых систем лежат процессы модуляции светового потока и кодировки информационных сигналов. Использование полупроводниковых светодиодных (LED) и лазерных (LD) источников оптического излучения позволяет применять методы внутренней модуляции оптического излучения. Целью данной работы является исследование режимов работы и проведение сравнительного анализа эффективности различных образцов полупроводниковых источников излучения в схемах передачи информации по открытому оптическому каналу.

В работе определены вольт-амперные и световые характеристики исследуемых излучателей, получены зависимости относительной яркости излучения от величины тока питания и температуры излучателя. Использовались образцы LED и LD, излучающие в ближнем инфракрасном и в видимом спектральных диапазонах. Для определения параметров оптического излучения в работе использовался метод фотоэлектронной регистрации. Система питания, содержащая стабилизированный блок питания и электронную схему формирования электрических импульсов, позволяла реализовать режимы импульсного (внутренняя модуляция) и постоянного питания исследуемых образцов полупроводниковых излучателей. Особый интерес представляют результаты, полученные в условиях значительного превышения параметров питания их номинальных значений. Установлены характерные особенности пространственного формирования светового потока при различных уровнях питания полупроводниковых излучателей. Проанализированы пространственные параметры формируемого излучения. Собрана принципиальная схема макета формирования и передачи информации в открытом оптическом канале при позиционно-импульсной модуляции излучения. Рассмотрены особенности прохождения светового сигнала в исследуемых оптических каналах.

**Бистабильность режимов генерации в твердотельном лазере
с диодной накачкой**

Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

В работе [1] при экспериментальном исследовании динамики генерации одномодового Nd:YAG лазера с накачкой полупроводниковым диодом с линейной фазовой и амплитудной анизотропией резонатора, при наличии линейной связи волн генерации была обнаружена бистабильность одночастотных стационарных режимов генерации с ортогональными циркулярными состояниями поляризации волн. Переключение с одного состояния поляризации на другое осуществлялось изменением знака линейной фазовой анизотропии.

Анализ свойств симметрии математической модели данного лазера позволил обнаружить бистабильность как регулярных, так и сложных двухчастотных режимов генерации [2], и предложить способ управления этой бистабильностью.

При увеличении линейной фазовой анизотропии резонатора и постоянном превышении накачки над порогом вначале возникала бистабильность двухчастотных режимов генерации волн с линейными ортогональными состояниями поляризации, соответствующих асимметричным предельным циклам с колебаниями всех переменных,

Далее, с увеличением линейной фазовой анизотропии резонатора, фиксировалась бистабильность следующих двухчастотных режимов: асимметричного хаотического режима типа перемежаемости с вращением разности фаз, локализованного в цилиндрическом фазовом пространстве, за которым следовала обратная последовательность бифуркаций удвоения периода для асимметричного предельного цикла II рода.

Знание свойств симметрии уравнений генерации позволило предложить способ управления бистабильностью двухчастотных режимов: переключение волн с линейными ортогональными состояниями поляризации на одной частоте происходит при повороте оптических осей линейной амплитудной и фазовой анизотропии резонатора на угол $\pi/2$.

Литература:

1. Brunel, M. Experimental and theoretical study of longitudinally monomode vectorial solid-state laser / M. Brunel, O. Emile, M. Alourni [et. al]. // Phys. Rev. A. – 1999. – Vol. 59, № 1. – P. 831–840.
2. Фазовая неустойчивость в одномодовом твердотельном лазере с анизотропным резонатором / Л.П. Свирина // Оптика и спектроскопия. – 2009. – Т. 107, № 2. – С. 207–212.

Исследование изменения поляризации излучения в призмных системах

Фильчук А.С.

Белорусский национальный технический университет

Преимущества в применении отражательных оптических призм заключаются в уменьшении потерь проходящего света и повышении устойчивости к возникающим разъюстировкам оптических схем в процессе эксплуатации. Отражательные призмы делятся на одинарные и составные, и изготавливаются из оптически изотропного материала. Практически важным является сохранение поляризации проходящего через призму оптического излучения. Наибольшие трудности возникают при анализе поляризованного излучения импульсных лазеров, что связано с малой длительностью излучения. Состояние поляризации лазерного излучения может существенно изменяться в реальных оптических системах, характеризующихся наличием значительного числа дополнительных оптических поверхностей, относящихся к различным оптическим элементам рассматриваемых систем. Целью работы является исследование изменения состояния поляризации лазерного излучения в оптических схемах с отражательными оптическими элементами (на основе отражательных призм).

