



# **НАУКА – образованию, производству, экономике**

**Материалы Десятой  
международной  
научно-технической  
конференции**

**3**

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

**НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ**

**Материалы Десятой международной  
научно-технической конференции  
В 4 томах**

**Том 3**

**Минск  
БНТУ  
2012**

08

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72.43.1

Н34

В сборнике представлены материалы Десятой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

Редакционная коллегия:

Б.М. Хрусталеv – академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор,  
Ф.А. Романюк – д-р техн. наук, профессор, А.С. Калиниченко – д-р техн. наук

ISBN 978-985-550-128-3 (Т.3)

ISBN 978-985-550-130-6

© Белорусский национальный  
технический университет, 2012

**Технические и прикладные науки**

**Разработка месторождений  
полезных ископаемых**

## Снижение геоэкологических последствий при разработке калийных месторождений

Кологривко А.А., Шемет С.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Сложная геоэкологическая ситуация, возникшая в результате подземной разработки Старобинского месторождения калийных солей, ставит актуальную проблему по снижению геоэкологических последствий при разработке калийных месторождений. Проблема имеет масштабный характер, сложенный следующими равноценными обстоятельствами.

Первое обстоятельство связано с истощением запасов старых шахтных полей. В результате чего приходится вовлекать в отработку сложноструктурные калийные пласты, участки месторождений со сложными условиями разработки, в том числе на больших глубинах, новых горизонтах, часто осложненными газодинамическими явлениями. Снижение эксплуатационных потерь путем внедрения бесцеликовой отработки пластов, изучение механизма образования очагов газодинамических явлений и разработка методов их прогнозирования позволят предотвратить геоэкологические последствия на этапах ведения подготовительных и очистных работ.

Второе обстоятельство связано с опасностью проникновения слабоминерализованных и пресных вод в горные выработки. Аварийные проникновения рассолов связаны с особенностями геологического строения и гидрогеологических условий локальных участков, происходящими в них физико-химическими и геомеханическими процессами природы. Особую опасность представляют краевые участки и зоны тектонических нарушений, места литологической неоднородности отложений водозащитной толщи, подработанные геологоразведочные скважины.

Опыт эксплуатации рудников показывает, что неконтролируемого прорыва пресных и слабоминерализованных вод можно избежать. Прогнозирование вероятных мест водопритоков с разработкой мероприятий по предотвращению поступления вод позволит предотвратить геоэкологические последствия в процессе ведения и завершения работ на калийных рудниках.

Третье обстоятельство связано с технологией обогащения руд и последующим складированием отходов. Количество избыточных рассолов зависит от объема и площади, занимаемой водорастворимыми отходами. Особую актуальность приобретают вопросы, связанные с разработкой новых способов складирования отходов. Одним из таких способов

является обезвоживание шламовых отходов и их складирование всухую, отдельно от галитовых отходов, либо совместно с галитовыми отходами.

УДК 622.236

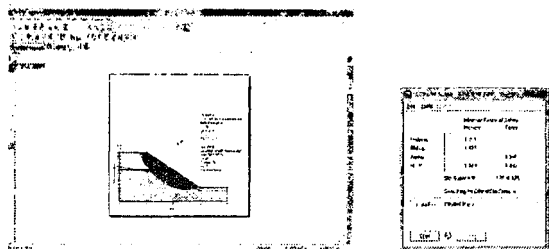
### Исследование устойчивости откосов с использованием программного комплекса GeoStudio

Оника С.Г., Павлов К.Д., Семенова М.В., Ганцовский Е.И., Бабак Д.И.  
Белорусский национальный технический университет

При решении вопроса выбора рациональной конструкции бортов карьеров возникает необходимость в оперативной оценке устойчивости их откосов. Степень устойчивости бортов карьеров характеризует безопасность работ и тесно связана с технологией отработки месторождения.

Для выполнения исследований нами применен программный комплекс GeoStudio. Механико-математической основой методов анализа и оценки устойчивости откосов в программе является теория предельного равновесия «сыпучей среды». Исходными данными для нее являются характеристика горных пород, слагающих массив (плотность пород, угол внутреннего трения, силы сцепления), а также геометрические параметры модели.

Программа с использованием модуля SLOPE/W вычисляет коэффициент запаса устойчивости и строит критическую поверхность скольжения (призму обрушения) по различным методам.



Результаты моделирования устойчивости откоса борта карьера

Исходные модели бортов карьеров создавались нами не только непосредственно в программной среде, но также и путем импорта графических файлов: Windows Bitmaps (\*.bmp), Windows Metafiles (\*.wmf), Enhanced Windows Metafiles (\*.emf) и AutoCAD DXF (\*.dxf).

Использование программного комплекса обеспечивает выполнение оперативного анализа устойчивости горных выработок в различных горно-геологических условиях.

**Оптимизация параметров  
технологии отработки участка шахтных полей  
Старобинского месторождения**

Паливода Э.Н., Шпургалов Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе представлены методика и математическая модель оптимизации параметров технологии отработки участков шахтных полей Старобинского месторождения.

Разработанная методика предназначена для совместной оптимизации параметров, определяющих технологию отработки столба лавы. Она позволяет установить закономерности определения оптимальных параметров отработки участков шахтных полей, с учетом горно-геологических условий и технико-экономических характеристик добычного оборудования.

В качестве критерия, выбрана часть затрат на добычу руды в месяц, которые являются основными и определяющими при выборе технологии отработки участков шахтных полей. К ним относятся амортизационные отчисления, затраты на ремонт оборудования, затраты на расходные (вспомогательные) материалы, затраты на электроэнергию, затраты на заработную плату.

В качестве ограничений выбраны, соответственно, количество руды, скорость подвигания лавы и качество руды по KCL.

Для определения всех вышеперечисленных производственных параметров, от которых зависят ТЭП добычных работ на участке, использованы численные методы на основе таблиц EXCEL.

Предложенная методика позволяет формализовать в виде задачи линейного программирования задачу совместной оптимизации нескольких параметров, определяющих технологию отработки участка шахтного поля. Этими параметрами, как правило, являются длина лавы, длина столба лавы, размеры межпанельных целиков и др. Формализованная таким образом задача может быть численно решена компьютерными методами

На основании выполненных исследований можно заключить, что разработанная и представленная в данной работе методика совместной оптимизации параметров, определяющих технологии отработки участков шахтных полей позволяет, без разработки специального программного обеспечения, оптимизировать основные технико-экономические параметры (геометрические) отработки столба лавы.

## Моделирование условий залегания месторождений полезных ископаемых на базе ГИС

Оника С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для принятия эффективных решений по промышленной разработке месторождения, необходимо иметь визуальное представление об условиях его залегания. С этой целью месторождение представляют системой топографических поверхностей, получивших название в геологии и проектной практике гипсометрических планов.

Традиционным способом построения изогипс (изолиний) является графическое или аналитическое интерполирование высот в интервалах между разведочными выработками. Однако эти способы все уверенней вытесняются современными математическими методами эффективная реализация которых стала возможна в связи с внедрением ГИС.

На рисунке представлен построенный с использованием ГИС SURFER8 гипсометрический план поверхности кровли залежи месторождения ПГС и песка Шалыги Витебской области РБ.

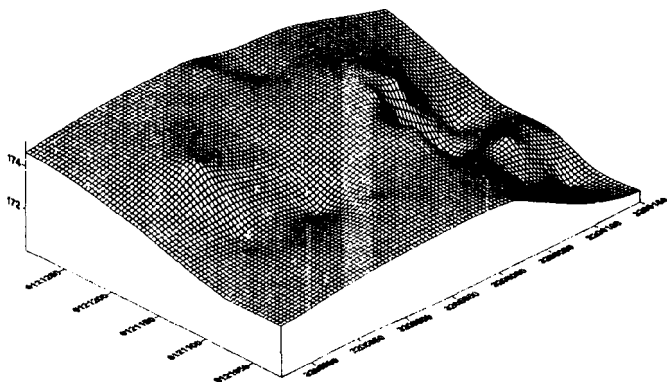


Рис. Гипсометрический план поверхности в виде каркасной карты

Построенный план дает визуальное объемное представление о характере залегания кровли полезного ископаемого после ее зачистки. Полученные результаты использовались при подготовке проектных материалов на разработку участка месторождения ПГС и песка «Шалыги».



## Эффекты воды, обработанной высокочастотным излучением низкой интенсивности

Поликарпова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития науки большое внимание уделяется развитию СВЧ технологий, которые базируются на использовании высокочастотного микроволнового излучения (пиролиз нефти, сушка древесины и др.). Особый интерес при этом представляет воздействие микроволновых полей на живые организмы. Выяснением особенностей различных видов электромагнитного воздействия на семена растений занимаются многие отечественные и зарубежные исследователи (Ж. Э. Мазец, А. С. Шик, А. С. Антонюк, В. В. Ажаронок, Е. А. Городецкая, В. С. Корко). Ведутся работы по созданию новых электрофизических способов воздействия на семена. Планируется создание оптимальных, универсальных методов, которые должны действовать одновременно как защитные и стимулирующие, и не уступать по эффективности обеззараживания ядохимикатам или позволят уменьшить их использование. Это позволит уменьшить остаточное количество ядохимикатов и гербицидов.

В последние годы расширились исследования по использованию электроактивированных водных растворов для стимуляции и обеззараживания семенного материала. Недостаточная изученность механизма воздействий на семена активированных растворов, отсутствие рекомендаций по использованию в технологических процессах побуждает многих ученых заниматься этими вопросами.

В связи с этим очевидна актуальность проводимых нами работ по выявлению эффектов воды, обработанной высокочастотным излучением низкой интенсивности, создаваемым мобильными телефонами, на процессы прорастания и развития семян различных сельскохозяйственных культур. В серии экспериментов, проведенных в 2010-2012г.г. с семенами овса, ячменя, подсолнечника, кабачков было обнаружено, что используемая для замачивания семян и полива растений вода, подвергнутая излучению мобильных телефонов, работавших в различном режиме (4телефона, вокруг стеклянного стакана со 100мл.воды, активированные 12-15 мин в вибрационном режиме, в беззвучном или с использованием мелодии на одном из них ) вызывает различные ростовые эффекты. В варианте с применением воды, подвергнутой вибрации, наблюдалось достоверное угнетение ростовых процессов. В иных вариантах (беззвучный режим или при наличии мелодии) – стимуляция.

**Бесконтактное воздействие горных пород на испаряемость воды**

Поликарпова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Вода самое загадочное вещество в природе. Она заключена в толщах горных пород и в большей или меньшей мере входит в состав почти всех минералов. В парообразном состоянии вода встречается даже в алмазах, имеющих наиболее плотную кристаллическую упаковку вещества. В природных условиях постоянно происходит процесс испарения воды. Под испарением понимают парообразование на свободной поверхности жидкости в результате теплового движения её молекул при температуре ниже точки кипения, соответствующей давлению газовой среды, расположенной над указанной поверхностью. При этом молекулы, обладающие достаточно большой кинетической энергией, вырываются из поверхностного слоя жидкости в газовую среду. Процесс испарения зависит от интенсивности теплового движения молекул: чем быстрее движутся молекулы, тем быстрее происходит испарение. У поверхности раздела фаз образуется слой парогазовой смеси. Если жидкость и парогазовая смесь неподвижны удаление образовавшегося при испарении пара от поверхности жидкости происходит в основном в результате молекулярной диффузии.

Нами было проведено исследование процесса испарения воды в физических системах, в которых вода, находящаяся в открытых сосудах (стеклянные или пластиковые стаканы объемом 100 мл.) выдерживалась в течение определенного времени (от одних суток до двух недель) на изолированных емкостях заполненных различными горными породами. Герметично закрывающиеся пластиковые емкости (объем 500 мл) максимально заполняли разной величины обломками горных пород и минералов. В многочисленных экспериментах использовались разнообразнейшие горные породы: осадочные (песчаник, торф, бурый уголь, голубая глина, каменная соль, калийная соль, известняк ракушечник, мергель), магматические (гранит, сиенит), метаморфические ( мрамор, змеевик); сульфидные руды меди, железа, свинца цинка; оксидные руды железа содержащие лимонит, гематит, магнетит; минералы наиболее распространенного в природе класса силикатов ( полевые шпаты, кварц). В ходе экспериментов обеспечивались идентичные условия испарения для всех исследуемых вариантов. В результате проведенной работы было показано, что процесс испарения воды (оценка по испарившейся массе) в сосудах, размещаемых на емкостях с различными минеральными образцами, существенно различается.

## Исследование инъекционных завес для защиты карьеров от притока подземных вод

Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для защиты карьеров от притока подземных вод широкое применение нашел инъекционный способ создания противодиффузионных завес. Их сооружают путем нагнетания в водоносный слой специальных закрепляющих растворов, которые заполняя поры и полости в породах, образуют прочные водонепроницаемые соединения. Нагнетание растворов в водонасыщенные породы производится через специально пробуренные скважины.

При организации работ по созданию завес инъекционным методом преимущественным распространением пользуется схема бокового нагнетания. При этой схеме известны два варианта нагнетания: бесциркулярный и циркулярный. При первом варианте инъекционный раствор не может совершать обратного движения между скважиной и резервуаром, из которого он засасывается нагнетательным насосом. При втором варианте жидкость возвращается в резервуар. Находясь под большим давлением в инжекторе, раствор проникает в трещины и пустоты через боковую поверхность скважины.

Исследования по определению максимального радиуса нагнетания цементной суспензии трех составов В:Ц = 4 ( $\tau_0 = 1,77 \text{ Н/м}^2$ ); В:Ц = 2 ( $\tau_0 = 2,1 \text{ Н/м}^2$ ); В:Ц = 1 ( $\tau_0 = 3,93 \text{ Н/м}^2$ ), где В – вода, Ц – цемент,  $\tau_0$  – начало текучести раствора или его предельное напряжение сдвига. Нагнетание проводилось в однородный гравий с диаметром зерен  $D_0 = 0,02 \text{ м}$ , пористостью  $m = 0,4$ , коэффициентом фильтрации  $2 \text{ м/с}$ . Перепад давлений при этом составлял  $98,104 \text{ Н/м}^2$ . Исследования показали, что наиболее интенсивно увеличивается радиус нагнетания до  $100 \text{ м}$  при соотношении В:Ц от 1:1 до 4:1. Дальнейшее увеличение соотношения В:Ц не оказывает существенного влияния на увеличение максимального радиуса нагнетания. Исследовалась также зависимость радиуса нагнетания трещиноватой горной породы мощностью  $5 \text{ м}$  от коэффициента фильтрации. Состав цементной суспензии был следующий В:Ц = 2 (при  $\tau_0 = 1,47 \text{ Н/м}^2$ ). Величина напора при этом в течение одного часа была постоянной и составляла  $78,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ . Установлено, что наибольшее увеличение радиуса нагнетания до  $8 \text{ м}$  происходит с возрастанием проницаемости горной породы до  $3500 \text{ Дарси}$ .

## **Влияние концентрации рассолов на фильтрационные свойства грунтов дамб шламоохранилищ**

Халявкин Ф.Г., Борщевский Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Шламовое хозяйство калийных предприятий представляет собой комплекс сооружений и оборудования, предназначенный для гидравлического транспорта шламовых отходов к месту их складирования, хранения и оборотного водоснабжения обогатительной фабрики. В комплекс этих сооружений входят шламоохранилища.

Для увеличения объема складированных шламовых отходов и повышения надежности эксплуатации по периметру шламоохранилищ строят ограждающие земляные дамбы. В процессе заполнения его ложа жидкая часть шламовых отходов (рассолы) под влиянием напора, создаваемого дамбой, и в связи с водопроницаемостью грунта происходит фильтрация рассолов через тело дамбы.

Для снижения фильтрации применяют различные по конструкции противофильтрационные экраны. Однако, как показали расчеты, они не предотвращают полностью фильтрацию. Кроме того, при проектировании и строительстве дамб не учитывается влияние концентрации рассолов на фильтрационные свойства грунтов дамб. Установлено, что шламы включают 25-30% водорастворимых солей  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCl}$  и 70-75% нерастворимого остатка.

Исследования по определению влияния концентрации водорастворимых солей на коэффициент, скорость фильтрации и расход воды проводились методом переменного напора на приборе Каменского. Концентрация рассолов составляла 10-40%. В качестве критерия определялись фильтрационные показатели с дистиллированной водой.

Установлено, что скорость фильтрации и расход дистиллированной воды через песок мелкозернистый при градиенте напора 2,5 соответственно составили 7,5 м/сут и 0,018 м<sup>3</sup>/сут. Увеличение концентрации рассола с 10% до 40% снизило скорость фильтрации с 6,7 м/сут до 5,90 м/сут, а расход с 0,015 м<sup>3</sup>/сут до 0,013 м<sup>3</sup>/сут. С увеличением концентрации рассолов с 10% до 40% коэффициент фильтрации снизился с 3,0 до 1,2 м/сут.

Следовательно, при проектировании и строительстве дамб ограждения необходимо учитывать снижение фильтрационных показателей через тело дамб шламоохранилищ.

**Исследование на компьютерной модели  
горно-геологических характеристик участка шахтного поля  
Старобинского месторождения калийных солей**

Гришанова А.В., Кохан П.В.

Белорусский национальный технический университет

Погрешность в отработке участков шахтных полей с худшими, по сравнению с отрабатываемыми в настоящее время, горно-геологическими условиями предполагает предварительное, более детальное, исследование вышеназванных характеристик. Результаты этих исследований нужны для принятия решений по вопросу включения исследуемых участков шахтных полей в балансовые запасы месторождения. Такое исследование будет особенно эффективным, если оно будет выполнено на соответствующих компьютерных моделях.

Поэтому целью данной работы является исследование зависимости мощности и качества слоев заданного участка шахтного поля от координат с помощью компьютерной модели геологического строения месторождения.