В работе исследовались различные образцы отражательных призм: одинарные призмы с одной и двумя отражающими поверхностями, а также оборачивающие призмные системы (типа Порро). Показано, что призмный отражатель меняет состояние поляризации падающего на него лазерного излучения. В отражательных призмах реализуется явление полного внутреннего отражения. При полном внутреннем отражении составляющие падающего излучения, поляризованные во взаимно перпендикулярных направлениях, испытывают различные скачки фаз, при этом разность фаз изменяется в пределах $0^{\circ} \leq \Delta\varphi \leq 180^{\circ}$. Определяя изменения азимута поляризации и фазовый сдвиг при полном внутреннем отражении, можно рассчитать действие различных оптических элементов на формирование состояния поляризации прошедшего через них излучения. Данные анализа поляризационных параметров излучения, полученные для призмы БР-180⁰, показывают, что при азимуте $\alpha = 45^{\circ}$ поляризация выходного излучения становится круговой. Проведено сравнение полученных результатов для зеркал и сложных призм.

Научный руководитель – доцент Развин Ю.В.

Химия
и химические технологии

Газогипс, получение и свойства

Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Газогипс – конструктивно-теплоизоляционный материал с развитой ячеистой пористостью – изготавливается с использованием газа, выделяющегося из гипсового раствора при затворении его эффективными газообразующими добавками. В результате химического взаимодействия между содержащимися в строительном гипсе карбонатными соединениями и добавками выделяется газ, придающий гипсовому тесту ячеистую структуру.

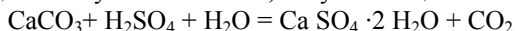
По известному способу сначала готовят текучую смесь из гипса и воды, а затем добавляют в нее раствор серной кислоты. Образование CO_2 и вспучивание смеси происходит через 20-45 сек. Прочность при сжатии такого газогипса объемным весом от 400 до 600 кг/м^3 равна 6-30 кг/см^2 , водопоглощение – 40-64% (по весу).

Недостатки газогипса известных составов — низкие прочность и водостойкость.

Для получения однородного по структуре материала со стабильными свойствами нами использовался строительный гипс месторождения "Мамалыга" (Молдова), содержащий 92,3% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 7,2% CaCO_3 и примеси, и водный раствор сульфата алюминия.

К гипсу добавляли водный раствор $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Сульфат алюминия вступал в реакцию гидролиза: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlOHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$

При взаимодействии образующейся серной кислоты с карбонатами выделился углекислый газ, вспучивающий гипсовое тесто:



При исследовании газообразующего действия кислоты установлено, что наиболее эффективной является добавка H_2SO_4 в количестве 7 г. на 100 г строительного гипса, что в пересчете на $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ составляет 24 г. Начало активного газовыделения около 30 сек., продолжительность вспучивания не более 3 мин. Это позволяет приготовить газогипсовую массу в скоростном смесителе и уложить ее в форму до начала активного газообразования.

Прочность при сжатии такого газогипса объемным весом от 800 кг/м^3 равна 30 кг/см^2 , водопоглощение – 42% .

Полученные предлагаемым способом газогипсовые изделия имеют небольшую плотность, негорючи, обладают хорошей тепло- и звукоизоляцией. Полученные изделия из газогипса можно использовать в качестве закладных деталей для бетона.

**Перспективы использования водных растворов серы
для снижения водопоглощения изделий из бетона**

Глушонок Г.К., Кречко Н.А., Шагойко Ю.В.
Белорусский национальный технический университет

Нами были получены водные растворы серы (9-20%), которые были исследованы в качестве кольматирующей жидкости для антикоррозионной защиты бетона. Все исследования проводились с использованием обработки изделий методом погружения в раствор. Оценка результатов снижения водопоглощения образцов бетона проводилась по показателю эффективности антикоррозионной жидкости (ПЭАЖ) – отношению величины водопоглощения контрольных образцов к величине водопоглощения образцов бетона, обработанных антикоррозионной жидкостью.

Полученные результаты показали, что разбавленные растворы серы в органических растворителях не обеспечивают защиты изделий из бетона от влаги (ПЭАЖ 0,92–1,00). При погружении бетонных кубиков в расплав серы ПЭАЖ достигает 10,55. Поровое пространство заполняется расплавом серы, и возможность проникновения влаги в бетон существенно снижена. Обработка бетонных кубиков водными растворами серы в гидроксидах щелочных и щелочно-земельных металлов приводит к увеличению водоотталкивающих свойств бетонных изделий (ПЭАЖ 1,16–1,39). Однако, данный способ обработки бетонных изделий обладает серьезным недостатком: щелочной раствор серы вымывается водой.

Дополнительная обработка образцов растворами ионов металлов для закрепления полисульфидной серы в виде нерастворимых сульфидов (Mg^{+2} , Fe^{+2} , Zn^{+2}), или гидроксидов (Al^{+3} , Fe^{+3} , Cr^{+3}), полагая, что в этом случае изменится форма полисульфидной серы, приводит к значениям ПЭАЖ для солей двухвалентных металлов (Mg^{+2} , Zn^{+2} , Fe^{+2}) 1,9–2,8, а трехвалентных (Al^{+3} , Fe^{+3} , Cr^{+3}) – 1,5–1,7. При этом не наблюдается вымывания серы в воду при насыщении образцов водой.

Обработка бетонных кубиков растворами окислителей ($K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$) понижает ПЭАЖ. Возможно, что анион S^{2-4} переводится в форму $S^{+4}(S^{+6})$, что не способствует понижению растворимости полисульфидной серы, а наличие аниона SO_4^{2-} , разрушает структуру бетона, даже увеличивая водопоглощение обработанных таким образом образцов.

Однако, следует отметить, что ПЭАЖ данного способа обработки не достигает значений считающихся приемлемыми для эффективных кольматирующих жидкостей 3–5, что заставляет скептически относиться к перспективе использования щелочных растворов серы в качестве кольматирующей жидкости для защиты бетонных изделий.

Фотокаталитическая активность ильменита (FeTiO_3)

Горбунова В.А., Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Перспективным подходом к спектральной сенсбилизации широкозонного полупроводника TiO_2 является его допирование катионами переходных металлов, что приводит к появлению в запрещенной зоне полупроводника локальных состояний, возбуждение которых может осуществляться видимым светом. Кроме этого, катионы металла-допанта могут выполнять функцию ловушек фотогенерированных зарядов, благодаря чему отчасти подавляются нежелательные рекомбинационные процессы. С введением в структуру TiO_2 оптимальных количеств катионов железа (III) связывают перспективу получения экологичных, недорогих фотокатализаторов, активных в видимом диапазоне спектра. **Цель работы:** изучить возможность использования в качестве фотокатализатора, работающего в более широком спектральном диапазоне, смешанный оксид природного происхождения FeTiO_3 – ильменит (Украина). По результатам рентгенофлуоресцентный анализа ильменит имеет следующий фазовый состав: Fe_2O_3 24%, TiO_2 – 64%, FeO – 10%, а также содержит небольшое количество SiO_2 , следы оксида алюминия. Предварительно ильменит был подвергнут сульфатированию. Из литературы известно, что обработка фотокатализаторов на основе TiO_2 серной кислотой может повышать фотокаталитическую активность за счет повышения кислотности поверхности катализатора. Сульфатирование проводили следующим образом: 10 г ильменита перетирали в ступке, затем смешивали с 20 мл концентрированной H_2SO_4 и оставляли смесь на 2 часа при температуре 30°C . Затем к смеси добавляли 15 мл воды, что позволяло активировать процессы сульфатирования. Смесь выдерживали в течение 1 часа. Далее прореагировавшую смесь промывали водой, фильтровали. Сульфатированный ильменит сушили при 100°C на воздухе. Затем половину образца прокаливали на воздухе при 150°C , вторую – при 300°C . Фотокаталитическую активность сульфатированного прокаленного ильменита изучали на модельной реакции окисления метилоранжа фотоколориметрическим методом при комплексном воздействии ультрафиолетового и видимого света. В раствор метилоранжа объемом 100 мл с исходной концентрацией 0,0004 М добавляли подготовленный ильменит в количестве 0,035 г/л. Облучение проводили при постоянном перемешивании раствора. Степень разложения метилоранжа в течение двух часов составила около 70-77 %, причем наименьшая остаточная концентрация метилоранжа (23%) наблюдалась для образца ильменита прокаленного при 300°C .

Влияние условий получения диоксида титана на его устойчивость в коллоидном состоянии

Слепнёва Л.М., Слепнёв Г.Е.

Белорусский национальный технический университет

Наноразмерные и субмикронные порошки диоксида титана являются основой или одним из компонентов различных оксидных композиций, используемых в качестве керамических мембран, фотокатализаторов, просветляющих покрытий на оптических элементах и др. Диоксид титана широко используется для создания газовых сенсоров, диэлектрической керамики, красителей и т. д. При изготовлении селективного слоя ультрафильтрационных керамических мембран на основе TiO_2 в качестве исходного материала используют, как правило, гидрозоль. Для получения гидрозоля диоксида титана нами был использован тетрахлорид титана, предварительно растворенный в изобутиловом спирте. TiCl_4 подвергался водному гидролизу при температуре 70°C . Примерно через 15 мин после начала гидролиза начинала наблюдаться слабая опалесценция раствора, что свидетельствовало об образовании золя гидратированного диоксида титана.