Для достижения сформулированной цели были решены следующие научные задачи. Выбранная для проведения исследований компьютерная модель геологического строения месторождения «Геология», имеющаяся на сервере локальной сети факультета горного дела и инженерной экологии, адаптирована к условиям Старобинского месторождения калийных солей. Модель проверена на адекватность и достоверность на данных участка шахтного поля 3 го горизонта 4-го РУ.

С помощью компьютерной модели «Геология» исследованы зависимости мощности и качества слоев исследуемого участка шахтного поля от координат.

Результаты исследований представлены в виде графиков, для которых установлены аппроксимирующие их аналитические выражения.

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы.

1. Компьютерная модель «Геология» с достаточной степенью точности описывает горно-геологические характеристики исследуемого участка шахтного поля 3 горизонту 4 РУ.
2. Установлены пределы изменения значений толщина слоев и качества руды полезного ископаемого, а также их отклонение в процентном выражении от среднего значения характеристики по участку.

\*Работа выполнена под руководством Шпургалова Ю.А.

**Методика преподавания предмета « Компьютерное проектирование»  
на основе информационных технологий**

Шпургалов Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Современные информационные технологии позволяют предоставлять студентам большой объем информации по изучаемому предмету, причем в более комфортном и наглядном виде. Это, в свою очередь, позволяет усвоить большой объем информации и приобрести дополнительные практические навыки. Поэтому разработанная и представленная в данной работе апробированная методика изучения предмета «Компьютерное проектирование» с использованием информационных технологий является актуальной научно-методической задачей.

Предложенная методика базируется на использовании современных достижений в таких науках, как системный анализ, теория принятия решений, теория исследования операций, математическое и компьютерное моделирование, информатика. Результатом проведенных исследований явилось решение нескольких взаимосвязанных задач.

К первой из вышеназванных задач отнесена разработка электронных версий текстовых и графических частей конспектов лекций, методических указаний по выполнению лабораторных и курсовых работ, электронных версий классических учебников, создание библиотеки адресов сайтов комплексов баз данных сети «Интернет», поиск и внедрение в учебный процесс автоматизированных курсов лекций.

Ко второй задаче отнесены разработка структуры локальной компьютерной сети студенческих учебных мест и рабочего места преподавателя, а также внедрение прикладного и системного программного обеспечения обеспечивающего работу вышеназванной сети. Задача по разработке, либо внедрению готовых компьютерных подсистем диагностики приобретенных студентами знаний (средства тестирования знаний студентов) в рамках данной работы не решалась. Разработано информационное, техническое, программное и организационное обеспечение методики.

По результатам проведенных исследований сделан вывод о том, что разработанная и апробированная методика изучения предмета «Компьютерное проектирование» (с использованием информационных технологий) обеспечивает приобретение студентами навыков использования современной компьютерной технологии проектирования, включающей оптимальное решение проектных задач, предприятий горной промышленности и их подсистем.

**Предотвращение водопритоков на калийных рудниках**

Шемяк С.Ф., Кологривко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Предотвращение проникновения слабоминерализованных и пресных вод в горные выработки является весьма актуальной проблемой при разработке калийных месторождений. Аварийные проникновения рассолов связаны с особенностями геологического строения и гидрогеологических условий локальных участков шахтных полей, происходящими в них физико-химическими и геомеханическими процессами природной и техногенной природы. Особую опасность представляют краевые участки, зоны тектонических нарушений, места литологической неоднородности отложений водозащитной толщи. подработанные геологоразведочные скважины. К значительным изменениям геомеханической ситуации приводит подработка пород кровли пластов, большие сроки эксплуатации рудников. Деформации подработанного массива приводят к образованию трещин, которые могут стать водопроводящими. Следует отметить, что зоны повышенной трещиноватости мигрируют с течением времени и по мере развития горных работ. Значительные изменения в водозащитной толще происходят при ведении работ длинными очистными забоями и на рудниках с длительными сроками эксплуатации.

Анализ причин и обстоятельств аварий и аварийных ситуаций на калийных рудниках показывает, что основной причиной аварий является совокупность организационно-технических и геологических факторов. К организационно-техническим факторам относятся недостаточный уровень изученности особенностей месторождения к моменту разработки, утверждения нормативных документов, и как следствие, несовершенство утвержденных нормативных документов. Это приводит к значительным деформациям и преждевременному разрушению кровли очистных забоев, целиков, подработки геологоразведочных скважин, и, как следствие, к критическим деформациям водозащитной толщи. К геологическим факторам относятся наличие аномальных зон, трещиноватых пород и сдвиговых деформаций в водозащитной толще, что при чрезмерных деформациях и разрушениях междукамерных целиков приводит к нарушению ее сплошности.

Опыт эксплуатации рудников показывает, что неконтролируемого прорыва пресных и слабоминерализованных вод в отработанные пространства и, связанных с этим обстоятельством, геозкологических последствий можно избежать. Прогнозирование вероятных мест водопритоков с разработкой мероприятий по предотвращению

поступления подземных вод позволит предотвратить геоэкологические последствия в процессе ведения и завершения работ на калийных рудниках.

УДК 662.812+662.813

### **Прессование топливных брикетов из смеси торфа, бурого угля и горючих сланцев**

**Яцковец А.И., Куптель Г.А., Кобзев В.А., Палазник Е.А.  
Белорусский национальный технический университет**

Использование значительных запасов местных видов топлива, в первую очередь торфа, бурого угля и горючих сланцев является первоочередной задачей для энергетической отрасли Республики Беларусь. Была поставлена задача: приняв за основу в брикетах торф в количестве 50%, варьировать добавки бурого угля и горючих сланцев и спрессовать брикеты из смеси торфа, бурого угля и горючих сланцев. Добавки бурого угля 50% и менее в каждом последующем брикете, добавки горючих сланцев, наоборот, возрастали от 0 до 50%. Предельная средняя зольность таких брикетов должна составлять не более  $A_c=23\%$ , что соответствует торфяным брикетам марки БТ-4 по стандарту Республики Беларусь СТБ 1919-2008.

Для опытов были взяты образцы низинного торфа Старобинского месторождения зольностью  $A_c = 8,6\%$  и влажностью 14,7%, образцы бурого угля Бринёвского месторождения зольностью  $A_c = 17\%$  и влажностью 15%, а также образцы горючих сланцев Любанского месторождения зольностью  $A_c = 70\%$  и влажностью 8,9%. Опыты проводились в лабораторных условиях.

Получены следующие результаты:

- с увеличением содержания сланцев до 30-50% при одновременном уменьшении содержания бурого угля плотность брикетов растёт.
- с увеличением содержания сланцев также возрастает и их плотность.

Чтобы обеспечить предельную зольность  $A_c = 23\%$ , что соответствует торфяным брикетам марки БТ-4, максимальная добавка сланцев должна составлять  $<20\%$ . Добавки бурого угля, имеющего наибольшую теплоту сгорания по сравнению с торфом и особенно горючими сланцами, повышают общую теплоту сгорания. Вовлечение в торфобрикетное производство бурого угля и сланцев в целом повышает качество композиционных брикетов.



## Проблема улучшения качества щебня

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Специалистам хорошо известно обо всех преимуществах кубовидного щебня по сравнению с рядовым щебнем: Он незаменим при ремонте и строительстве железных и автодорог, производстве ответственных железобетонных конструкций и т.д. Следует отметить, что спрос на данный вид продукции с каждым годом неуклонно растет, и, прежде всего, в связи с ужесточением требований стандартов на щебень, использованием новых технологий при ремонте и строительстве дорог с применением импортного оборудования.

При проектировании нового производства или модернизации существующего основным критерием при выборе технологии и оборудования является способность добытого полезного ископаемого образовывать при дроблении зерна пластинчатой и игловатой формы.

Классическую схему получения кубовидного щебня, представляющую собой трехстадийную схему дробления, проще реализовать при строительстве нового дробильно-сортировочного завода. При модернизации существующих дробильно-сортировочных заводов, для улучшения формы зерна готовой продукции, экономически целесообразно строительство дробильно-сортировочных установок.

При получении кубовидного щебня на конусных дробилках немаловажным фактором, влияющим на гарантированное качество готовой продукции, помимо работы «под завалом» является такой показатель, как степень дробления.

Для гарантированного производства щебня узких фр. 5–10, 10–15, 15–20 мм I группы (содержащего по требованиям ЕС зерна пластинчатой и игловатой формы менее 10%) из изверженных пород, имеющего большой спрос у автодорожников, при использовании дробилок КИД с высокой степенью дробления необходимо улучшать форму зерна при помощи центробежно-ударных дробилок.

При производстве кубовидного щебня (особенно если производство находится в черте населенного пункта) образуется большое количество пыли крупностью менее 5 мкм, плохо улавливаемой циклонами, поэтому аспирационные установки необходимо оснащать рукавными фильтрами. Использование же систем гидроподавления пыли ведет к ухудшению качества готовой продукции в связи с увеличением процента отмутивания, увеличению энергопотребления на 12–15% и снижению ресурса быстроизнашиваемых деталей на центробежно-ударных дробилках в 1,5 раза.

## Песчано-гравийные месторождения Республики Беларусь и их роль в сырьевой базе производства щебня

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Сырьевую базу производства щебня в Республике Беларусь образуют скальные породы месторождений строительного камня (на балансе числится 3 месторождения с промышленными запасами 576,6 млн. м<sup>3</sup>) и гравийно-валунный материал песчано-гравийных месторождений (ПГС) (147 месторождений с запасами 6,882 млн. м<sup>3</sup>), которые в основном являются продуктом деятельности ледников, надвигавшихся на территорию Беларуси из Скандинавии.

К особенностям месторождений ПГС, влияющих на выбор и обоснование параметров технологических схем добычи и переработки гравийно-песчаных пород, следует отнести высокую изменчивость качественных показателей месторождений. Содержание гравия колеблется от 3-5 до 50-70%, гальки – от 0 до 55, песка – от 5-10 до 75, глинистых частиц – до 5-7%. В такой природной смеси часто встречаются валуны, которые обычно представлены гранитами и гнейсами, в галечниках наблюдаются обломки карбонатных пород. Гравий месторождений Беларуси состоит из зерен, различных по минеральному составу и неоднородных по прочности и морозостойкости.

За последние годы сформировался устойчивый спрос на щебень кубовидной формы (щебень 1-й группы с содержанием лещадных и игловатых зерен до 15%) со стороны дорожно-строительных организаций. Качество и надежность автомобильных дорог зависит от качественных характеристик щебня, применяемого для устройства верхних слоев дорожного покрытия.

Решение о необходимости получения щебня кубовидной формы должно складываться из нескольких факторов: экономической эффективности, конкурентоспособности продукции на рынке, отдаленности от потребителя, наличия человеческих ресурсов и т.д. Главным фактором, определяющим и затратность процесса получения щебня кубовидной формы, является минералогический состав, структурные и текстурные особенности горной породы, изначально предопределяющие образование зерен пластинчатой и игловатой формы в щебне в процессе дробления добытого полезного ископаемого.

Учитывая различия в физико-механических свойствах пород, обломки которых образуют гравийно-валунный материал, получение из него кубовидного щебня является затратным и энергоемким, с высоким

выходом отсевов дробления. В случае отсутствия спроса на отсеvy дробления, производитель будет нести дополнительные затраты по их размещению.

УДК 662.812+662.813

### **Прессование торфосланцевых брикетов**

Яцковец А.И., Куптель Г.А., Цейтлин А.С.

Белорусский национальный технический университет

По прогнозам учёных Республика Беларусь обладает 600-800 млн.т извлекаемых торфяных запасов. Добываемый торф идёт на производство торфяных брикетов, а также для нужд сельского хозяйства. В 1963 году обнаружены значительные запасы горючих сланцев объёмом не менее 8,8 млрд.т. Детально разведаны два месторождения – Любанское (запасы сланцев 900 млн.т) и Туровское (запасы сланцев 2700 млн.т). Существенным недостатком белорусских сланцев является их высокая зольность – в среднем  $A^c=70\%$ .

Была поставлена задача: спрессовать торфосланцевые брикеты с максимально допустимым процентом добавки сланцев. Ориентиром для нас служил стандарт Республики Беларусь СТБ 1919-2008, в частности, брикеты марки БТ-3 и БТ-4, которые изготавливаются из смеси торфа и бурого угля с добавками бурого угля 15 и 30%. Для исследования были взяты образцы низинного торфа Старобинского месторождения с зольностью  $A^c=8.6\%$  и влажностью 14,7%, а также образцы горючих сланцев Любанского месторождения зольностью  $A^c=70\%$  и влажностью 8,9%. Исследования проводились в лабораторных условиях.

По итогам исследований получены следующие результаты. При добавлении горючих сланцев в шихту плотность торфосланцевых брикетов растёт. Также возрастает и прочность таких брикетов. Рост плотности объясняется тем, что плотность сланцев в 3-4 раза выше, чем плотность торфа. Увеличение прочности таких брикетов связано с тем, что сланцы содержат 9,2% сланцевой смолы, которая образует дополнительные связи между частицами торфа и сланцев. Максимальный процент добавки сланцев, чтобы соответствовать торфяным брикетам марки БТ-4 по зольности, должен быть  $< 20\%$ .

Показана принципиальная возможность прессования топливных брикетов из смеси торфа и горючих сланцев Республики Беларусь, которые практически пока не используются. Для прессования можно использовать существующее торфобрикетное оборудование.

# **Инновационные технологии в геодезии и картографии**

## Картографо-геодезическое обеспечение транспортных сооружений в современных условиях

Леонович И. И., Подшивалов В. П.

Белорусский национальный технический университет

Территория Республики Беларусь обладает развитой транспортной инфраструктурой, которая в современных условиях значительного увеличения грузопотоков между странами единого таможенного пространства и странами Европейского союза требует модернизации, одним из возможных направлений которой может быть создание единого координатного описания различных магистралей.

Зональные системы координат на основе проекции Гаусса-Крюгера, которые применяются на территории таможенного союза, создают неудобства связанные с необходимостью работы во многих системах координат (разных координатных зон). Предлагаем к рассмотрению возможность применения систем координат для описания транспортных сооружений на основе проекций с приспособляемой формой изокот (линий равных искажений). В этом случае можно обеспечить возможность выбора проекции, удовлетворяющей критерию Чебышева-Граве о наилучших проекциях.

Исследования показывают возможность изображения в одной координатной зоне таких проекций трасс линейных сооружений различной протяженности и направления. При этом можно добиться приемлемых величин искажений, например, для трассы Москва-Брест, расположенной в одной координатной зоне, они составляют в относительной мере величину, не более 1: 10 000.

Формирование таких проекций основано на композиции поперечно-цилиндрической и конической проекций Гаусса и Ламберта соответственно. Проблемы преобразования координат из существующих проекций в новую не представляет проблем. Для этого применяется порядок

$$\{ x, y \}_1 \rightarrow \{ B, L \} \rightarrow \{ x, y \}_2 .$$

Для транспортной системы, положение которой может быть описано в единой системе прямоугольных координат, более удобно обеспечение регулирования, контроля и оптимизации грузопотоков, работы навигационных транспортных систем, поддерживаемых спутниковыми системами позиционирования.

Такие системы могут быть полезны для самых различных транспортных систем, но, по нашему мнению, наиболее востребованы и могут дать наибольший эффект для обеспечения автомобильных магистралей.

## Обоснование точности геодезического мониторинга техногенных деформаций земной поверхности

Нестеренок М. С.

Белорусский национальный технический университет

В зонах добычи подземных твердых и жидких полезных ископаемых определения деформаций земной поверхности рационально выполнять с применением электронных тахеометров, геометрического нивелирования различных классов и спутникового позиционирования.

Исходные пункты основной опорной сети геодинамического полигона размещаются за пределами изучаемой территории, их координаты определяются с достижимо высокой точностью спутниковым позиционированием относительно минимум двух базовых пунктов, расположенных вне зоны техногенных деформаций. Количество пунктов сети сгущения внутри зоны изучаемых техногенных деформаций, а также контрольных деформационных знаков и расстояния между ними определяется задачами геодезического изучения геомеханических процессов.

Выбор метода определения смещений контрольных точек должен учитывать минимизацию финансовых затрат и труда на повторные измерения с заданной периодичностью при обеспечении достаточной точности результатов.

Реально достижимая точность определения перемещений контрольных точек земной поверхности в местной системе координат может основываться на показателях погрешностей спутникового определения координат: горизонтальных  $\Delta D_c = 3 \text{--} 7 \text{ мм}$  и вертикальных  $\Delta H_c = 7 \text{--} 10 \text{ мм}$ . Для выявления искомым горизонтальных смещений  $U_g$  внутри зоны мониторинга протяженность  $L_t$  съёмочных тахеометрических ходов относительно опорных пунктов через контрольные знаки следует рассчитывать по известной формуле  $L_{2t} = (m_{2xy} - m_{2s} n) / [(m_{\beta} / \rho)^2 (n + 3) / 12]$ . Здесь  $m_{xy}$  – допустимая погрешность координат в середине хода;  $m_s$  – погрешность измерения сторон хода с их числом  $n$ ;  $m_{\beta}$  – погрешность измерения углов хода;  $\rho = 206265''$ . Протяженность  $L_v$  высотных ходов рассчитывается на допустимую погрешность  $m_H$  отметки в середине хода по соответствующим формулам.

Для мониторинга осадки, сдвигов, деформаций и крена инженерных сооружений создаются локальные геодезические сети повышенной точности, отвечающие требованиям ТКП 45-1.03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве». Такие сети опираются на пункты, принимаемые за условно неподвижные, но смещения последних подлежат учету.

## Соотношение точности угловых и линейных измерений в рефракционных полях

Киричок О.И.