Время образования диоксида титана по нашим данным зависит от чистоты используемого растворителя. Проводилось два параллельных эксперимента. В одном из них использовалась для проведения гидролиза дистиллированная вода, в другом – бидистиллированная. По данным электронной микроскопии в дистиллированной воде обнаруживалось небольшое количество субмикронных примесей, в то время как в бидистиллированной воде эти примеси отсутствовали. При одной и той же концентрации TiO_2 , равной $2,1 \cdot 10^{-2}$ моль \cdot л $^{-1}$ время появления опалесценции было различным. Опалесценция появлялась на 11-й день от момента внесения раствора тетрахлорида титана в дистиллированную воду, и на 45-й день в случае использования бидистиллированной воды для проведения гидролиза. Это свидетельствует о том, что примеси частиц субмикронного размера могут служить центрами кристаллизации для гидрозоля, когда образуются частицы размера сопоставимого с размерами примесных частиц.

Устойчивость гидрозоля при описанном выше способе его получения была изучена в диапазоне концентраций от $6,3 \cdot 10^{-4}$ до $4,8 \cdot 10^{-2}$ моль \cdot л $^{-1}$. Наибольшая устойчивость, более года, наблюдалась при концентрации гидрозоля (в пересчете на диоксид титана) $2,1 \cdot 10^{-2}$ моль \cdot л $^{-1}$. Увеличение концентрации выше этой цифры приводило к возрастанию инкубационного периода появления опалесценции и одновременно к уменьшению агрегативной устойчивости золя.

**Об особенностях получения субмикронного диоксида титана
золь-гель методом**

Горбунова В.А., Кирюшина Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Важнейший продукт титановой промышленности – диоксид титана, на который перерабатывается большая часть титанового сырья. Последние годы отмечены быстро растущим спросом на новый вид продукции — высокочистый нанодиоксид титана, который обладает уникальными фотокаталитическими свойствами. Нанодиоксид применяют в космической отрасли, при производстве специальных пластмасс для защиты от ультрафиолетового излучения, при изготовлении самоочищающихся стекол, фотокатализаторов, электрохромных дисплеев.

Во многих лабораториях получают как нанодисперсный, так и субмикронный TiO_2 золь-гель методом, причем дисперсность получаемого продукта в большой степени зависит от условий синтеза. При получении TiO_2 из тетраизопропоксида титана, модифицированного ацетилацетоном, факторами, влияющими на степень агломерации частиц, являются полярность и молярный объем используемых в процессе гидролиза органических растворителей. Образование хелатного комплекса между тетраизопропоксидом титана и ацетилацетоном приводит к замедлению гидролиза и конденсации и, следовательно, к уменьшению степени агломерации частиц TiO_2 . На размер и морфологию частиц диоксида титана оказывает влияние кислотность среды. Так, гидролизом тетраизопропоксида титана, проводимом в сильноокислом растворе можно получать порошок TiO_2 , состоящий, по данным рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии, из мелких аморфных сферических частиц. Понижение кислотности сопровождается образованием кристаллической фазы анатаза. В ряде случаев на размер и форму дисперсной фазы коллоидного раствора оказывает влияние порядок смешивания реагентов. В зависимости от момента введения изопропоксида титана в бутанольный раствор полиакриловой кислоты (ПАК) в процессе его водного гидролиза существенно изменяются размер и форма агрегатов ПАК- TiO_2 , а также степень агрегации. Для регулирования размера получаемых при гидролизе частиц TiO_2 эффективно совмещение процесса гидролиза с ультразвуковой обработкой реакционной зоны. Проведение гидролиза тетрабутоксида титана в обратных мицеллярных системах, образованных водным раствором минеральной кислоты, циклогексаном и ПАВ, показывает зависимость размера, структуры образующихся частиц TiO_2 и скорость их последующей агрегации от природы кислоты, регулирующей кислотность среды.

Способы получения окрашенных гидросиликатов кальция

Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет

В большинстве случаев синтетические гидросиликаты получают осаждением из водных растворов силикатов натрия путем обмена с катионами кальция, образующими трудно растворимые силикаты.

В данной работе синтез гидросиликатов кальция осуществляли путем их осаждения при взаимодействии жидкого стекла с хлоридом кальция.

Установлено, что максимально приближающийся к расчетному по уравнению реакции выход наблюдается, когда CaCl_2 вводится в реагирующую смесь с коэффициентом избытка 1,1 – 1,15 от стехиометрически необходимого в виде 15% раствора. Для получения окрашенных гидросиликатов использовался соответствующий краситель (гидроксиды меди, кобальта, марганца, железа, никеля), который вводился в суспензию двумя способами:

- диспергированием добавки в растворе CaCl_2 с последующим приливанием в раствор жидкого стекла:

- введением непосредственно в жидкое стекло перед добавлением раствора CaCl_2 .