Белорусский национальный технический университет

Декларируемая точность современных тахеометров предполагает беспрепятственное использование их на строительной площадке для выполнения всего комплекса работ по геодезическому сопровождению строительных работ в координатах  $X$  и  $Y$ . Однако, создание плановой геодезической основы для выполнения работ повышенной точности, а также разбивки сложных узлов должны выполняться с учетом условий прохождения визирного луча и луча светодальномера. Исследование параметров рефракционного поля и последующий учет этих параметров в результатах измерений нецелесообразны по причине малой эффективности.

Условие равенства влияния погрешностей угловых и линейных измерений условно соблюдается для электронных тахеометров трехсекундной точности в интервале расстояний одного—двух километров. В рефракционных полях такое условие соблюдается в зависимости от погрешностей, вносимых в результаты измерений рефракцией. Величины таких погрешностей для лучей, проходящих вблизи источников боковой рефракции, стен зданий, откосов, отвалов земли и др., в угловой мере могут превышать минуту. При минутной величине искажений величины угла условие равенства влияния соблюдается для расстояний в 15 – 20 м.

Влияние рефракции, и боковой, и вертикальной, на результаты линейных измерений определяется разницей расстояний между точками по прямой и по той сложной линии, по которой распространяется луч в рефракционном поле. Эта разница столь мала для реальных измерений на стройплощадке, что в виде источника погрешностей может не рассматриваться.

Поскольку для определения планового положения точки необходимо выполнить два измерения, угловых, линейных или их комбинации, в рефракционных полях достижение максимальной точности возможно при реализации линейной засечки. При этом угол пересечения лучей для достижения минимальных погрешностей в определении плановых координат точек, как для угловой, так и для линейной засечек, близок к ста десяти градусам.

**Геодезическое сопровождение строительства высотных зданий  
из монолитного железобетона**

Вексин В. Н.  
УП «Геокарт» (г. Минск)

На примере строительства 33-этажного многоквартирного жилого дома по ул. М. Танка в г. Минске показаны величины продольной деформации  $\Delta H$  вертикальных конструкций, возникшие в результате усадки бетона и его ползучести. Сравнение повторных отметок реперов с начальными (проектными) позволяет сделать следующие выводы:

а) существуют значительные продольные деформации ( $\Delta H$ ) вертикальных конструкций, так, например, смещение  $\Delta H$  репера на 29-м этаже за 10 месяцев составило 43 мм;

б) величины  $\Delta H$  зависят от времени закладки репера и относительной высоты его (см. таблицу);

в) перемещения  $\Delta H$  являются функцией  $\Delta H = f(h/H, \Delta t_{вр}, П4)$ , где  $h$  – относительная отметка точки;  $H$  – относительная высота здания;  $\Delta t_{вр}$  – временной интервал;  $П4$  – пластичность бетона.

г) рассматриваемые деформации требуют дальнейших исследований, поскольку их необходимо учитывать в виде поправок в разбивочных работах; после уточнения значений поправок для зданий типовых конструкций соответствующие дополнения следует внести в пункты 8.2.8 и 12.2. нормативного документа ТКП 45-1.03-26-2006.

Этаж	Проектные отметки, $H$ , м	Фактические отметки, $H_{ф}$ , м	Смещение $\Delta H$ , м	$\Delta t_{вр}$ , месяц
20	65,300	65,279	0,021	14,5
21	68,600	68,577	0,023	14,0
22	71,900	71,874	0,026	13,0
23	75,200	75,171	0,029	12,0
25	81,800	81,768	0,032	11,2
26	85,100	85,066	0,034	10,7
28	91,700	91,668	0,032	10,0
29	95,000	94,957	0,043	9,5
30	98,300	98,277	0,023	4,5
31	101,600	101,581	0,019	4,0
32	104,900	104,893	0,007	1,0



**О разработке комплекса геодезических программ для студентов  
строительных специальностей**

Михайлов В. И., Скребков Г. В.

Белорусский национальный технический университет

Комплекс «Геодезические программы», разработанный авторами, состоит из отдельных 16 наименований, и предназначен для студентов строительных и других смежных специальностей БНТУ. Он позволяет автоматизировать процессы математической обработки результатов геодезических измерений, выполняемых на всех стадиях строительного цикла объектов, включая изыскания, проектирование, строительство и их эксплуатацию.

В комплекс входят программы обработки журналов наблюдений, решения прямых и обратных геодезических задач, вычисления координат пунктов по прямым и обратным геодезическим засечкам, уравнивания теодолитных и нивелирных ходов, определения площадей, объемов, кренов и др.

Программы составлены на основе формул, занесенных в ячейки с использованием встроенной библиотеки функций табличного редактора Excel. В алгоритм формул заложены математические и логические функции, а также возможности проверки свойств и значений ячеек. Программы написаны открытым кодом, что позволяет вносить изменения и дополнения в построенный алгоритм. Ячейки с формулами защищены от случайного изменения и удаления.

Востребованность программ обусловлена необходимостью внедрения в учебный процесс средств автоматизации и программирования. Состав программного комплекса полностью согласуется с учебными программами, предназначенными для студентов строительных специальностей БНТУ.

В течение прошедших пяти лет программный комплекс активно использовался студентами, а также авторами для решения различных научно-производственных геодезических задач.

Целесообразно внедрение программ в других учебных заведениях Республики Беларусь. Они могут быть также применены на производственных предприятиях при решении задач инженерной геодезии. С этой целью программный комплекс «Геодезические программы» размещен на интернет-сайте и в локальной сети университета.

Приведенные примеры на каждую из задач обеспечивают процесс освоения программ.

## Уравнивание приращений координат в сетях планового обоснования

Матиек С.И.

Белорусский национальный технический университет

Невязки в приращениях координат зависят от ошибок в измерениях горизонтальных углов и длин линий, а также от метода их обработки. Приращения координат вычисляют по формулам  $\Delta x = d \cos \alpha$  и  $\Delta y = d \sin \alpha$ .

Из анализа функций  $\sin \alpha$  и  $\cos \alpha$  следует, что при

$$\left. \begin{array}{l} |\sin \alpha| \rightarrow \max, |\delta^s| \rightarrow \min \\ |\cos \alpha| \rightarrow \max, |\delta^c| \rightarrow \min \end{array} \right\}, \quad \left. \begin{array}{l} |\sin \alpha| \rightarrow \min, |\delta^s| \rightarrow \max \\ |\cos \alpha| \rightarrow \min, |\delta^c| \rightarrow \max \end{array} \right\},$$

где  $\delta^s$  и  $\delta^c$  - изменения значений соответствующих функций при изменении  $\alpha$  на величину, соизмеримую с точностью угловых измерений (или другой целесообразной величиной) для данного геодезического построения.

Эта особенность названных тригонометрических функций определённым образом отражается на значениях  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , обусловленных ошибками в измеренных углах и методикой их обработки.

Из изложенного следует, что существующий метод раздельного уравнивания ходов по углам и длинам линий недостаточно обоснован. Так, даже в ходах с одинаковыми длинами сторон, дирекционные углы которых различны, равные угловые поправки в измеренные углы по-разному воздействуют на приращения координат по каждой из сторон. В этой связи становится обоснованным вычисление приращений координат каждой из сторон. В этой связи становится обоснованным вычисление приращений координат без предварительного уравнивания углов хода с последующим уравниванием их по следующей методике: вычисляют неполные значения коэффициентов для уравнивания приращений координат из-за ошибок в углах  $K'_{xi} = |\delta_i^c| : \cos \alpha_i \cdot 10^6$  и  $K'_{yi} = |\delta_i^s| : \sin \alpha_i \cdot 10^6$ , а с учётом длин сторон хода  $d_i$  их значения примут окончательный вид

$$K_{xi} = K'_{xi} \cdot d_i \quad \text{и} \quad K_{yi} = K'_{yi} \cdot d_i.$$

Эти коэффициенты могут быть масштабированы для придания им вида, удобного для дальнейшего использования. С целью упрощения уравнительных вычислений нами составлен каталог неполных уравнительных коэффициентов  $K'_{xi}$  и  $K'_{yi}$  с интервалом в  $1^\circ$ , соответствующих изменению дирекционных углов сторон хода на  $1'$ . В случае необходимости в получении таких коэффициентов для конкретных дирекционных углов, применяют метод линейного интерполирования в соответствующем градусном интервале данного каталога.

## Измерительный и эталонный растры при измерении смещений

Мархвида В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для бесконтактного измерения смещений и деформаций строительных конструкций и сооружений достаточно использовать фотокамеру для съёмки объекта и лазер для восстановления фотограммы, при этом необходимо дважды выполнить линейные измерения: отстояние до объекта при съёмке и расстояние от фотограммы при её восстановлении до изображения интерференционных полос на экране.

С целью исключения процесса измерения расстояний в полевых и камеральных условиях и повышения точности определения смещений предлагается использовать измерительные и эталонные растры. Измерительный растр представляет собой увеличенное изображение стохастической спекл-структуры, нанесённой или закреплённой на поверхности исследуемого объекта. Эталонный растр представляет собой увеличенное изображение регулярной спекл-структуры с известным периодом. Закрепляется он совместно с измерительным растром.

Съёмка производится двойным экспонированием до и после смещения исследуемого объекта на один и тот же фотоматериал. Смещение определяется по периоду и направлению интерференционных полос, образующихся при просвечивании полученной фотограммы неколлимированным лазерным излучением. Период этих полос зависит от величины смещения изображения растра и геометрии съёмки и восстановления фотограммы.

Если при закреплении растров на объекте их ориентировать так, чтобы период регулярной структуры  $L_3$  был расположен горизонтально, то угол  $\alpha$  между системой интерференционных полос от изображения эталонного растра и интерференционных полос от изображения стохастической структуры измерительного растра будет определять проекции смещения  $L$  на горизонтальное и вертикальное направления.

Таким образом не требуется измерения масштаба спеклограмм и расстояния от фотограммы до изображения интерференционной картины на экране, следовательно повышается точность измерения смещений объекта, так как величина  $L_3$  известна заранее с достаточной точностью. Точность же измерения между узкими полосами, т.е. точность определения  $D_3$  на порядок выше, чем точность измерения  $D$ , что позволяет производить съёмку любых по размерам объектов с больших отстояний при сохранении относительной точности измерения смещений.

## Роль курса «Компьютерная графика» в подготовке инженера-геодезиста

Атоян Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Для современного геодезического производства необходима подготовка квалифицированных специалистов, обладающих знаниями информационных технологий и владеющих навыками работы на новейших технических устройствах. Наряду с умением работать с электронными геодезическими инструментами инженер-геодезист должен обеспечить оперативность и презентабельность результирующих материалов, а именно: высокое графическое качество топографических карт и планов наряду с их точностью, достоверностью и информативностью. Такую возможность предоставляют персональные компьютеры и графическое программное обеспечение. Следовательно, в процессе обучения будущим инженерам-геодезистам необходимо овладение соответствующими знаниями.

Для достижения этой цели на кафедре «Инженерная геодезия» разработан и преподается курс «Компьютерная графика». В задачи курса входит изучение теории, методики и технологии автоматизированного создания топографических и обзорно-топографических карт, а также процессов построения картографического изображения топографических карт по элементам содержания с применением персонального компьютера и графических программных средств; овладение современными программами растровой (Adobe Photoshop), векторной (Adobe Illustrator, CorelDraw), инженерной графики (AutoCAD).

Использование инновационных технологий в учебном процессе направлено на повышение качества подготовки специалистов и активизации роли самостоятельной работы. Среди основных инновационных технологий в образовании можно выделить следующие [1]:

- 1) технологии, основанные на использовании ЭВМ;
- 2) Интернет-технологии;
- 3) компьютерные обучающие и контролирующие программы;
- 4) информационные методы преподавания, способствующие повышению качества образования;
- 5) информационные технологии, позволяющие увеличить эффективность преподавания;
- 6) инновационные формы активизации познавательной деятельности студентов, перенесение фокуса активности в сторону обучающихся.

## Уравнивание зависимых результатов измерений нелинейными и линейными методами

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В современной геодезии повсеместно применяется метод наименьших квадратов (МНК). В МНК предполагается, что измерения удовлетворяют нормальному закону распределения. Нормальный закон распределения ошибок измерений - это идеальная математическая модель. В некоторых случаях она очень хорошо описывает настоящие распределения ошибок, а иногда совершенно не подходит для их описания. Поэтому при математической обработке измерений главный вопрос заключается в том, в каких случаях можно, а в каких не стоит пользоваться этой моделью. Иными словами, точка решения этого вопроса есть необходимость точного выполнения указания Лежандр, данного им в 1805 г. в его первой работе по методу наименьших квадратов. Он пишет, что прежде чем воспользоваться МНК, следует тщательно просмотреть все наблюдения и выбрать из них те, которые есть или кажутся аномальными, т.е. выбросить те наблюдения, которые не укладываются в «закон ошибок».

Методы обработки измерений, отличные от метода наименьших квадратов, более сложные и требуют большого объема вычислений. Однако в связи с развитием вычислительной техники сейчас эта задача вполне решаема. К преимуществам этих методов можно отнести и то, что они позволяют выполнить обработку всех измерений, не отклоняя сомнительные.

Для обработки коррелированных результатов измерений применяют обобщённые методы уравнивания, такие как обобщённый МНК, обобщённый метод Лр-оценок, обобщённый многокритериальный метод.

Обобщённый метод Лр-оценок и многокритериальный метод можно применять для уравнивания локальных геодезических сетей при количестве определяемых пунктов не более тридцати, т.е. в тех случаях, когда из-за мелкости выборки сложно установить закон распределения погрешность измеренных величин.

В геодезической практике новые методы могут применяться не взамен прежних технологий, а в дополнение к ним. То есть на производстве, а именно в геодезических и строительных организациях, новые методы можно использовать как дополнительные или как основные при уравнивании и анализе геодезических сетей. Также данные методы являются актуальными, т.к. всё чаще возникает потребность в обработке зависимых спутниковых GNSS-измерений.

**Определение пространственной позиции подземной проходческой машины с помощью гироскопаса МК 20 на примере строящегося коллектора «Центр» в г. Минске**

Мысливчик Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В 2004 году после подтопления центральной части Минска решением Мингорисполкома была утверждена долгосрочная программа развития сетей ливневой канализации, которая включает строительство трех очередей нового коллектора «Центр».

Специалисты изучили мировой опыт по строительству магистральных коллекторов дождевой канализации и приняли решение использовать в столице метод микротоннельной проходки с бестраншейной прокладкой трубопроводов. При ведении проходки данным способом используется Универсальная Навигационная Система U.N.S. С ее помощью определение пространственного положения  $(x,y,z)$  рабочей трубы проходческой машины определяется по визирной линии.

Одна из составных частей U.N.S. это Гироскопическая навигационная система (Gyro Navigation System)

Жестко смонтированный на проходческой машине гироскопас МК20 по запросу определяет направление на север по отношению к оси машины. При помощи навигации по счислению пути производится счисление актуальной позиции машины.

Интегрированный в систему электронный шланговый уровень постоянно передает данные по высоте на установленный в стартовой шахте референц-модуль и на установленный на проходческой машине датчик высоты. Эти данные по высотам не зависят от температуры.

Результаты передаются в промышленный компьютер, выводящий их на индикацию.

По результатам маркшейдерского контроля вносится поправка за дрейф или так называемый угол сноса машины. Если машина не перемещается вперед по продольной оси, происходит снос машины. Это явление хорошо известно по ведению в вертикальной плоскости – там оно называется «пропахиванием».

В связи с тем, что гироскопас определяет ось машины относительно направления на север, но не опознает так называемое «вспахивание» в направлении, то возникает лёгкое отклонение от актуального положения.

Угол сноса определяется с помощью контрольных замеров и вводится в систему как коррекционный параметр для обеспечения оптимальной точности наведения.

### Лазерный нивелир на базе Н-3

Подшивалов В.П., Малишевский Е. С., Осипов А. В., Рошин А. В.,  
Солдатенко Я. А.

Белорусский национальный технический университет

В сложных условиях строительства подземной части сооружений при слабой освещенности в подвальных помещениях, а также на строительной площадке при интенсивной работе строительной техники возникают затруднения при выполнении нивелирования, а также при выносе в натуру проектных отметок. Современные лазерные приборы, которые применяют в геодезическом обеспечении строительства (тахеометры, нивелиры), к сожалению, дорогостоящие и не всегда имеются в наличии у мастера или прораба. Как известно, наиболее распространенным прибором является нивелир Н-3 в комплекте с шашечной нивелирной рейкой.

Целью нашей работы является попытка модернизации нивелира Н-3 с применение широко доступной лазерной указки. Для решения этой задачи необходимо было создать комплекс: оптический нивелир - лазерная указка. При этом необходимо было получить преимущества от использования лазерной указки, не потеряв точность нивелира.

Как известно, при работе с нивелиром необходимо следить за выполнением главного условия. Необходимо выполнить условие параллельности лазерного луча указки и оси визирования нивелира. Для этого было разработано приспособление для крепления лазерной указки к зрительной трубе нивелира, позволяющее корректировать направление лазерного луча.

Работа по исследованию системы нивелир-указка проводилась следующим образом:

- устанавливался нивелир на штативе в рабочее положение;
- закреплялись четыре точки на местности (на разном удалении от нивелира примерно на 2, 5, 10, 30 м);
- при установке нивелирной рейки на первую точку брали отсчет по средней нити нивелира при совмещенном изображении концов пузырька контактного уровня;
- брали отсчет по лучу лазерной указки (он отличается от отсчета по нивелиру), вычисляли разность отсчетов;
- устанавливали рейку на третью точку, брали отсчеты по нивелиру и лазеру, работая корректирующим винтом крепления указки, добивались, чтобы разность отсчетов была равной значению на первой станции;
- производство контрольных измерений на все четыре точки, оценка точности.

## Лазерный теодолит на базе Т-30

Подшивалов В.П., Журова Е.Ю., Зелинский Д. С.,  
Каценя Ш. А., Коледа Л.С.

Белорусский национальный технический университет

При выполнении работ по вертикальной планировке строительных площадок, при выносе проектных направлений, а также при построении линий заданного уклона возникает задача установления нивелирной рейки на проектный отсчет, когда пятка рейки будет соответствовать проектной отметке. Для решения этих задач можно использовать как нивелир, так и теодолит. При использовании нивелира, вычисляют изменение отсчета по рейке в зависимости от расстояния.

$$\Delta h = \frac{S \cdot i_{0/00}}{1000_{0/00}}.$$

Если задается линия заданного уклона  $i$  в относительных величинах (промилле), то при работе теодолитом необходимо привести в соответствие этой величины с углом наклона  $v$ , который может быть отложен на вертикальном круге теодолита. Для этого используют формулу

$$v = \arctg\left(\frac{i_{0/00}}{1000_{0/00}}\right).$$

Целью нашей работы является попытка модернизации теодолита Т-30 с применением лазерной указки. Для решения этой задачи необходимо было создать комплекс: теодолит - лазерная указка.

Работа по исследованию системы теодолит-указка проводилась следующим образом:

- устанавливался теодолит в рабочее положение при горизонтальном положении визирного луча;
- закреплялись четыре точки на местности (на разном удалении от теодолита в 2, 5, 10, 30 м);
- при установке нивелирной рейки на точки, действуя исправительным винтом устройства крепления, добивались равенства разности отсчетов по средней нити теодолита при положении пузырька цилиндрического уровня при зрительной трубе в нуль-пункте и лучу лазера;
- производство контрольных измерений на произвольно выбранные точки, по отклонениям разностей отсчетов произведена оценка точности.

По результатам эксперимента средняя квадратическая ошибка непараллельности лазерного и визирного лучей составила величину 1/ точности.



## Тахеометрическая съемка электронным тахеометром и GPS-приемником

Нестеренок М. С., Лях Д. В., Корнеев Р.В., Красиченок В. В.  
Белорусский национальный технический университет

В инновационных технологиях инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий для строительства электронные тахеометры обеспечивают высокую степень автоматизации процессов измерения углов и расстояний и цифровой регистрации топографических данных. Эффективно совместное применение электронных тахеометров с определением их координат спутниковыми приемниками, у которых точность местоопределения составляет 5–10 мм в плане и 10–20 мм по высоте и достаточна для создания системы пунктов съемочного обоснования при крупномасштабных съемках. При этом достигается более высокая точность таких пунктов на значительных площадях и протяженных трассах в сравнении с ходами теодолитными.

Работы по определению координат пунктов съемочного обоснования часто совмещают со съемкой местности. Если топографический план будет составляться по координатам съемочных пикетов, рассчитанных процессором электронного тахеометра, то допустимые расстояния от прибора до съемочных пикетов принимают до 0,5 км и более в зависимости от масштаба съемки и условий видимости.

На застроенных территориях и на местности, покрытой древесной и кустарниковой растительностью, как и на открытой местности, топографическая съемка поверхности и положения инженерно-геологических скважин и шурфов может производиться автономно с помощью спутниковых геодезических приемников, точность которых удовлетворяет требуемой точности инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий площадки для проектируемого строительства. Достаточная точность определения координат съемочных пикетов составляет около 0,1 м в плане и 0,2 м по высоте. Их показывают на имеющемся аэрофотоснимке или на составляемом абрисе. Приемник следует использовать в режиме «Кинематика» или в режиме «Стой-иди» с остановками на время, достаточные для заполнения абриса. Удаление объекта от базовой станции можно принимать до 30–40 км.

При создании электронных планов и профилей цифровую модель местности формируют посредством компьютера по специальным программам согласно полевым данным планово-высотной геодезической и инженерно-геологической съемок.

**Использование программы Pythagoras для автоматизации РГР**

Позняк А.С., Куксик Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Вычислительная обработка с помощью калькулятора учебных геодезических журналов занимает у студентов строительных специальностей при успешной теоретической подготовке не менее восьми часов рабочего времени. На геодезической практике на аналогичные вычисления затрачивается несколько рабочих дней. Эта рутинная работа является мало интересной и необходимой в связи с повсеместным использованием на производстве электронных средств измерений и автоматической обработки результатов на ПК. Однако, эту проблему в какой мере можно решить при использовании программы Pythagoras, которая позволяет быстро и эффективно обрабатывать данные полевых измерений, выполнять различные геодезические расчеты и графические построения, автоматически создавать цифровые модели рельефа и выводить готовую документацию на печать. Программа содержит ряд стандартных таблиц, сходных с таблицами полевых журналов, выдаваемых студентам. Для построения учебного топоплана можно успешно воспользоваться таблицами для вычисления координат точек теодолитного хода и тахеометрической съёмки. Pythagoras позволяет рассчитать каждую из них автоматически. Для расчёта координат точек достаточно ввести исходные данные (координаты пунктов полигонометрии, соответствующие дирекционные углы и горизонтальные проложения) и указать тип хода. После того как программа рассчитает координаты всех геодезических пунктов и реечных точек выполняется автоматическое их построение на плане.

Нанесение на топоплан элементов ситуации предлагается начинать с гидрографии по точкам в соответствии с абрисами. Для этого на панели инструментов выбираем кнопку "Создать линию". Соединив необходимые точки получим ломаные линии, которые в последующем сглаживаем.

Аналогичным образом выполняется построение на плане элементов застройки с прилегающими к ним объектами. Далее приступаем к рисовке горизонталей. Программа делает это в автоматическом режиме, самостоятельно интерполирует между выбранными точками и проводит горизонтали.

В итоге выполненной СНИР отметим, что использование доступного программного обеспечения для решения геодезических задач и самоконтроля выполненных РГР - это не только повышения качества и производительности, но и для студентов весьма интересно и увлекательно.

## Контроль и самоконтроль учебных топографо-геодезических работ с помощью доступных программных средств

Позняк А.С., Иваненко М.Д.

Белорусский национальный технический университет

При изучении курса геодезии студенты специальности «Геодезия» выполняют вычислительную обработку полевых журналов топографо-геодезических работ. По данным своего варианта, используя результаты теодолитной, тахеометрической съемок и нивелирования по квадратам, составляется топографический план участка местности. Камеральная обработка журналов и вычисление координат точек с помощью калькулятора является трудоемкой, утомительной работой и занимает около двенадцати часов.

Построение топографического плана «вручную» занимает примерно столько же времени. А сделав ошибку в работе, потребуется примерно столько же времени на ее нахождение и исправления на плане. Кроме того, на проверку РГР преподаватель тратит много времени, причем и он не всегда может заметить все ошибки и недочеты. Учитывая и ограниченное время, отведенное на изучение курса, эта проблема может быть в какой-то мере решена путем реализации результатов данного исследования, которые позволяют студенту производить самоконтроль выполненных РГР.

В представленной работе предложено учебные полевые журналы и ведомости вычисления координат стандартной формы обрабатывать в электронных таблицах, опыт работы с которыми у студентов уже имеется. Необходимыми исходными данными для вычислений по известным геодезическим формулам являются варианты значения координат пунктов полигонометрии и дирекционных углов начального и конечного направлений (всего шесть цифровых значений) и содержание всех таблиц автоматически пересчитывается для каждого варианта. Дополнительно формируется еще одна таблица, в которой приведены номера всех точек, их прямоугольные координаты и высоты. Построение всех точек в Автокаде выполняется автоматически с помощью программы, написанной на языке AutoLISP. Программа по координатам точек из текстового файла рисует кружочки и подписывает номера точек и отметки. При построении создается три слоя, в которых размещены номера, отметки точек и их отображения, которые при необходимости можно редактировать послойно.

Качество, скорость вычислений и наглядность полученных материалов заметно изменились в лучшую сторону, многократно увеличилась их надежность и безошибочность.

## Восстановление координатной среды с использованием систем CREDO

Рак И.Е., Пигин А.П.\*

Белорусский национальный технический университет  
НПО «Credo-Dialogue»\*

С проблемой восстановления координатной среды знакомы не только геодезисты, но и археологи, занимающиеся раскопками в летний период и консервирующие объекты исследований на зимний период. Координатная среда на раскопках используется для мониторинга работ, фиксации положения найденных артефактов.

В этой статье приведено описание, как с помощью программных продуктов CREDO можно решить эту задачу не только быстро, но и просто и качественно.

В предыдущем году на раскопках Храмового комплекса в поселке Вестник на Таманском полуострове координатная среда была представлена в виде прямоугольной сетки квадратов. На момент начала раскопок в следующем полевом сезоне осталась только схема – все вершины сетки были уничтожены в ходе выполнения работ.

Первым шагом было выполнение привязки растрового файла - схемы раскопа - в программе ТРАНСФОРМ.

Далее трансформированный растр был подгружен в систему CREDO\_DAT 4.1. На растре были выбраны наиболее характерные, четко опознаваемые на местности, точки и определены их координаты в системе координат раскопа.

На объекте на эти же точки были произведены измерения с двух временных пунктов полярным способом. Результаты измерений введены в новый проект программы CREDO\_DAT и произведено вычисление координат отснятых точек в условной (произвольной) системе координат.

В программе ТРАНСКОР были определены параметры связи между системой координат раскопа и условной системой координат, которая использовалась для вычисления координат отснятых точек. Используя полученные параметры связи, были вычислены координаты вершин сетки, намеченные к перенесению в натуру в условной системе координат.

Для нахождения разбивочных элементов выноса вершин квадратов в натуру, в программе CREDO\_DAT было выполнено решение обратных геодезических задач. Используя полученные элементы, на местности были восстановлены вершины прямоугольной сетки – координатной среды объекта.

**Геодезические работы на объектах археологических исследований с привлечением волонтеров-студентов геодезических специальностей**

Рак И.Е., Пигин А.П.\*

Белорусский национальный технический университет  
НПО «Credo-Dialogue»\*

Современные археологические работы неразрывно связаны с геодезическими работами, которые необходимы для создания топографических планов, отражающих современное состояние объектов.

Вопрос необходимости присутствия на раскопках ощутила на себе и некоммерческая организация «Фонд Археология» на объектах Восточно-Боспорской археологической экспедиции. Поэтому в июле 2011 года компания «Кредо-Диалог» и собрала отряд из студентов-волонтеров из технических вузов и колледжей, готовых применить все полученные профессиональные знания и навыки, освоить рабочие инструменты и новейшее программное обеспечение.

Студентам-волонтерам пришлось работать на нескольких объектах: Суворовская Фанагория, некрополь Гермонассы, храмовый комплекс Вестник и на объекте с условным названием 7-ой километр. Ребятам пришлось вспомнить все, чему учили их в вузах и колледжах.

Камеральной обработкой данных занимались уже вечером, в лагере. Многие из студентов были знакомы с системами CREDO\_DAT и CREDO ТОПОПЛАН, для некоторых это был первый опыт. В итоге на объектах было создано плано-высотное обоснование, выполнена тахеометрическая съемка, по результатам которой был сформирован топографический план. Для привязки материалов съемки к местной системе координат использовались данные топографических съемок прошлых лет, предоставленные научным руководством лагеря, и координаты характерных точек, определенные с помощью GPS-навигатора.

Введением в специальность для студентов-волонтеров стала лекция технического директора компании «Кредо-Диалог» Пигина А.П. В своем выступлении Александр Петрович подробно остановился на координатном сопровождении археологических работ. Наглядно, на примерах были показаны возможности современных технологий и эффективность их использования в работе.

Участие в таких проектах помогает студентам им познакомиться с реальными производственными задачами и научиться использовать современные компьютерные технологии, доказать свою профессиональную зрелость и активную жизненную позицию.

## Восстановление координатной среды с использованием систем CREDO

Красуцкий В.М.,\* Чадович Д.В.

РУП «Белаэрокоосмогеодезия»\*, НПО «Credo-Dialogue»

Тригонометрическая точка (геодезический пункт) «Белин» является южным окончанием Литовской части Геодезической Дуги Струве (ГДС). Место для пункта и обсерватории выбрал Карл Теннер в 1826. Вначале был установлен деревянный знак высотой 32м. под которым заложили геодезический пункт. В 2001г. поисковые работы по обнаружению пунктов ГДС на территории Республики Беларусь были начаты по инициативе Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии совместно волонтерами общества и специалистами РУП «Белаэрокоосмогеодезия». В этом же году РУП «Белаэрокоосмогеодезия» обнаружила признаки того, что фундаменты обсерватории сохранились и данному объекту было присвоено название «Белин-астро», он также был включен в список охраняемых объектов. В том же году, тригонометрическая точка была признана утраченной на основании того, что ее расчетное местоположение находилось под зданием фермы.

В 2007г. в «Вестнике Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии» были опубликованы предполагаемые координаты центра обсерватории и тригонометрической точки Белин. В 2010г. специалистами СП «Кредо-Диалог», на основании опубликованных координат, было уточнено истинное местоположение двух сохранившихся фундаментов пассажных труб обсерватории. Тогда же в результате опроса местных жителей было установлено, что фундаменты тригонометрической точки не разрушены и расположены под фундаментом восточного здания фермы.

Дальнейшие работы по установлению местоположения тригонометрической точки Белин были продолжены в 2011г. В начале июля специалистами РУП «Белаэрокоосмогеодезия» и СП «Кредо-Диалог» было заново вынесено в натуру расчетное местоположение центра тригонометрической точки «Белин» и 20 июля под бетонной стяжкой внутри здания фермы «Белин» был обнаружен центр тригонометрической точки. Центр геодезического пункта представляет собой гранитный куб размером 25-30см заложенный в каменную забутовку. Поверх куба была выложена охранный кладка из кирпичей размером 50x50см, под которой находилась оловянная пластинка размером 7x10см. В гранитном кубе просверлено отверстие залитое оловом (или свинцом) с нанесенным на нем центром.

**Новые GNSS-приемники Leica Geosystems для геодезии**

Кононович С.И., Чиберкус Ю.Н., Терешина О.Ю.  
ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»

Спутниковые системы Leica Geosystems широко используются в самых различных областях хозяйствования: от простейшей навигации до высокоточных измерений колебаний гигантских мостов, подвижек земной коры в техногенных районах и т.п. Их распространению способствуют высокая надежность, всепогодность и всесезонность, высокая точность измерений, высокий уровень автоматизации полевых измерений.

Для сбора и обновления ГИС-данных в полевых условиях концерн Leica Geosystems выпускает серию GNSS приемников Zeno с полевым программным обеспечением Zeno Field. Zeno Field создано на основе популярного пакета ArcPad фирмы ESRI, с добавлением в него возможности управления режимом RTK GNSS-приемника.

В 2011 году концерн Leica Geosystems выпустил GG02plus - новое поколение двухчастотных приемников для ГИС, принимающих сигналы L1 и L2 систем GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС и обеспечивающих сантиметровой уровень точности в режиме RTK. Они могут работать под управлением как стандартных контроллеров Viva CS15 и CS10, так и с помощью полевого планшетного контроллера CS25 с операционной системой MS Windows 7 Ultimate. В трудных условиях съемки они демонстрируют лучшую в своем классе GNSS-производительность.

Для работы в режиме RTK можно использовать сменные устройства радиосвязи (радиомодемы) и/или встроенные в контроллер 3.5G GSM-модемы. Эти же контроллеры могут использоваться для управления как геодезическими GNSS-приемниками (GS08, GS12) так и тахеометрами серии Viva (TS11, TS15), которые могут подключаться с помощью специального кабеля либо через порт Bluetooth. Для дистанционного управления тахеометрами контроллеры CS15 и CS10 могут иметь интегрированный радиомодем со встроенной антенной, а планшетный контроллер CS25 – Bluetooth повышенной дальности. Встроенная цифровая камера позволяет фотографировать съемочные точки, что позволяет отказаться от бумажного абриса даже при отсутствии кодирования, т.к. фотографии можно «связать» с измеряемыми объектами (точками). Контроллеры Viva CS15 и CS10 работают с распространенными: флэш-картами CF, SD и USB, могут записывать данные во внутреннюю память.

Система Leica Zeno – это комплексное решение, которое обладает широкими возможностями для сбора и управления ГИС-данными.

**Комплекс программно-технических средств для определения профиля  
дна шламохранилища глинисто-солевых шламов**

Зейтц В. Э. ОАО «Беларуськалий»

Кузьмин В.Н., Кононович С.И., Чиберкус Ю.Н., Терешина О.Ю.

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»

Производство калийных удобрений связано с накоплением достаточно больших объемов отходов в виде твердых галитовых и жидких глинисто-солевых шламов. Если солеотвалы для складирования твердых галитовых отходов обогащения могут обходиться без особых мероприятий при хранении, то шламохранилища для складирования жидких глинисто-солевых шламов требует постоянного учета баланса между твердыми шламам и объемами жидких рассолов. В рамках правил по эксплуатации шламохранилищ предусмотрено выполнение периодической геодезической съемки уровня нахождения твердого горизонта шламохранилища. Это позволяет обеспечить не только эффективную эксплуатацию шламохранилища, но и своевременное принятие мер по предотвращению аварийных ситуаций.

Традиционные методы плано-высотной съемки дна шламохранилища не удовлетворяют современным требованиям по точности и временным затратам на проведение работ. Оптимальным решением этой задачи в настоящее время представляется технология акустического зондирования профиля глубин шламохранилища в комплексе с системой спутниковой навигации или GPS-системой. Плано-высотное сканирование при этом обеспечивается движением измерительного комплекса по заданной траектории, а фиксация и обработка получаемых данных – компьютером со специализированным программным обеспечением.

Практическая схема решения такой задачи реализована на шламохранилище ОАО «Беларуськалий», в ходе которой решались следующие задачи:

- измерение высотного профиля дна по дискретному набору точек с помощью эхолота, причем измерения проводились с учетом изменения скорости звука в зависимости глубинного распределения плотности рассолов;
- определение плановых координат профилей с помощью GPS – приборов;
- построение цифровой модели дна шламохранилища;
- вычисление объемов шлама и рассолов.