В первом способе из-за высокой скорости протекания реакции осаждения, наблюдается мгновенно образующаяся во всем объеме жидкой фазы коллоидная структура гелевидных новообразований, которую механическое перемешивание не может успешно диспергировать.

Во втором способе на первой стадии происходит частичное осаждение из жидкого стекла силикатов соответствующего металла и вследствие небольшого количества вводимой добавки, количество полученного продукта невелико (5-10% от общего количества), что позволяет с помощью перемешивания равномерно распределить продукт в объеме и на второй стадии провести окончательное осаждение гидросиликатов кальция с помощью раствора CaCl_2 . Для лучшего диспергирования хромофора в смеси жидкое стекло разбавляли в 2 раза. В этом случае обеспечивались оптимальные условия перемешивания при сохранении необходимой концентрации ионов SiO_3^{2-} в растворе. Установлено, что оптимальным является способ введения окрашивающей добавки в раствор жидкого стекла непосредственно перед осаждением гидросиликатов кальция раствором CaCl_2 .

Проведенные исследования показали, что интенсивность окрашивания для всех использованных соединений увеличивается пропорционально количеству вводимой добавки, причем введение добавки в количестве ме-

нее 1% от количества CaCl_2 не вызывает интенсивного окрашивания осадка.

УДК 546.536

Взаимодействие высокодисперсного нитрида кремния с ортофосфорной кислотой

Медведев Д.И., Медведева Н.Д., Зык Н.В.
Белорусский национальный технический университет

В последнее время области применения материалов на основе неорганических связующих (фосфатных, силикатных) постоянно увеличиваются. Это объясняется их способностью образовывать достаточно прочные структуры при относительно невысоких температурах и сохранять прочностные и другие свойства при нагревании. Причем свойства композиций зависят как от вида связующего, так и от физико-химических свойств порошковой составляющей.

Одной из особенностей получения фосфатных композиций является наличие взаимодействия между Т и Ж в результате чего образуются новообразования, цементирующие зерна наполнителя в монолит.

Поскольку грубодисперсные порошки Si_3N_4 устойчивы к действию H_3PO_4 , в работе использовали высокодисперсный нитрид кремния, характеризующийся более высокими значениями энергии Гиббса и энтропии образования по сравнению с крупнодисперсным наполнителем, для которого характерна упорядоченная кристаллическая решетка.

В работе изучено влияние концентрации H_3PO_4 , времени и температуры взаимодействия в системе Т : Ж. Установлено, что при комнатной температуре (25°C) при увеличении концентрации кислоты с 50 до 90% степень разложения Si_3N_4 составляет 1-2%, которая несколько возрастает (до 4-5%) при увеличении температуры до 100°C . При температуре кипения растворов H_3PO_4 интенсивность взаимодействия возрастает до 20–25%. Рассчитанная энергия активации процесса составляет 70–78 кДж/моль, что свидетельствует о протекании процесса в кинетической области. Причем с увеличением концентрации кислоты значение $E_{\text{акт}}$ процесса уменьшается.

Физико-химический анализ твердого остатка свидетельствует о том, что разложение Si_3N_4 в растворах H_3PO_4 происходит без изменения состава. Отсутствие индукционного периода на кинетических кривых разложения Si_3N_4 свидетельствует о протекании процесса по механизму одновременного вступления в реакцию всей поверхности наиболее активных частиц Si_3N_4 .

Таким образом, наличие химического взаимодействия в системе Si_3N_4 - H_3PO_4 может служить предпосылкой синтеза композиционных материа-

лов, обладающих высокими электроизоляционными свойствами.

УДК 546.536

Оптимизация процесса синтеза высокодисперсного нитрида титана из газовой фазы

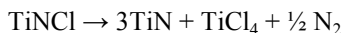
Медведев Д.И., Медведева Н.Д., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из методов получения нанопорошков является осаждение их из газовой фазы.