Система Leica Zeno – это комплексное решение, которое обладает широкими возможностями для сбора и управления ГИС-данными.



**Цифровые модели региональной разломно-тектонической кинематики**

Губин В.Н.\*, Кузьмин В.Н., Кононович С.И., Зуй С.И.  
Белорусский государственный университет\*  
ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»

Термин *цифровая модель* появился в контексте понятия цифровой модели местности как альтернативы аналоговой модели или просто карты. Карта в этом случае выступает как структурированный набор неструктурированных объектов. Если предположить, что объекты могут иметь внутреннюю структуру, понятие "цифровая модель" в рамках объектно-ориентированного подхода выступает как "цифровая модель объекта".

В настоящее время объектно-ориентированный подход является преобладающим в информационных технологиях. В его основе лежат системные требования о возможности наследования признаков объектов при переходе с одного уровня иерархии на другой, наличия свойств полиморфности во взаимоотношениях с окружением и инкапсуляции или защиты внутренних свойств от несанкционированного воздействия извне. Инкапсуляция обеспечивает целостность виртуальных объектов, полиморфность – их событийное поведение на заданном временном интервале, а наследственность закрепляет иерархию признаков и взаимоотношений между объектами

В докладе представлена онтология цифровых региональных моделей в виде иерархии классов, связанных с разрывно-тектонической кинематикой. Модели разработаны в соответствии со спецификациями отечественного классификатора топографической информации (КТИ) и североамериканской модели для геологического картографирования (North American Geologic Map Data Model – Conceptual Model 1.0, NADM-C1). Концептуальные модели и КТИ, и NADM-C1 являются объектно-ориентированными, но поскольку описание онтологии NADM-C1 имеет представление в терминах языка UML (универсальный язык моделирования), то носит приоритетный характер

Для построения цифровых моделей региональной кинематики определены элементы движения, формы движения и инструменты их измерения. Элементами движения выбраны тектонические геологические структуры, испытывающие горизонтальные и вертикальные движения. В качестве инструментов для наблюдений за их движениями выступают глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) на специально организованных геодезических линейных сетях.

**Организация геодинамических исследований в местах  
активного влияния человека на окружающую среду**

Шароглазова Г.А.

Полоцкий государственный университет

Доклад посвящен организации контроля над состоянием земной коры в Беларуси в районах сочетания тектонических и техногенных воздействий на примерах Старобинского месторождения, магистральных грубопроводов (МГ), Полоцкой ГЭС и Островецкой АЭС.

Результаты прежних исследований по оценке влияния эксплуатации (старобинского месторождения на тектонику района (Аронова 2006, Губин 2008, Тяшкевич и др.) свидетельствуют, что сейсмоактивность усилилась, а землетрясения последних 40 лет приурочены к тектоническим разломам (Стоходско-Могилевскому, Северо-Припятскому, Ляховичскому, Речицкому и Червонослободскому). Обоснована необходимость организации геодинамического полигона (ГДП) и предложена двухуровневая схема геодезических построений, охватывающая указанные тектонические разломы и подрабатываемые территории, ориентированная на использование двухчастотных GPS-Глонасс систем (применение ГНСС).

Полоцкая ГЭС находится в зоне влияния двух глубинных разломов (Полоцкого и Чашникского), а также Туровлянского разлома, секущего р. Западная Двина в месте плотины (Каратаев, Мясников 2006-10 гг.). В районе ГЭС предложена схема ГДП в виде обсерватории вблизи плотины с системой линий, пересекающих разломы, с применением ГНСС.

Факт приуроченности аварий на МГ Беларуси к активным тектоническим структурам заставляет искать новые схемы расчетов совокупных влияний, учитывающих и тектонические факторы, на их напряженно-деформированное состояние.

Островецкая площадка (Белорусская АЭС), находится в зоне влияния активного Ошмянского разлома, вблизи которого в 1908 году произошло 7-бальное Гудогайское землетрясение. Предлагается наладить систему постоянного контроля над активностью расположенных в районе площадки разломов. Схема контролируемых построений нацелена на использование двухчастотных приемников, закреплена надежными центрами, максимально устойчивыми к влияниям нетектонического происхождения, снабженными устройствами для принудительного центрирования. Методика измерений должна позволить получить характеристики движений на тектонических разломах с точностью первых миллиметров.

## Восстановление разбивочных сетей при строительстве сооружений сложной геометрической конфигурации

Козакевич А.И., Ялтыхов В.В.

Полоцкий государственный университет

При строительстве объектов, как показывает практика, часто приходится сталкиваться с тем, что пункты плановой сети в ходе строительно-монтажных работ на объекте утрачиваются или нарушается их положение, и возникает необходимость ее восстановления. Такие задачи часто возникают как при строительстве простых (типовых) объектов, так и при строительстве крупных объектов сложной конфигурации, где необходимо и дополнительно создавать локальные плановые сети (например, внутренняя разбивочная сеть) и передавать плановое положение осей на более высокой монтажный.

Для исключения ошибок исходных данных в научной литературе рекомендуется сеть уравнивать как свободную в произвольной системе координат, а затем трансформировать по сохранившимся пунктам в систему координат строительной площадки. Как отмечено в Пособии по производству геодезических работ в строительстве: «...Разбивочные сети строительной площадки должны обеспечивать высокую точность разбивочных построений, поэтому чтобы исключить ошибки исходных данных, уравнивать такие сети рекомендуется как свободные с одним твердым пунктом и одним твердым направлением...».

Довольно сложной задачей является поиск сместившихся (нарушенных) пунктов. Обычно это можно осуществить или по результатам сравнения расстояний (между фактическими расстояниями и проектными по различным комбинациям имеющихся пунктов), или по результатам трансформирования.

Порядок выполнения работ по восстановлению разбивочной сети, как правило, выполняется в такой последовательности:

- Измерения в новой разбивочной сети;
- Связь новой сети с максимальным количеством пунктов существующей сети;
- Вычисление уравненных координат с оценкой точности (свободная сеть) в произвольной системе координат;
- Трансформация и оценка точности новой сети.

В докладе рассмотрена задача поиска смещенных пунктов при восстановлении разбивочной сети. В качестве исходных данных для решения задач такого плана использовались реальные координаты пунктов одного из стоящих объектов в г. Орша.

## **Возможности применения электронного тахеометра в дорожном строительстве**

Будо Ю.П.

Полоцкий государственный университет

В Полоцком государственном университете проводятся курсы повышения квалификации специалистов. Курсы «Работа с электронным тахеометром и современными программными продуктами по геодезии» прошли в конце апреля 2012 года. На курсах повышения квалификации присутствовали представители ОАО «Дорожно-строительный трест №3».

Тематика курсов согласовывалась с заказчиками, т.е. темы:

Автоматизированные технологии проектирования и исполнительных съемок при строительстве автомобильных дорог

– Знакомство и работа с электронным тахеометром Trimble M3 DR5

Работа с координатами

Определение площади и объема

– Исполнительная съемка готовых конструктивных элементов

– Геометрическое и тригонометрическое нивелирование

– Разбивка оси трассы.

Увеличение объемов строительно-монтажных работ, внедрение новых технологий в производство и, в целом, успешная работа предприятий и организаций строительной отрасли в большой степени зависит от профессиональной подготовки инженерно-технических работников.

Целью повышения квалификации является обучение слушателей применению геодезических методов и приборов способствующих повышению эффективности строительного производства, качества строительной продукции, внедрению новых технологий, формирование у слушателей общего методологического подхода к постановке и решению проблем эффективного использования геодезических приборов в строительной отрасли на основе мирового опыта.

В последнее время произошел очередной технологический прорыв – в геодезии стали широко использоваться приборы на основе лазерных источников излучения.

Появление безотражательных электронно-оптических дальномеров произвело революцию в топографо-геодезической съемке, позволив выполнять измерения расстояний без использования отражающих призм. При этом съемочные работы может выполнять один исполнитель -- снижается трудоемкость и стоимость работ, повышается их качество и безопасность.

## Моделирование геодинимических процессов по результатам повторного нивелирования

Соловьев А.Н.

Полоцкий государственный университет

При выполнении предпроектных геодинимических исследований по поиску площадки под строительство АЭС, действующие нормативные документы требуют определения долгопериодической компоненты движений в соответствии с методом Христова.

В докладе осуществлена попытка апробирования данного метода на данных повторного нивелирования 7-ми циклов измерений (2004, 2006, 2007-2011г.), выполненных на Полоцком геодинимическом профиле.

Апробирование осуществлялось проверкой метода Христова на предмет прогнозирования величин высот реперов на будущие эпохи нивелирования.

Для описания движения реперов использовались три модели: линейная, квадратическая и кубическая. Для получения уравнений движений высот реперов для каждой модели осуществлено совместное уравнивание 6-ти циклов измерений.

Адекватность модели оценивалась как сравнение отметок, найденных из уравнивания для каждой модели, с измеренными значениями этих отметок. По результатам сравнения была выполнена оценка каждой модели по формуле Бесселя.

Как результат были получены высоты реперов для эпохи 2011г, вычисленные из уравнений движения для каждой модели. Наилучший показатель адекватности соответствует кубической модели, однако минимальные отклонения измеренных величин от прогнозируемых (средние значения отклонений по 10 реперам: кубическая 2,6мм, квадратическая 1,4мм, линейная 1,0мм), а также наибольшее число предсказанных знаков изменения высот реперов (+ или -) относительно предыдущей эпохи 2010 года принадлежат линейной модели (для сравнения, кубическая 1/10, квадратическая 3/10, линейна 6/10).

Таким образом, дальнейшее усложнение моделей оправдывается, так как средние квадратические ошибки, найденные по отклонениям вычисленных отметок реперов от их измеренных значений, уменьшались, по мере усложнения модели. И напротив, линейная модель наилучшим образом спрогнозировала высоты реперов. Поэтому рекомендуется при определении долгопериодической компоненты движений, используя метод Христова, ограничиваться моделью второго порядка.

## Подготовка и использование растровых картографических материалов

Усов Д. В., Куприянова Н.М.

Полоцкий государственный университет

Единый инженерно-топографический план города или Единое информационное пространство инженерного назначения, является элементом государственного фонда материалов инженерных изысканий. Он предназначен для проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов, обслуживания различных инженерных служб города (водоканал, тепловыс, электрические сети и т.д.), а также создания и ведения государственных кадастров. В настоящее время единый инженерно-топографический план города представляет собой планы масштаба 1:500, которые ведутся на «жесткой» основе и находятся в планшетохранилищах, как правило, городских архитектур.

Сегодня назрела настоятельная необходимость создания плана масштаба 1:500 городов Республики Беларусь в цифровом виде, поскольку существующие планшеты на жесткой основе физически изношены, технология их обновления остается достаточно дорогой, а контроль топографо-геодезических данных сравнением их с имеющимися невозможен.

Применяемая ныне технология обновления топографической основы не обеспечивает надлежащего качества работ. Создание инженерно-топографического плана в цифровом виде производится по следующим этапам:

1. экспорт результатов полевых геодезических измерений в соответствующее программное обеспечение;
2. вывод на кальку точек обоснования и пикетов средствами печатающих устройств;
3. перекальвание с кальки на топографический планшет;
4. ручное вычерчивание элементов ситуации и рельефа;
5. сканирование планшета, сшивка частей растра, трансформирование по координатной сетке;
6. создание цифровой модели местности в специализированном программном обеспечении.

В данной технологии создания единого информационного пространства слабыми местами являются пункты 2, 3, 4 и 5.

Нами был исследован исходный картографического материал для создания цифрового инженерно-топографического плана и определены основные ошибки, влияющие на его качество.

**О точности восстановления границ земельных участков**

Другаков П.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

В настоящее время в республике выполнен большой объем работ по установлению границ земельных участков. В связи с интенсивной хозяйственной деятельностью происходит утрата межевых знаков и возникает необходимость их восстановления. основополагающий принцип при проведении соответствующих работ заключается в том, что вновь полученные данные (положение межевых знаков после их восстановления) не должны противоречить ранее установленным. После восстановления положение границы должно отличаться не более чем на 10 см от установленного ранее. В противном случае часто возникают земельные споры. Если межевые знаки привязаны в твердые точки (контурам) местности, то проблем не возникает. Если такой привязки нет, то приходится восстанавливать границы по координатам.

Будем считать, что установление и восстановление границы выполняется с одинаковой точностью. Примем, что вероятность расхождения в положении границы больше заданного допуска не должна превышать 0,3%. В таком случае предельная разность в положении границы будет

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m_t \sqrt{2}, \quad (1)$$

где  $m_t$  – СКП определения положения межевого знака.

Подставив значение предельной погрешности – 10 см, из формулы получим, что величина  $m_t$  не должна превышать 2,4 см. В то же время действующий ТКП по установлению границ земельных участков допускает средние погрешности межевых знаков относительно пунктов геодезической сети 0,1 мм в масштабе кадастрового плана. Примем масштаб создаваемого плана земельного 1:1000, а средние погрешности положения межевых знаков равными средним квадратическим. Тогда  $m_t$  в соответствии с действующим ТКП не должна превышать 10 см, а  $\Delta_{\text{пред}}$  – 42 см. Из этого следует, что, при установлении границ земельных участков в соответствии с ТКП заранее программируется возникновение земельных споров при утрате межевых знаков.

Для исключения земельных споров еще при установлении границы координаты межевых знаков необходимо определять GPS методом, обеспечивающим заданную точность. Ранее установленные традиционными методами границы земельных участков считать предварительными, которые могут быть уточнены с использованием GPS измерений.

## Автоматизированные технологии проектирования полей в ГИС ArcGIS и Credo Земплан

Прохорова Ю.С., Другаков П.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

В настоящее время при составлении проектов внутрихозяйственного землеустройства широко используют геоинформационные системы. Вся информация о видах земель представлена в векторной форме. При составлении проектов внутрихозяйственного землеустройства выполняется и проектирование полей севооборотов. Многие настольные ГИС (ArcView MapInfo) в стандартной комплектации не имеют развитых инструментов координатной геометрии, что усложняет процесс проектирования. В этом случае имея каталог координат массива пахотных земель проектирование полей осуществить в программе Credo Земплан. Для этого в программу импортируется каталог координат массива и осуществляется проектирование по методике, описанной в литературе. Результаты проектирования можно экспортировать в формат MID/MIF и отобразить в ГИС.

Применение более современных ГИС, таких как ArcGIS, позволяет все делать в одной среде, не применяя несколько программ параллельно. Данная ГИС имеет развитый инструментарий для ввода пространственной информации. Наиболее удобно при проектировании использовать последнюю версию программы ArcGIS 10.0.

Для сравнения двух технологий был выбран массив площадью 48 га который необходимо разбить на поля площадью по 8 га. Данные изначально были в формате SHP, их для работы в программе Земплан конвертировали в MID/MIF. Далее провели проектирование полей севооборота и оформили разбивочный чертеж.

При работе в ГИС ARCGIS конвертирование не проводилось. Был создан новый слой полей севооборотов, настроена топология и запроектированы поля. Проектирование полей велось методом приближений без сложных расчетов аналитического проектирования. Допустимым признавалось расхождение площади от проектного значения 0,02 га.

Необходимо отметить, что использование только программы ArcGIS было более производительным и технология работ более простой. В тоже время в программе Земплан проще получить разбивочный чертеж. Таким образом можно считать что обе технологии возможно использовать как в производственной деятельности так и в учебном процессе.



## Анализ способов отображения тематического содержания на картах Национального атласа Беларуси

Шулякова Т.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Целью настоящих наших исследований является изучение способов отображения тематического содержания на картах Национального атласа Беларуси.

Современная тематическая карта -- это цифровая карта, отображающая с большей полнотой какие-либо данные (тематические данные) или совокупность данных (природные явления, статистические данные, рельеф земной поверхности, погодные явления, отраслевые данные и т.д.) [1, с.156].

Для отображения картографируемых объектов на карте служат картографические условные знаки. Они отражают плановые геометрические свойства объектов.

Но реальная географическая действительность в целом имеет и ряд других особенностей: количественных, качественных, динамических и пространственных.

Обязательной частью содержания тематических карт является их географическая основа. Все сведения, нанесенные на карту в соответствии с ее темой, составляют ее специальное содержание. Анализ способов отображения тематического содержания земельно-ресурсных карт был выполнен по картам Национального атласа Беларуси. Он включал 25 земельно-ресурсных карт различного содержания: структура земельного фонда, виды земель, посевные площади, пригодность земель для возделывания сельскохозяйственных культур [2, с.203].

Среди всех вариантов отображения данных, наибольшей популярностью пользуются следующие способы: значков, картодиаграмм, картограмм, точечный способ, а так же изолинии. Выбор способов картографического изображения определялся следующими особенностями: характером распространения явлений, назначением карты, предъявляемыми к ней требованиями, объёмом содержания, разделением содержания карты по значению изображаемых явлений, возможностям издания.

Знание способов отображения тематического содержания на картах позволяет учитывать в своей работе их особенности, а также качественно отображать картографируемые объекты.

Фоменко П.Н.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Развитие сельскохозяйственного производства базируется на современных технологиях и требует обоснованной организации земель. Важным мероприятием по организации земель является внутрихозяйственное землеустройство. Автоматизация проектных работ в землеустройстве является актуальной задачей. Одним из вариантов решения данной задачи является использование ГИС – программ. В данной статье рассмотрены элементы автоматизированной технологии проектирования на основе применения ГИС. Технология предполагает разделение работ на 4 этапа:

1. Подготовительные работы;
2. Агроэкологическое зонирование;
3. Формирование рабочих участков;
4. Организация севооборотов.

При выполнении подготовительных работ необходимо выполнить сканирование исходного картографического материала, сшивку картографического изображения к соответствующей системе координат в программе Credo\_Transform, экспорт проекта в программу ArcView, векторизация раstra. При выполнении агроэкологического зонирования на плане выбираются объекты являющиеся источником загрязнения или сами требуют защиты от загрязнений. Вокруг объектов создаются буферные юны и составляют чертеж агрохозяйственного обследования. При формировании рабочих участков выбираются пахотные контура, которые в соответствии с почвенной картой объединяются в рабочие участки, и создается соответствующая тема. Расчет условной энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур по рабочим участкам производился по программе "Zempro". Результатом оценки рабочих участков по эффективности возделывания сельскохозяйственных культур являются матрицы условной энергетической эффективности или условного чистого дохода. Дальнейшая задача заключалась в нанесении севооборотов на карту. Для этого созданы точечные темы для каждого рабочего участка. В атрибутивной таблице заполнили чередования культур по годам и подписали культуры на цифровой карте.

Исследования показали, что современные географические информационные системы обладают развитыми средствами работы с растровыми и векторными данными, что позволяет автоматизировать землеустроительное проектирование.

Куцаева О. А.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

В связи с постоянным расширением возможностей цифровых съемочных систем и развитием фотограмметрических технологий, актуальными являются вопросы совершенствования методов и способов обработки данных аэрофотосъемки и дистанционного зондирования Земли.

Дешифрирование - один из сложных и трудоемких этапов обработки изображений. Одним из программных продуктов, выполняющим автоматизированное дешифрирование, является программный комплекс ENVI.

Прежде чем приступить к дешифрированию создается таблица классификатора (ROI – Region of Interest). Каждый элемент ROI определяется своим цветом и ставится в соответствие объекту снимка определенного фона. Для заполнения таблицы выбираются объекты, которые безошибочно распознаются на растровом изображении. При этом в контролируемой классификации данный объект снимка является учителем.

При выполнении классификации производится отнесение пикселей к определенному классу. На примере снимка Горецкого района полученного через картографический сервис Google, рассматривается методика выполнения контролируемой классификации (supervised classification), которая включает следующие методы: Parallelepiped, Minimum Distance, Mahalanobis Distance, Maximum Likelihood, Spectral Angle Mapper, Spectral Information Divergence, Binary Encoding, Neural Net, Support Vector Machine.

Контроль выполнения работ по дешифрированию является составной частью производства. Для этого выполнена оценка точности дешифрирования, при которой выбран площадной объект с четко выраженными границами (базовый объект - эталон), осуществлена его векторизация вручную. Все результаты дешифрирования (которые выполнялись различными методами контролируемой классификации) подлежали автоматической векторизации.

Оценку точности для каждого вида автоматизированного дешифрирования, имеющегося в ПК ENVI производили исходя из линейных отклонений координат вершин контуров (эталона и автоматически отдешифрированных). Оценка точности полученных результатов выполнена в модуле ENVI Zoom.

Проведенные исследования свидетельствует о разноточности методов автоматизированного дешифрирования. Наиболее точным оказался метод Support Vector Machine.

## Преобразование пространственной системы координат СК-42 в общеземные системы координат ПЗ-90 и WGS-84 на основе пунктов геодезической сети Республики Беларусь

Писецкая О.Н.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Цель -- исследование преобразования геодезических координат пунктов на территории Республики Беларусь из референцной системы координат СК-42 в общеземные системы координат ПЗ-90 и WGS-84 с использованием семи-параметрического преобразования по различным параметрам связи систем координат.

В качестве исходных данных для выполнения преобразования пространственных координат являются геодезические координаты пунктов высокоточной опорной геодезической аэродромной сети (ВОГАС) Республики Беларусь [1]. Выполняем семи-параметрическое преобразование координат пунктов из референц-системы 1942 г. (СК-42) в общеземную систему координат ПЗ-90 и в геоцентрическую систему координат WGS-84, используя различные параметры связи из 3-х источников, а так же внутренний контроль вычислений. Результатом являются преобразованные координаты и значения отклонений между контрольными и вычисленными значениями.

Установлено, что максимальные отклонения получены по вычисленным приращениям высот, минимальные отклонения – по приращениям долгот. Причем эти отклонения не зависят от параметров связи систем координат СК-42 и WGS-84. Следует отметить, что при выполнении преобразований координат из системы СК-42 в общеземную систему WGS-84, независимо от параметров связи данных систем, отклонения приращений координат от контрольных вычислений практически совпадают и сопоставимы с отклонениями приращений координат в системе ПЗ-90.

По результатам выполнения контроля преобразования геодезических координат из СК-42 в WGS-84 можно сделать вывод о возможности использования следующих параметров связи для выполнения преобразований на территории Республики Беларусь:

Проведенные исследования свидетельствует о разноточности методов автоматизированного дешифрирования. Наиболее точным оказался метод Support Vector Machine.

$\Delta x = 23,92$  м,  $\Delta y = -141,27$  м,  $\Delta z = -80,90$  м,  $\omega_x = 0''$ ,  $\omega_y = 0,35''$ ,  $\omega_z = 0,82''$ ,  $\Delta m = 0,1 \cdot 10^{-6}$  или  $\Delta x = 27$  м,  $\Delta y = -135$  м,  $\Delta z = -84,5$  м,  $\omega_x = 0''$ ,  $\omega_y = 0''$ ,  $\omega_z = -2,686 \cdot 10^{-6}''$ ,  $\Delta m = 2,263 \cdot 10^{-7}$ .

# **Проектирование дорог**

## Методика проектирования соединительных ответвлений с второстепенной дороги на транспортной развязке типа «Ромб»

Заскевич И.И., Яцевич И.К.

Белорусский национальный технический университет

С целью снижения стоимости применяют неполные транспортные развязки. Одной из таких развязок является транспортная развязка типа «Ромб», имеющая четыре соединительных ответвления для осуществления поворота налево с главной и с второстепенной дорог. Отмыкание их от главной дороги и примыкание к главной дороге проектируется по методике, аналогичной транспортной развязке «Полный клеверный лист». Сопряжение этих соединительных ответвлений с второстепенной дорогой может осуществляться с помощью пересечения с накопительной полосой или с помощью кольцевого пересечения.

В первом случае на второстепенной дороге назначается дополнительная полоса между встречными полосами движения. Длина этой дополнительной полосы равна сумме длин двух накопительных полос и полосы отгона уширения. Дополнительная полоса сопрягается с соединительным ответвлением, предназначенным для поворота налево с главной дороги, с помощью круговой кривой. Угол примыкания соединительных ответвлений к главной дороге назначается в пределах  $20-40^{\circ}$ . Минимальное значение этого угла назначается по условию возможности разбивки трассы закругления с переходной кривой. Угол примыкания соединительного ответвления к второстепенной дороге следует назначать близким к  $90^{\circ}$ . При этом трасса примыкания соединительного ответвления к главной дороге проектируется по круговой кривой в связи с малым углом примыкания.

При кольцевой схеме сопряжения соединительных ответвлений с второстепенной дорогой диаметр кольца назначается минимальным исходя из ограничений скорости движения по кольцу. При этом должна быть обеспечена проезжаемость кольца автомобилями с длинной базой.

Внешний диаметр кольца с двумя полосами движения рекомендуется принимается 40-60 м. Ширина проезжей части кольца с двумя полосами движения назначается равной 8 м, а при значительной доле транспорта с длинной базой – 10 м.

Въезды на кольцо со стороны второстепенной дороги на подходах к транспортной развязке должны иметь полосы торможения. Выезды с кольца на соединительные ответвления должны быть однополосными.

Для обоих вариантов транспортной развязки типа «Ромб» разработана схема организации движения.

**Методика определения длины водопропускной трубы**

Куриленок А.А., Яцевич И.К.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время на автомобильных дорогах широко применяются круглые безголовочные железобетонные трубы с расчетной длиной звена 2,5м. Различают теоретическую  $L_t$  и фактическую  $L_{\text{факт}}$  длину трубы. Теоретическая длина трубы определяется поперечным профилем земляного полотна, высотой откоса насыпи. Обычно теоретическая длина трубы равна ширине насыпи по подошве. При пологих откосах насыпи с целью уменьшения длины трубы начало и конец трубы следует смещать к оси дороги, принимая заложение откоса насыпи у трубы предельно допустимой крутизны. (1: 1,5 и круче). Фактическая длина трубы  $L_{\text{факт}}$  зависит от числа звеньев.

При определении длины трубы возможны следующие случаи.

Если заложение откоса насыпи  $m = 1,5$ , то фактическая длина трубы должна быть равна теоретической или длиннее ее. Выступающая за подошву насыпи часть трубы закрывается земляной бермой.

Если заложение откоса  $m > 1,5$  и высота откоса насыпи менее 6,0м., то при определении теоретической длины трубы следует принять заложение укрепленного откоса на высоту укрепления.

Фактическую длину назначают равной или меньше теоретической. В последнем случае смещают пересечения откоса с заложением  $m_0 = 1,5$  с откосом насыпи по горизонтали и по вертикали до получения равенства длин теоретической и фактической трубы. Проверяется условие достаточности высоты откоса насыпи для смещения пересечения откосов по вертикали. Если такое условие не выполняется, то принимают фактическую длину трубы больше теоретической и предусматривают устройство бермы между откосом 1: и откосом 1: 1,5.

Если заложение откоса  $m > 1,5$  и высота насыпи более 6,0м., то методика определения длины трубы зависит от положения пересечения укрепленного откоса с откосом верхней или нижней части насыпи.

Анализируется соотношение высоты откоса нижней части насыпи и высоты укрепленного откоса у трубы на входе и на выходе по предложенным критериям и рассчитывается смещение начала и конца трубы по вертикали. Предложены зависимости по определению теоретической длины трубы, фактической длины трубы, длины верховой и низовой части трубы с учетом продольного уклона трубы для всех трех случаев ( $m = 1,5$ ;  $m > 1,5$ ;  $h \leq 6$  м;  $m > 1,5$ ;  $h > 6$  м).

## Измерение уровня шума в придорожной полосе

Маркевич А.В., Шохалевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

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  $m$ ; 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. Если расстояние от источника шума до здания составляет свыше 100 м, то можно ограничиться только одной расчетной точкой на уровне верхнего этажа. При наличии экранирующих сооружений ряд расчетных точек выбирают в зоне акустической тени за экранами.

Шумовой характеристикой транспортных потоков является эквивалентный уровень звука  $L_{Aэкв}$ , дБА.

Измерение эквивалентного уровня звука следует проводить интегрирующими шумомерами, комбинированными измерительными системами или автоматическими устройствами.



## Профилактическая автодорожная экспертная деятельность по предупреждению ДТП

Тимошенко М.С., Кравцова М.А., Селюков Д.Д.  
Белорусский национальный технический университет

Дорожно-транспортные происшествия (далее ДТП) распределяются не равномерно вдоль дороги автомобильной или улицы, а сосредотачиваются в опасных для движения местах, которые создали не участники дорожного движения, а дорожники при проектировании, строительстве или эксплуатации дорог автомобильных или улиц. Это происходит в результате того, что при создании дороги недостаточно учтены реальные факторы условий дорожного движения и в первую очередь психофизиологические возможности водителя. Перенос схем и формул, предложенных в 1938 году, с незначительными уточнениями в действующие технические нормативные правовые акты по проектированию дорог автомобильных и улиц не разрешает конфликта между элементами сложной социально-детерминированной биомеханической функциональной системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения». Конфликт обусловлен несоответствием транспортного средства и дорожных условий психофизиологическим возможностям водителя, дорожных условий тяговым и тормозным качествам транспортного средства.

По причине дорожного фактора ежегодно происходит в Японии 48% ДТП, в США – 30%, в Германии – 17%, в Республике Беларусь до 4%. Влияние дорожного фактора на возникновение происшествий в Республике Беларусь объясняется лишь происшествиями, связанными с очевидной неисправностью дороги или дорожных сооружений. Такая оценка влияния дорожных условий на возникновение ДТП не отражает реальности и вредна, поскольку вызывает безразличный подход к участию в борьбе за повышение безопасности дорожного движения, снижению количества и тяжести ДТП на всех уровнях деятельности по управлению аварийностью и безопасностью дорожного движения.

Аварийность на улично-дорожной сети Республики Беларусь, несмотря на общие и конкретные мероприятия по повышению безопасности дорожного движения, принимаемые на государственном, ведомственном, инженерном и водительском уровне, остается стабильно высокой. Это указывает на то, что недостаточно уделяется внимания профилактической деятельности по предупреждению ДТП дорожными организациями, органами уголовного преследования и правосудия при расследовании и рассмотрении уголовных дел, связанных с ДТП, и дорожными органами.

## Анализ подходов и норм проектирования закругления дороги

Субарова М.В., Снежко А.В., Селюков Д.Д.

Белорусский национальный технический университет

Первые упоминания в России о субъективном подходе нормирования радиуса закругления дороги в 34,4 м относятся к 1881 году, о чем регламентировано в первых правилах «О производстве изысканий и составлении проектов подъездных дорог». Этот подход просуществовал до 1939 года.

Начало технического подхода нормирования радиуса закругления автомобильной дороги в России относится к 1938 году вначале в работе Г.Д. Дубелира, а затем А.В. Макарова. Технический подход нормирования радиуса кривой в плане и предложенные ими формулы применяли в НИТУ 128-55, СНИП-Д 5-62, СНИП-Д 5-72, СНИП 2.05.02-85 и применяют до настоящего времени:

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i_n)} \text{ и } R = \frac{V^2}{127(\varphi + i_n)},$$

где  $V$  – скорость движения, км/ч;  $\mu$  – коэффициент поперечной силы;  $i_n$  – уклон виража;  $\varphi$  – коэффициент сцепления в поперечном направлении. Эти формулы не учитывают силу тяги транспортного средства, продольный уклон дороги, сдвигающие и удерживающие силы, действующие в зоне контакта шины с опорной поверхностью. Нормативный радиус закругления дороги за ряд лет приведен в таблице.

Нормы		Основной $i_B, \%$	Скорость движения, км/ч				
			60	80	100	120	140
			Радиус кривой в плане, м				
СССР,ТУ,1939		60,40,30	150	250	400	600	-
Республика Беларусь	ТКП 45 - 3.03 – 19 - 2006	30	510	800	800	800	1240
		40	480	750	750	750	1150
		50	450	700	700	700	1060

Авторы системотехнического и антропоцентрического подхода нормирования радиуса кривой в плане не приводят формул и шкалы радиусов закругления от скорости движения. Техническое решение системно-функционально-деятельностного подхода нормирования радиуса кривой в плане защищено патентом №12295 Республики Беларусь в 2009 году. На основании анализа подходов и норм проектирования закругления автомобильной дороги установили существование субъективного, технического, системно-технического, антропоцентрического и системно-функционально-деятельностного подхода, но в действующем нормативном документе применен технический подход.

## Поэтапное светофорное регулирование перекрестков

Кривко В.В., Ремез Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Перекрестки являются местом не только пересечения транспортных потоков, но и пешеходных. В большинстве случаев без перекрестков мы обойтись не можем. При этом пешеходные потоки самым непосредственным образом влияют на пропускную способность перекрестка. В результате очень часто возникают конфликтные ситуации, последствием которых становится травматизм пешеходов.

Степень конфликтности можно существенно снизить, если пешеходные потоки будут гораздо меньше мешать транспортным средствам. Наиболее радикальным методом является разделение пешеходных и транспортных потоков в пространстве, т.е. строительство подземных и надземных пешеходных переходов, но это дорогостоящий путь, а зачастую и не всегда осуществимый. Менее затратным и наиболее быстрым может стать путь изменения регулирования перекрестков за счет отнесения пешеходных потоков на определенные расстояния.

Отнесенные пешеходные переходы могут существенно повысить пропускную способность перекрестков за счет предоставления возможности поворачивающим транспортным средствам не занимать перекресток, а располагаться на отнесенном направлении, не препятствуя движению транспортных средств в прямом направлении через перекресток.

В случае отнесения пешеходных переходов от перекрестка может потребоваться установка дополнительных светофоров для правильного регулирования движения транспортного потока и сохранения должного уровня безопасности дорожного движения.

Если требуется значительное смещение пешеходного перехода от перекрестка, то чтобы увеличение расстояния между светофорами не сказалось на безопасности движения, устанавливаются дополнительные разгонные светофоры. Расположенные по ходу движения они будут чуть раньше разгонять транспортный поток и подводить его к основным светофорам с разрешающим сигналом уже на определенной скорости, что дает возможность пропуска большего количества автомобилей через перекресток за счет ускоренного потока.

К положительным особенностям данного типа регулирования движения на перекрестках следует отнести то, что при совместном использовании с другими способами увеличения пропускной способности перекрестков, его применение дает ощутимый положительный эффект.

**Перспективные методы борьбы с зимней скользкостью**

Рутковская В.А., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Основным недостатком сухой соли, применяемой для борьбы с зимней скользкостью, является её низкая эффективность, так как большая часть её уносится ветром и колёсами транспортных средств до момента начала её вступления в реакцию со льдом на поверхности проезжей части.

При профилактической обработке покрытия для предотвращения образования скользкости на проезжей части более целесообразно использовать влажную соль. Под влажной подразумевают соль, смоченную перед распределением любым жидким раствором, но наибольший эффект даёт водный раствор хлористого кальция.

Более длительное действие влажной соли объясняется адгезионными силами между частицами соли, находящимися в растворе, и выступами шероховатости дорожного покрытия. Чем большее время сохраняется раствор, тем выше продолжительность действия влажной соли. Практика показывает, что продолжительность действия влажной соли достигает 12 часов.

Одним из положительных моментов в использовании влажной соли является её мгновенное растапливающее действие. На сухом покрытии частицам соли всегда необходимо определённое время для поглощения влаги, чтобы мог образоваться солевой раствор с низкой температурой замерзания. При низкой относительной влажности воздуха и отсутствии влаги на покрытии процесс таяния при использовании сухой соли может даже не начаться.