Ранее выполненные термодинамические расчеты получения нитрида титана TiN путем аммонолиза TiCl₄ (т.е. взаимодействием с NH₃) и азото-водородной смесью (H₂ + N₂) показал преимущества использования аммиака. Указанный вывод относился к условиям достижения состояния равновесия этих двух реакций. В этом случае смесь H₂ + N₂ должна была бы находиться в равновесии по отношению к одним и тем же продуктам реакции. Тогда и сами азотирующие реагенты также должны были бы находиться в равновесии друг к другу: NH₃ <-> 3H₂ + N₂. Таким образом NH₃ при T ≥ 500°C должен был бы практически полностью диссоциировать на азот и водород. Однако, в реальных условиях при времени контактирования S – 15 сек NH₃ разлагается при T – 700°C лишь на 10%, при 900°C – на 40%, при 1000°C – на 87%. Тогда в реальных условиях при отсутствии равновесия диссоциации NH₃ отсутствует и равновесие в обеих реакциях. Причем в большей степени это относится к взаимодействию TiCl₄ с азотоводородной смесью, т.к. энергия активации с участием более прочных молекул N₂ должна быть достаточно большой, а значит скорость второй реакции значительно меньше первой. Определены оптимальные условия получения TiN.

Показано, что повышенный расход аммиака TiCl₄ : NH₃ = 1 : 4,0 : 4,5 объясняется образованием промежуточного продукта (TiNCl) (T = 1000 – 1100°C) в условиях опыта диспропорционирует по реакции:



В указанных условиях NH₃ практически полностью диссоциирует на H₂ и N₂, которые являются менее активными азотирующими реагентами, что к перерасходу NH₃ при вторичном аммонолизе тетрахлорида титана TiCl₄.

Выявленные закономерности легли более рационального способа синтеза TiN путем разделения потоков аммиака по 1 – 1,5 моль на моль TiCl₄, при одновременном увеличении выхода TiN до 99,5%, снижении содержания остаточного хлора в продукте с 0,6 – 1,0% до 0,2 – 0,4% и повышении удельной поверхности нитрида с 20 – 22 м²/г до 28 – 30 м²/г.

**Изучение влияния добавки ПАВ на размер агломератов
ультрадисперсного гидроксида алюминия**

Проворова И.Б.

Белорусский национальный технический университет

При получении ультрадисперсного гидроксида алюминия необходимо учитывать не только факторы, влияющие на образование кристаллов наименьшего размера, но и создать условия для уменьшения образующихся в процессе декомпозиции агломератов.

С целью уменьшения размеров получаемых агломератов проведены исследования по влиянию добавки ПАВ. В качестве ПАВ выбран пластификатор С-3. Для этого провели эксперимент, в ходе которого поглотитель (99% γ - Al_2O_3) смешивали со щелочью (NaOH) в пропорции 60 : 84 весовых частей, смесь спекали при температуре 400°C в течение 2 часов и растворяли в воде. В результате получили исходный раствор плотностью 1210 кг/м³, который поместили в четыре ёмкости объемом по 1 литру в каждую. В растворы добавляли в качестве затравки $\text{Al}(\text{OH})_3$ в виде суспензии в количестве 50% от массы гидроксида алюминия, содержащегося в исходном растворе. В 3 емкости добавили 0,33, 0,66 и 1% пластификатора С-3 от массы образующегося гидроксида алюминия соответственно. Исследуемые растворы механически перемешивали со скоростью равной 90 об/мин. Эксперимент проводили при комнатной температуре, непрерывно до прекращения изменения плотности растворов.

Как следует из эксперимента процесс декомпозиции $\text{Al}(\text{OH})_3$ из раствора завершился за 36 часов. При этом увеличение добавки ПАВ приводит к уменьшению количества $\text{Al}(\text{OH})_3$ образующегося в процессе декомпозиции. Анализ дисперсности полученных порошков $\text{Al}(\text{OH})_3$ показал, что добавка ПАВ в процессе декомпозиции при механическом перемешивании влияет как на размер образовавшихся агломератов, так и на размер частиц $\text{Al}(\text{OH})_3$. Усредненный наименьший размер агломератов образующихся в процессе декомпозиции (порядка 5 мкм) соответствует количеству добавки ПАВ равной 0,66% от массы образующегося гидроксида алюминия. Дальнейшее увеличение размеров агломератов при количестве добавки ПАВ в 1% происходит не за счет слипания большого количества частиц, а за счет роста кристаллов, образующих агломерат.

Таким образом, введение ПАВ позволяет уменьшить размер образующихся агломератов. При этом, целесообразность введения ПАВ определяется конечной целью, то есть необходимостью получения порошка гидроксида алюминия с ультрадисперсными кристаллами или агломератами.

Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Большинство строительных материалов представляют – собой сложные многокомпонентные системы, состоящие из более простых по строению подсистем. Эти подсистемы не равнозначны. Наиболее важной для процесса твердения такого композиционного материала, каким является портландцементный клинкер, является система $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Обычный цементный клинкер содержит 70-80% безводных силикатов кальция, гидролиз и гидратация которых сопровождается появлением свободного Ca(OH)_2 , который взаимодействует с SiO_2 и определяет вяжущие свойства цемента. В пуццолановых цементах «активный кремнезем» вводимых добавок поглощает избыток Ca(OH)_2 , выделяющейся при гидролизе, что приводит к образованию соединений, подобных по составу и свойствам, получающимся при гидратации безводных силикатов кальция. Измельченный кварцевый песок в бетонах не является инертным наполнителем, так как взаимодействует с гидролизной известью или с кальцийсодержащими материалами с образованием гидросиликатов кальция (ГСК). Следовательно, процессы, протекающие в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$, имеют место при твердении всех минеральных вяжущих веществ, содержащих силикатную составляющую, в том числе и в автоклавных бетонах.

В физико-химическом плане минеральные вяжущие вещества не являются однородными, а представляют собой дисперсные системы с большой внутренней поверхностью на границах раздела. Система $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ также является дисперсной с большой поверхностью раздела. Главную роль в такой системе, с учетом низкой растворимости кремнезема, должны играть адсорбционные процессы, протекающие на поверхности твердой фазы. Оказывая влияние на адсорбционные процессы, можно изменять структуру и свойства ГСК, о которых зависят все технологические характеристики композиционных силикатных материалов. Одним из способов модифицирования структуры гидросиликатов кальция является использование добавок различной химической природы.

При этом главная роль в образовании ГСК, а также в функционировании всей системы как единого целого отводится кремнезему SiO_2 , особенно химическим свойствам его поверхности, структуры и дефектам структуры. Путем изменения химических свойств поверхности с помощью добавок, ее топологии можно кардинально влиять на скорость образования новой фазы и ее качество.

Использование техногенных отходов при производстве силикатного кирпича

Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Повысить качество силикатного кирпича можно путем повышения дисперсности песка или путем введения добавок. Увеличение дисперсности песка путем его домола экономически не оправдано, поэтому была предпринята попытка использования компонентов, изначально имеющих высокую удельную поверхность, таких как отходы производства керамзитового гравия. Эти отходы образуются на стадии сушки (400–500°C) керамзитовых гранул (пыль электрофильтров) и на стадии сортировки керамзитового гравия после обжига (1150 – 1200°C).

Установлено, что пыль электрофильтров представлена незавершенными фазами структурообразования, в которых с повышением температуры возрастает концентрация рентгеноаморфного вещества, представленного стеклофазой. Удельная поверхность пыли электрофильтров имеет более высокое значение, чем пыль сортировки.

Вместе с тем, не на всех заводах по производству керамзита эти два вида пыли собирают отдельно. Поэтому пыль двух видов, собранную вместе, можно дозировать взамен части песка на стадии приготовления известково-кремнеземистого вяжущего или путем смешения с предварительной размолотой известью.

Кроме того, керамзитовая пыль может дозироваться на этапе приготовления смеси песка и известково-кремнеземистого вяжущего взамен части песка. Важным показателем при прессовании силикатного кирпича является его прочность, которая составляет 0,4–0,5 МПа. При замене части песка (3–5%) на керамзитовую пыль прочность сырца увеличивается на 30–50%, а при замене 10% песка прочность сырца возрастает на 60 – 80%. Это позволяет увеличить формуемость сырьевой смеси и обеспечить четкую геометрию кирпича. Ввод в силикатный кирпич керамзитовой пыли позволил также сократить время автоклавирования с 6 до 4 часов при сохранении плотности кирпича, водопоглощения и коэффициента размягчения.

Таким образом, замена части песка на керамзитовую пыль может быть экономически целесообразной при расположении завода силикатного кирпича вблизи завода по выпуску керамического гравия. Как установлено, качество силикатного кирпича при этом не снижается.

Получение гидросиликатов и силикатов кальция из промышленных отходов

Меженцев А. А.

Белорусский национальный технический университет

Синтетические силикаты ($n\text{CaO} \cdot p\text{SiO}_2$) и гидросиликаты ($n\text{CaO} \cdot p\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$) широко используются в качестве основных компонентов при производстве строительных материалов, керамики, бумаги, красок композиционных полимерных и металлокерамических материалов, полирующих составов и т.д.

Особое место среди используемых силикатов кальция занимает волластонит (CaSiO_3), который используется, как экологический безопасный заменитель асбеста. Более дешевым, но не менее качественным высокодисперсным кристаллическим материалом является промежуточный продукт при получении волластонита – ксонотлит $\text{Ca}_6(\text{Si}_6\text{O}_{17})(\text{OH})_2$. В Беларуси имеются значительные запасы кальций- и кремнийсодержащих отходов (фосфогипс и кремнегель), которые могут служить сырьевыми материалами для синтеза выше названных силикатов.