При использовании влажной соли образуется достаточное количество растворяющей жидкости, поэтому процесс таяния начинается сразу же после появления соли на кристаллах льда, что предотвращает рассеивание соли с дорожного покрытия колёсами проходящих автомобилей.

Для приготовления влажной соли непосредственно на автомобильно-транспортном предприятии необходимы следующие устройства: ёмкость с раствором хлористого кальция, бункер сухой соли (хлористый натрий) с дозирующим устройством в соответствии с нормами распределения, насос для подачи раствора, автоматическое устройство для увлажнения сухой соли.

Использование влажной соли незначительно усложняет технологию обработки дорожных покрытий противогололедными материалами, но существенно снижает расход соли и увеличивает эффективность борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах.

## Методы предупреждения образования зимней скользкости

Нарыжнов П.В., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

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 автомобиля с дорожным покрытием (фрикционный, химико-фрикционный);

– удаление с покрытия образовавшегося ледяного или снежного слоя (химический, механический, тепловой);

– предотвращение образования снежно-ледяного слоя или ослабление его сцепления с дорожным покрытием (физико-химический, гидрофобизация).

Мероприятия этой группы направлены на предупреждение образования и профилактики зимней скользкости и включают гидрофобизацию поверхности проезжей части или введение в верхний слой дорожного покрытия химических веществ, например, хлоридов.

Гидрофобизация заключается в нанесении водоотталкивающих веществ на поверхность автомобильной дороги. Лед вообще не образуется или образуется в виде отдельных капелек. Сцепление такого льда с дорожным покрытием в 3–4 раза меньше чем на гидрофильной поверхности.

Физико-химический метод заключается в придании поверхности покрытия гидрофобных свойств путем введения в состав материала соответствующих химических веществ и делится на два направления.

Первое направление основано на введении добавок, изготавливаемых на основе хлористого кальция или натрия, водорастворимого шлака и других веществ, уменьшающих адгезию. Второе направление основано на придании верхнему слою упругих свойств. В этом случае лед образовавшийся на поверхности быстро разрушается под воздействием проходящих автомобилей и происходит самоочистка покрытия.

В работе рассмотрен ряд вопросов, связанных с предотвращением образования снежно-ледяного слоя на покрытии, дана оценка целесообразности использования этого метода в зависимости от различных факторов (климатические факторы, интенсивность движения, срок службы), проведено технико-экономическое обоснование применяемых методов предупреждения зимней скользкости.

Рассмотрены вопросы оценки влияния противогололедных материалов на окружающую среду.

## Разработка бизнес-плана

Мазаник И.Г., Боярина Д.А., Григорович Д.П.  
Белорусский национальный технический университет

Бизнес-план в мировой практике сегодня - это ставшее стандартным средство делового общения в современном бизнесе. В мировой практике бизнес-план является устоявшейся структурой, формой и средством подачи деловой информации руководству, деловому партнеру или инвестору для изучения и принятия решения.

Важнейшим инструментом организации коммерческой деятельности малого предприятия в условиях рыночной экономики является бизнес-план, который представляет собой основу для оценки перспективности вновь создаваемых предприятий или намеченных новых проектов развития бизнеса данными предприятиями.

Финансовое обоснование инвестиционных проектов в соответствии с обусловленными требованиями является обязательным условием соискателей инвестиций из государственного бюджета, коммерческих банков и других потенциальных инвесторов.

В бизнес-плане:

- сформулированы предмет, основные цели, стратегии, направления и географические регионы хозяйственной деятельности;
- определены ценовая политика, емкость и структура рынка, условия осуществления поставок и закупок, транспортировки, страхования и переработки товаров, факторы, влияющие на рост/снижение доходов и расходов по группе товаров и услуг, являющихся предметом деятельности предприятия;
- рассмотрена структура организации работы предприятия;
- разрабатывается оптимальное распределение обязанностей;
- формируются мероприятия по заинтересованности работников в результатах;
- определяются и описываются конкретные мероприятия, обеспечивающие достижение основных параметров развития организации и видов деятельности
- определяется система мер контроля.

Задача каждого дорожно-строительного предприятия разработать бизнес-план таким образом, чтобы с его помощью анализировать проблемы, с которыми предприятие может столкнуться и определять способы решения данных проблем. Бизнес-план отвечает на самый главный вопрос – стоит ли вкладывать денежные средства в проект и какой доход это принесёт.

## Система стимулирования на предприятии

Апанович Е.В., Бекиш Д.В., Мазаник И.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время среди основополагающих методов управления персоналом все большее значение придается стимулированию труда работников, что связано с развитием рыночных отношений в Республике Беларусь и, как следствие, с необходимостью пересмотра существующих методов и форм хозяйствования.

Мотивация представляет собой важнейшую функцию менеджмента, заключающуюся в активизации, стимулировании, управлении и реализации целенаправленного поведения людей по достижению собственных целей и целей предприятия.

Залогом успеха любого предприятия является выбор и реализация наиболее близкой для его сферы деятельности системы формирования мотивационных механизмов. Все чаще с этой целью руководители предприятий обращаются к зарубежному опыту, выделяя три основные модели мотивации и стимулирования труда: американскую, японскую и западноевропейскую. Так, например, на некоторых американских предприятиях повышение заработной платы ставится в зависимость не столько от выработки, сколько от повышения квалификации работника и количества освоенных специальностей. Характерными чертами японской модели являются: система пожизненного найма, кадровая ротация, обучение на рабочем месте, формирующие мощную мотивационную среду. Интересной особенностью является также то, что в кризисных ситуациях, как правило, в первую очередь снижаются оклады руководителей разного уровня и главы компании, в то время как заработки рабочих увеличиваются. Эффективные методы стимулирования труда применяются и в западноевропейских странах. В Германии на некоторых промышленных предприятиях заключается договор, по которому работник имеет право распоряжаться своим рабочим временем по личному усмотрению, обязуясь при этом с максимальной отдачей использовать свой потенциал. В Англии и Франции система материального стимулирования ориентируется на фактическую квалификацию работника, а не на указанную в дипломе. Некоторые элементы зарубежных моделей стимулирования труда уже широко используются на белорусских предприятиях и не раз доказали свою эффективность. Поэтому следует и в дальнейшем совершенствовать методы мотивации труда, учитывая при этом возможность их реализации в условиях нашей экономики и менталитета общества.

## Платные автомобильные дороги

Соболь И.П., Ковалёв Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

Любой заказчик хочет, чтобы груз был доставлен быстро, с минимальным количеством перегрузов и, чтобы себестоимость перевозки была минимальна, а для этого партия груза должна быть максимальной – излишние загрузки, как следствие – разрушение дорожного полотна. Бюджеты государств должны обеспечить своевременный ремонт старых и строительство новых юргов. Поэтому в настоящее время обсужаются различные источники дополнительного финансирования.

Интенсивность движения - это главный фактор, определяющий эффективность создания платной автомобильной дороги. Чем выше интенсивность, тем больше доходы.

Установлено, что только маршруты, имеющие интенсивность движения больше 10000 авт./сутки могут покрывать общие расходы на перевод дороги в платную. Срок окупаемости дороги с такой интенсивностью около 15 лет.

Существуют три системы платных дорог: открытая (со сборочными пунктами, перекрывающими основное движение), закрытая (сбор при въезде / выезде) и полностью электронная система (отсутствие сборочных пунктов, только электронный сбор на въезде / выезде, с помощью транспондера, устанавливаемого в автомобиль; денежный сбор проводится без какой-либо остановки и снижения скорости автомобиля).

В основе формирования стоимости проезда лежит следующий главный принцип: размер платы за проезд должен быть меньше стоимости тех выгод, которые получает пользователь платной дороги, с учётом экономической обоснованности платы за проезд. Установлено, что уменьшение пошлины не ведет к значительному увеличению интенсивности движения, а попытки увеличения размера пошлины, не всегда вызывают уменьшение интенсивности движения.

К примеру, в странах Европы функционирует более 100 компаний (более 23 тыс. километров платных дорог), и в 2006 году доходы от их эксплуатации составили: в Италии – 4071, Франции – 6407, Испании – 1677, Португалии – 640 (млн. евро). Социологические опросы показывают, что большинство водителей готовы платить за проезд на участках, имеющих повышенный уровень удобства и безопасности движения, позволяющие выбирать оптимальный скоростной режим, а значит, экономить время и снижать эксплуатационные затраты.



**Технология проведения обследования автомобильных дорог  
с использованием GPS-приёмников TRIMBLE**

Соболь И.П., Вишняков Н.В.

Белорусский национальный технический университет

К разбивочным работам при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог относятся работы по переносу на местность элементов автомобильной дороги и искусственных сооружений на ней в соответствии с проектными данными. Методы разбивочных работ должны обеспечивать требуемую точность, надежность, простоту использования и максимальную производительность.

Высокая точность координат достигается за счет применения дифференциального метода, исключающего ошибки, обусловленные распространениями радиоволн в ионосфере, тропосфере, неточностью эфемеридной информации и других.

Преимущества GPS-приёмников TRIMBLE:

- обеспечение максимальной точности и надежности при работе с GPS. Технология Trimble R-Track™ имеет возможности приема сигналов ГЛОНАСС. ГЛОНАСС увеличивает количество видимых спутников, позволяя выполнять измерения в сложных условиях;

- благодаря мощному RTK процессору, инициализация съемки выполняется еще быстрее, повышая производительность работы. Также снижается время простоев, вызванных необходимостью повторной инициализации при потере захвата спутников;

- увеличение дальности действия по сравнению со стандартным радиомодемом (на расстояния до 30 км и более от пункта с известными координатами);

- не требуется разрешения радиочастотного центра, получение которого связано с определенными трудностями;

- снижение требования к обеспечению сохранности при закладке реперов, служащих для последующего выноса в натуру;

- в месте положения выносимой точки, определяемому по плану, больше не требуется определять две вспомогательные точки с помощью GPS-измерений, и затем, после обработки результатов спутниковых измерений, проводить вынос с помощью вспомогательных точек (такая методика трудоемка и требует затрат времени на спутниковые наблюдения и пост-обработку). При использовании RTK GPS-технологии таких вспомогательных точек не требуется, и производится вынос в натуру непосредственно точки по проектным координатам в реальном времени.

## Особенности развития пластических деформаций мостового полотна

Куца М.В., Веренько В.А.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день в Республике Беларусь не существует методик по расчету дорожных одежд мостового полотна, в том числе на сдвигоустойчивость.

С целью решения сложившейся ситуации в данной работе проведено исследование, направленное на разработку методологического подхода к вопросу расчета дорожных одежд, работающих в составе мостового полотна, на сдвигоустойчивость.

При проведении исследований устойчивости рассматриваемых систем к образованию пластических деформаций была разработана принципиальная методика возможного проведения расчетов на сдвигоустойчивость. Данная методика учитывает специфические особенности работы дорожно-строительных материалов в составе мостовых сооружений.

Предварительные расчеты экспериментальных конструкций установили прямую зависимость корректировки требований к применяемым материалам, в зависимости от характеристик пролетного строения мостового сооружения.

Модель дорожной одежды для произведения расчетов была создана в системе аналитического проектирования MSC.PATRAN. Задача статики в нелинейной постановке была решена посредством пакета конечно-элементного анализа MSC.MARC.

Результаты исследований свидетельствуют об очень существенном влиянии прогиба пролетного строения мостового сооружения на напряженное состояние асфальтобетонных слоев покрытия ездового полотна.

Касательные и сжимающие напряжения имеют выраженную тенденцию к возрастанию с увеличением прогиба пролетного строения. Указанные зависимости справедливы как для первого, так и для второго слоя покрытия ездового полотна. Растягивающие напряжения также имеют тенденцию к возрастанию с увеличением прогиба, однако данная зависимость наиболее характерна для верхнего слоя покрытия, в нижнем она менее выражена.

Если анализировать граничные значения полученных результатов, то изменение прогиба пролетного строения в 7,6 раз (от 0,7 мм в варианте до 5,3 мм в варианте) привело к изменению касательных напряжений в среднем в 6,5 раз, растягивающих – в 7 раз, сжимающих – в 5 раз.

## Конструкционные мероприятия повышения надежности дорожных одежд

Груцан Е.В., Веренько В.А.

Белорусский национальный технический университет

Схема расположения слоев дорожной одежды и свойства материалов данных слоев при расчетной высокой температуре оказывают влияние на величину напряжений и деформаций, а следовательно и на кинетику накопления пластических деформаций.

Конструкционные особенности связаны в первую очередь с несовпадением точек максимума касательных напряжений ( $\tau$ ) с максимумом нормальных напряжений ( $\sigma$ ), действующих в одной плоскости, а наибольшая разница ( $\tau - \sigma \cdot \text{tg}\varphi$ ) может наблюдаться в различных частях дорожной конструкции в зависимости от соотношения свойств материалов конструктивных слоев.

Факторы, оказывающие влияние на устойчивость дорожных асфальтобетонных покрытий при воздействии транспортных нагрузок в совокупности с высокой температурой:

1. Толщина верхнего слоя ( $h_1$ );
2. Соотношение свойств материалов слоев ( $E_{t1}/E_{t2}$ );
3. Сцепление между слоями.

Установлено, что увеличение жесткости основания положительно сказывается на устойчивости к колеобразованию материала покрытия.

Для традиционных дорожных одежд (жесткость покрытия выше жесткости нижнего слоя) требования к сдвигоустойчивости покрытия больше, чем к нижнему слою, т.е. слой покрытия должен быть прочнее.

Однако, если соотношение жесткостей покрытия и нижнего слоя составляет менее 1,5 (характерно для ЩМСц и литых смесей) наоборот сдвигающая прочность материала нижнего слоя должна быть выше. В результате выполненных исследований разработаны новые сдвигоустойчивые конструкции дорожного покрытия:

Конструкция № 1

$E_{t1} < E_{t2}$

Верхний слой: а/бетон на битуме

БНД 90/130

Нижний слой: битум БНД 60/90

$h_1 = 2-5$  см;  $h_2 = 6-10$  см.

Конструкция № 2

$E_{t1} > E_{t2} < E_{t3}$

Верхний слой: а/бетон на битуме

БНД 60/90

Второй слой: битум БНД 90/130

Третий слой: битум БНД 60/90

$h_1 = 4-6$  см;  $h_2 = 3-6$  см;  $h_3 = 4-10$  см

## Методика проверки на прочность монолитных слоев дорожных одежд загородных дорог

Ткаченко А.А., Адашкевич В.И.

Белорусский национальный технический университет

В широком смысле, контроль качества строительства начинается в США задолго до собственно строительства. Во-первых, существующая система лицензирования инженеров автоматически допускает к инженерному руководству проектированием и строительством только людей, имеющих необходимую подготовку и осведомленных о мере ответственности за свою работу. Во-вторых, система аккредитации лабораторий, сертификации их персонала и калибровки оборудования обеспечивает наличие специалистов, осуществляющих контроль качества, и нужных для этого приборов. Наконец, для контроля одного и того же показателя, как правило, используют несколько методов и приборов, обеспечивая конкуренцию между разработчиками, а тем самым - постоянное совершенствование этих приборов и методов.

Часто выбор метода проектирования состава асфальтобетонной смеси зависит от заказчика. Например, в Калифорнии, как правило, используют метод Ф. Хвима (Francis Hveem), разработанный в этом штате. Ряд штатов, а также заказчики аэродромных покрытий предпочитают метод Б. Маршалла (Bruce Marshall), а в большинстве штатов сейчас переходят на проектирование состава асфальтобетонной смеси по новой системе Суперпав. Это справедливо и для методов проектирования состава цементобетонной смеси.

В состоянии проверки находятся новые установки для определения толщины слоев и их механических характеристик при обследовании и контроле качества дорожных одежд. Принято различать два понятия: контроль качества (QC - quality control) и гарантия (поддержка) качества (QA - quality assurance). Как известно, под контролем качества понимают постоянную или периодическую инспекцию на каждой стадии производства от сырьевых материалов (горной породы, нефти и т.д.) до конечного продукта - например, асфальтобетонного покрытия. Под гарантией (или поддержкой) качества (QA) в США понимают планируемые систематические действия, направленные на обеспечение стандартного уровня лабораторного контроля качества. Эти действия в основном сводятся к аккредитации лабораторий и сертификации технических работников, осуществляющих контроль качества. Порядок их проведения определяет Федеральная Дорожная Администрация.

## Усиление дорожных одежд

Аксеневич К.Ю., Адашкевич В.И.

Белорусский национальный технический университет

Цементобетонные дорожные покрытия в Беларуси имеют небольшую протяженность, однако могут быть востребованы шире, поскольку асфальтобетонное покрытие служит на пределе возможности и в перспективе перестанет удовлетворять нормативным требованиям по прочности.

Государственной программой «Дороги Беларуси 2006 — 2015 гг.» предусматривается повышение несущей способности дорог до 11,5т на ось на маршрутах международных транспортных коридоров. В недалекой перспективе дорожные одежды должны будут устойчиво воспринимать осевые нагрузки 13 т на ось и более, что потребует существенного усиления дорожных одежд и реконструкции участков с низкой несущей способностью.

Варианты выхода из сложившейся ситуации следующие:

1) разборка (фрезерование) старых асфальтобетонных покрытий и применение полученного асфальтогранулята для расклиновки щебеночных оснований. Увеличение модуля упругости слоя щебеночных оснований дорожных одежд при расклиновке их асфальтогранулятом повышает коэффициент запаса прочности дорожной одежды не менее, чем в 1,2 раза по сравнению с исходным, что позволяет принимать нагрузку не менее 11,5т на ось.