Волластонит и ксонотлит относятся к щелочным силикатам семейства пироксеноидов, позволяющие рассматривать их, как соединения с уникальными физико-химическими и технологическими свойствами, среди которых можно отметить высокую химическую стойкость, волокнистую структуру частиц, развитую удельную поверхность, высокую степень белизны, низкую электрическую проницаемость, экологическую безопасность применения.

Изучено влияние условий синтеза волластонита и ксонотлита от температуры, соотношения между кальций- и кремнийсодержащими компонентами, времени, концентрации щелочи. Оптимальными условиями синтеза являются: отношение кремнегель /фосфогипс равное 1–1,2, температура – 80–90°C, присутствие раствора щелочи, продолжительность синтеза 3–5 часов. Анализ дифференциально-термической кривой синтезированного гидросиликата кальция показал, что до 100°C наблюдается процесс удаления адсорбированной воды, далее до 120°C удаляется часть кристаллизационной воды. До 250°C удаляется остаточное количество кристаллизационной воды. До 580°C удаляется вода гидроксогрупп. Далее до 750°C наблюдается перестройка кристаллической структуры и наконец при 900–1050°C ксонотлит превращается в волластонит. Нагрев выше 1100°C нецелесообразен, так как это приводит к ухудшению дисперсных характеристик волластонита.

Вязущие материалы контактного твердения

Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

В качестве вязущих для получения строительных материалов контактного твердения были использованы, предварительно синтезированные гидросиликаты кальция.

Как установлено Глуховским В.Д., более предпочтительным с точки зрения проявления и длительного сохранения контактно-конденсационных свойств являются высокодисперсные низкоосновные гидросиликаты кальция (ГСК). Синтез ГСК проводили при 100°C с использованием негашеной извести (CaO) и активного SiO₂ в виде трепела и молотого кварцевого песка при В/Т = 5. Время синтеза 2–6 часов.

Установлено, что при использовании одного трепела связывается до 85% извести, а при использовании молотого кварцевого песка – до 65%. При этом в условиях кипячения смесей образуются высокодисперсные фазы CSH (I) и CSH (II). Водостойкость образцов, полученных с использованием синтезированного вязущего, зависит от величины потерь при прокаливании (П.П.П.) порошков вязущего. Установлено, что достаточной водостойкостью обладают контактные вязущие, которые характеризуются П.П.П.=12–18% и при получении которых в ГСК связано от 60 до 85% CaO, в смесях с молотым кварцевым песком и трепелом соответственно. Полученные таким образом вязущие образуют после прессования водостойкий камень. При этом повышение П.П.П. и увеличение количества связанной извести сопровождается образованием камня более высокой прочности. Трепел активнее связывает известь в смеси, чем молотый кварцевый песок. Однако, прочность камня выше в смеси с молотым кварцевым песком. Это можно объяснить тем, что, наряду с образованием нестабильных гидросиликатных фаз, в которых более активен трепел, активируется поверхность молотого кварцевого песка, но центральное зерно кварца дополнительно выполняет функцию микронаполнителя в вязущем, образуя прочный каркас при прессовании, увеличивающий прочность прессованного изделия. Топохимическая реакция Ca(OH)₂ и SiO₂ происходит на поверхности кварцевых зерен. По сути, происходит агрессивное «разъедание» кварца с поверхности, представленной аморфным SiO₂, структурными дефектами, вакансиями, а также свежими сколами и царапинами. Скорость этой реакции зависит от температуры среды водотвердого отклонения, удельной поверхности извести и кварца, качества смешения, плотности реакционной среды, химических потенциалов извести и кварца, мольного соотношения CaO и SiO₂, добавок.

Содержание

Технические и прикладные науки

Разработка месторождений полезных ископаемых	3
Инновационные технологии в геодезии и картографии	33
Проектирование дорог	55
Инновационные материалы и технологии в дорожном строительстве	85
Транспортные сооружения	114
Стратегия развития транспортных коммуникаций и транспортных систем	165
Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов	216
Оценочная деятельность на транспорте и в промышленности	240
Экономика, логистика и управление цепями поставок	261
Физическая культура и спорт	295

Естественные и точные науки

Естественно-научные дисциплины	318
Математика и приложения	334
Методы математического моделирования в научных и прикладных исследованиях	364
Инженерная математика	399
Компьютерная механика	415
Физика	426
Химия и химические технологии	481

Научное издание

**НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ**

Материалы 13-й Международной
научно-технической конференции
(68-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных работников, докторантов
и аспирантов БНТУ)

В 4 томах

Том 3

Ответственный за выпуск В.С. Лазарев

Подписано в печать 20.10.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 28,83. Уч.-изд. л. 22,54. Тираж 100. Заказ 746.

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.