2) применение комбинированных оснований, в которых на слой старого асфальтобетонного покрытия укладывается арматура из геосеток или георешеток, или после старой дорожной одежды армирующие прослойки укладываются под слой щебеночного основания. Армирование основания геосетками позволяет перераспределять возникающие от действия автотранспортной нагрузки напряжения на большую площадь, что способствует стабильной работе дорожной одежды.

3) использование в качестве основания старого асфальтобетонного покрытия при устройстве покрытия дорожной одежды из цементобетона.

Использование материалов, укрепленных органическими вяжущими, для устройства слоев дорожных одежд в Беларуси, не обладающей запасами нефти, является экономически затратным мероприятием.

Анализ путей решения данной проблемы, предпринимаемых в том числе и в различных странах Европы, показывает, что оптимальным является возвращение к дорожным одеждам жесткого типа — цементобетонным покрытиям.

## Средства борьбы с шумом в населенных пунктах

Сибирцев Д.А., Шохалевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее очевидным способом уменьшения шума автомобильного транспорта является снижение интенсивности движения в результате смещения транспортного потока. Можно добиться весьма существенного снижения шума путем создания объездных путей, специально рассчитанных на значительную интенсивность движения и ослабления напряженности транспортной сети, пронизывающей жилые кварталы.

На снижение шума автомобильного транспорта также направлено ограничение числа тяжелых грузовых автомобилей в транспортном потоке.

Одним из способов борьбы с шумом является устройство акустического барьера. Он имеет форму вертикальной стенки, хотя широкое применение получили и иные формы. Барьер должен, если это возможно, полностью скрывать ограждаемый участок дороги, исключая видимость этого участка из окон защищаемых зданий или различных точек защищаемого пространства.

Для того чтобы уменьшить уровень шума, важно рассмотреть на стадии проектирования пересечения дорог организацию движения потока автомобилей с целью минимизации числа ускорений и замедлений автомобилей.

Важным, с точки зрения ограничения шума, является и строение самого дорожного покрытия; образовано ли оно битуминизированным материалом со случайным рисунком строения, или покрытие бетонное, с доминирующей поперечной структурой.

При планировании дороги необходимо обеспечить как можно большее расстояние между источником шума и участком, наиболее чувствительным к шуму; рациональное размещение мест деятельности человека, совместимых с некоторым воздействием шума, таких, как стоянки автомобилей, открытые пространства, сооружения и устройства хозяйственного назначения; использование архитектурно-строительных форм и зеленых насаждений в качестве барьеров для экранирования районов, чувствительных к воздействию шума.

Наиболее кардинальной мерой борьбы с транспортным шумом и создания в городах (по крайней мере, в крупнейших) нормальной экологической обстановки считается строительство подземных, хорошо вентилируемых транспортных магистралей, требующих больших капиталовложений.

Гурбан О.В., Киселевич В.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Аварийность на нерегулируемых пешеходных переходах имеет свои закономерности, которые связаны с множеством факторов, в первую очередь, с видимостью, однозначностью приоритета, логичностью решений, информацией, временем для принятия решений и т.д.

Главной причиной повышенной аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах является ненадлежащая организация движения пешеходов, в целом, и организация движения на нерегулируемых пешеходных переходах, в частности. Считается, что нерегулируемый пешеходный переход – это объект, для которого вполне достаточно установить на подходящих опорах соответствующие дорожные знаки и, в отдельных случаях, нанести дорожную разметку. Как следствие, основными техническими причинами аварийности является недостаточная видимость, особенно боковая, недостаточная освещенность в темное время суток, неудачное расположение на местности, недостаточное обустройство, неправильный выбор типа регулирования и нечеткость приоритета, а основной социальной причиной является ненадлежащая ментальность участников движения.

Для того, чтобы участки конфликта могли безопасно взаимодействовать между собой, они должны заранее видеть друг друга и знать ближайшие намерения друг друга. Для этого на всех пешеходных переходах должна быть обеспечена видимость в направлении движения транспорта и боковая видимость в пределах от трех до пяти секунд – минимальный треугольник видимости не должен быть меньше 40м\*8м.

Особое внимание следует уделить приоритету в конфликте транспорт-пешеход на нерегулируемых пешеходных переходах. Как известно, транспорт мгновенно остановить нельзя и для остановки со скорости 60 км/ч, например, легкового автомобиля в идеальных условиях с учетом минимального времени реакции (0,6 с), необходимо 4,5 с и 45,8 м – при влажном асфальтобетонном покрытии, и 3,5 с и 37,6 м – при сухом. Иными словами, чтобы водитель мог остановиться перед пешеходным переходом, ему необходимо определенное время – т.н. «переходной интервал» – и определенное расстояние – минимум 37,6-45,8 м, которое он проезжает при экстренном торможении в переходном интервале.

Таким образом, подтверждается целесообразность применения искусственных неровностей и шумовой горизонтальной дорожной разметки на подходах к нерегулируемым пешеходным переходам.

**Анализ оценки организационно-экономического развития  
вспомогательного производства**

Солодкая М.Г., Мять Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

В силу специфики дорожно-строительного производства, удаленности объектов производства работ от поставщиков материальных ресурсов, а также технологических особенностей выполнения ряда работ основного производства в составе дорожных организаций образуются вспомогательные производства. В целях увеличения объема работ и выпуска материалов, повышения эффективности внутрихозяйственного расчета они могут объединяться и выделяться на отдельный баланс со статусом структурного подразделения.

Немалую роль в совершенствовании производственной деятельности вспомогательных производств предприятий в дорожном хозяйстве играет применение современных методов экономико-математического моделирования для определения оптимальных размеров и производственных связей.

Большое значение имеет и выбор системы показателей, по которым следует планировать и оценивать организационно-экономическое развитие вспомогательного производства.

Система показателей должна отражать специфику вспомогательного производства, его взаимоувязку с основным производством.

Эти и некоторые другие показатели мы будем использовать для анализа и оценки путей развития вспомогательных производств.

Совершенствование деятельности подразделений вспомогательных производств прямо или косвенно влияет на конечные результаты основного производства.

Под конечным экономическим результатом деятельности вспомогательного производства подразумевается совокупное изменение затрат производственных ресурсов, возникающих как следствие функционирования вспомогательных производств за определенный период.

В практической деятельности при оценке вспомогательных производств под конечным результатом понимают, как правило, рост эффективности.

По нашему мнению, если деятельность вспомогательных подразделений не сопровождается ростом эффективности основного производства, то не следует считать эффективной и работу вспомогательного производства.



Ляхнович Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

В условиях модернизации белорусской экономики, важнейшая роль принадлежит инновационной составляющей. Инновационные идеи обеспечивают прямую экономию финансовых ресурсов, снижающих предпринимательские риски.

Особое место в организации инновационного процесса занимает франчайзинговая деятельность.

Привлекательность строительного франчайзинга для начинающих фирм состоит в том, что он дает возможность предприятию минимизировать свои затраты на внедрение новых технологий и строительных материалов, воспользовавшись готовыми и проверенными на практике решениями фирмы-франчайзера. Работа под маркой известной компании дает возможность быстро и успешного старта в новой области строительных технологий.

Применение франчайзинга на строительном рынке имеет свои особенности. Во-первых, строительство домов и сооружений имеет массовый потребительский спрос. Во-вторых, на строительных предприятиях, уже зарекомендовавших себя, сформирована и используется система ведения коммерческой деятельности. Логистические и маркетинговые методы, которые они применяют, имеют определенную специфику и доказали на практике свою эффективность. Прибыль, которая будет получена в результате взаимной деятельности франчайзи и франчайзера, должна быть больше, чем, если бы они работали автономно. Это и является целью новых бизнес-технологий. Оба партнера должны не только вернуть первоначальные затраты капитала и текущие расходы, но и получить существенные доходы.

Если компания построена по модели франчайзинга, партнерские отношения будут выстраиваться на корпоративном уровне, что намного выгоднее и эффективнее, чем сотрудничество с посторонними фирмами. Благодаря таким подходам становится возможным сократить расходы, конечную стоимость готового продукта, тем самым сделав его популярным и пользующимся массовым спросом. В строительной отрасли этой формой бизнеса могут заниматься либо крупные архитектурно-строительные фирмы, либо фирмы, изготовители строительных материалов.

\* Работа выполнена под руководством Солодкой М.Г.

## Организация учета амортизации основных средств\*

Алимкина А.С., Афанасьева И.В.

Белорусский национальный технический университет

Основные фонды – это главный инструмент, позволяющий предприятию осуществлять и расширять свою деятельность, совершая многократные обороты оборотных средств.

Оптимальное использование основных производственных фондов влияет на уровень всех технико-экономических показателей предприятия.

Для обеспечения экономического роста неотъемлемым является грамотное ведение учетной амортизационной политики. Выбор правильной и рациональной учетной политики начисления амортизации способствует минимизации налогов и ускорению процесса обновления парка машин и механизмов.

Предприятие может получить различные финансовые результаты из-за использования разных методов начисления амортизации.

На примере Дорожно-строительного управления №43 были исследованы особенности организации учета амортизации основных средств в дорожном хозяйстве на современном этапе.

Учитывая род деятельности предприятия, ДСУ-43 использует сезонные основные средства, следовательно, расчет амортизации по этим объектам начисляется на период непосредственного использования объектов основных средств в предпринимательской деятельности.

Предприятие должно использовать приемы, способы и все предоставленные законом льготы с целью максимального снижения налоговых обязательств и получения чистой прибыли, т.е. получить оптимальный результат без нарушения закона, заплатить минимально возможный уровень налогов, но при этом не нарушить закон.

Данные бухгалтерского учета являются исходной позицией для формирования налогового, финансового и управленческого учета. Поэтому ДСУ № 43 нуждается в проведении комплексной автоматизации учетных процессов в организации.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы: учетная амортизационная политика предприятия, разработанная руководителями экономических служб, обладающих высоким уровнем профессиональной подготовки, позволит устранить недоработки действующей инструкции и адаптировать ее для применения на рассматриваемом предприятии.

\* Работа выполнена под руководством Солодкой М.Г.

**Проблематика транспортного сообщения современного города**

Куприянчик А.А., Шадуя Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Взрывной рост автомобилизации населения и неспособность транспортных систем городов справляться с потоками автотранспорта порождает противоречие между требованиями принятых стандартов качества жизни и объективными характеристиками существующего городского пространства.

В результате урбанизации с каждым годом увеличивается население больших городов и мегаполисов. Чем больше население города, тем выше автомобилизация.

Основной транспортной проблемой мегаполисов являются заторы на дорогах, в народе – просто пробки. Из-за пробок ежедневно миллионы людей теряют часы своего времени, которое можно было бы потратить на работу или отдых.

В Минске эта проблема одна из самых острых.

Пути решения этой проблемы заключаются в создании транспортных развязок, расширении главных улиц города и в строительстве новых, так называемых «дублеров» главных транспортных магистралей.

Уменьшению заторов на улицах города также может способствовать решение еще одной транспортной проблемы современных больших городов – это увеличение парковочных мест. В Минске обеспеченность стояночными местами для автомобилей составляет менее 50% от существующей потребности. Одним из путей разрешения этой проблемы может служить устройство подземных парковок. Позитивно то, что практически все новые жилые массивы и офисные центры должны строить свои парковки под землей, что уменьшает количество заторов на периферии.

Хорошее решение транспортной проблемы – отказ от использования части автомобилей, хотя бы от наиболее широкогабаритных. Власти Китая и Индии заставляют своих граждан использовать велосипеды, если место работы находится недалеко от дома. В развитых странах таких установок нет, но велосипедный транспорт активно рекламируется и поддерживается государством. В нашей стране велосипедное движение в последние годы начало весьма развиваться. Построен минский велобан протяженностью 27 км. И хоть с немецким велобаном длиной в 1111 километров нашу трассу не сравнить, тем не менее начало положено. Проблемы очень актуальны в нашей столице, и необходимо искать решения и идти на компромиссы, как властям, так и населению.

## Автомобильные дороги как инфраструктура рыночной экономики

Куприянчик А.А., Толкачев А.И.

Белорусский национальный технический университет

Актуальность темы определяется процессами коренной трансформации отечественной экономической системы, в целом, и формированием рыночной инфраструктуры, в строении которой автомобильные дороги являются важнейшим составным элементом, представляющим материальную инфраструктурную сеть современной экономики.

С политэкономических позиций проблеме развития автомобильных дорог до сих пор не уделялось достаточного внимания, хотя необходимость изучения роли и места дорожной сети в общественном воспроизводстве и в социально-рыночной экономической системе очевидна.

В настоящее время предпринята попытка теоретически обосновать возможные направления развития и повышения эффективности функционирования сети автомобильных дорог, призванных удовлетворить потребности общества и государства в дорожных услугах, то есть в необходимых транспортных связях и в их высоких потребительских свойствах.

За последнее время проблемы трансформации транспортной инфраструктуры находят свое освещение в специальной литературе и периодических изданиях, в работах ученых и практиков.

Однако до настоящего времени накопленный теоретический материал и опыт развития транспортной инфраструктуры в переходной рыночной экономике в качестве самостоятельного объекта научного исследования не представлен в полном комплексе проблем.

Анализ отдельных аспектов предмета исследования в специальной литературе освещен лишь фрагментарно, что не позволяет получить целостного представления о методологических основах и тенденциях развития сети автомобильных дорог с учетом реформирования народного хозяйства.

Общественный процесс производства, рассматриваемый в постоянной связи и непрерывном потоке своего возобновления, представляет собой процесс воспроизводства, материальным выражением которого является совокупный общественный продукт. В свою очередь совокупный общественный продукт обеспечивает непрерывность воспроизводства по фазам: производство, распределение, обмен и потребление.

Производство и потребление – конечные звенья этой цепи, обуславливающие друг друга.

## Влияние дорожных неровностей на разрушение автомобилей и дороги

Солодка М.Г., Ковалев Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

По своим эксплуатационным качествам автомобильные дороги общего пользования должны полностью соответствовать требованиям автомобильного транспорта.

Пополнение автомобильного парка новыми, более совершенствованными моделями автомобилей, увеличение их грузоподъемности в значительной мере ускоряет разрушение автомобильных дорог. Все это приводит к необходимости повышения их транспортно-эксплуатационного уровня, одним из параметров которого является ровность.

Повышение эффективности эксплуатации автомобилей напрямую зависит от улучшения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги, что увеличивает средние технические скорости движения. С ростом скоростей движения увеличивается производительность автомобилей, снижается стоимость перевозок, высвобождается значительная часть подвижного состава и рабочей силы.

Величина рациональной скорости и фактическая стоимость перевозок зависят от совокупности различных факторов, обуславливающих работу автомобилей, осуществляющих перевозки. Большое влияние оказывают конструкторские особенности подвижного состава и транспортно-эксплуатационное состояние автомобильной дороги. Эффективная работа автомобилей (затраты топлива, скорости, время доставки груза) зависит от степени реализации технических возможностей, заложенных в их конструкции, при прочих оптимальных затратах перевозочного процесса.

Организация перевозок с применением рекомендуемых рациональных скоростных параметров, соответствующих требуемым показателям ровности дороги, позволяет снизить, с одной стороны – стоимость перевозок, а с другой – увеличить срок службы дороги и автомобиля.

Выбор рациональной технической скорости движения автомобилей по конкретной дороге производится в соответствии с требованиями ТКП 45-3.03-19, с учетом фактической ровности автомобильной дороги и технической характеристики грузовых автомобилей.

Применив математический метод статистической проверки параметрических гипотез, получены средние рациональные скорости движения грузовых автомобилей на участках дорог с различным индексом ровности.

## Существующие подходы проектирования и нормирования элементов транспортной развязки

Вишняков Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Ввиду того, что нормы и методы проектирования транспортных развязок основаны на данных о составе потока и интенсивностях движения 60-х годов XX века, опыт проектирования в условиях плотных транспортных потоков недостаточен и малоизучен. В нормативной литературе рекомендации даны в основном для невысоких интенсивностей движения и состава потока с большой долей грузовых автомобилей, вследствие чего в современных условиях происходит ошибочная оценка пропускной способности пересечений. Использование опыта зарубежных стран требует адаптации к нашим дорожным условиям и составу транспортного потока.

В связи с этим возникает необходимость разработки новых современных научных методик и проверки имеющихся теоретических и практических решений (в том числе и зарубежных) на основе изучения реальных режимов движения.

Пропускная способность пересечений является сложным показателем, зависящим от скорости движения, распределения автомобилей по длине дороги, состояния покрытия, размеров геометрических элементов, состояния и типа автомобиля и т.п. Степень влияния всех этих факторов может быть установлена только путем проведения наблюдений за режимом движения автомобилей на дорогах.

Преобладающее большинство развязок построены по проектам, которые составлены по принципу формального соответствия основных геометрических параметров ограниченным и несовершенным требованиям действующих проектных норм без должного функционального анализа проектных решений. Несоответствие современных дорожных условий (состав, интенсивности и скорости движения транспортных потоков) и существующих старых транспортных развязок запроектированных и построенных более 50 лет назад (МКАД, годы постройки 1956-1963) показывает все слабые стороны чисто геометрического проектирования, которое приводит к принятию неправильных решений. Примером могут быть некоторые участки пересечения городских магистралей и МКАД в часы «пик» (ул. Казинца, Кижеватова, Притыцкого, Логойский тракт, Скорины и др.), где большая часть проблем с движением обусловлены наличием устаревших развязок или отсутствием современных развязок, обладающих высокой пропускной способностью.

## Современные подходы к проектированию переходных кривых на автомобильных дорогах

Ремез Н.И., Горский А.Ю., Кажуро С.М.

Белорусский национальный технический университет

Зависимость безопасности криволинейного движения от большого числа факторов обуславливает необходимость уточнения не только норм минимальных радиусов, но и поиска комплексных решений, снижающих риски закруглений в сложных дорожных условиях. В идеале закономерности внутренней и внешней гармонии зрительно плавных трасс должны информировать водителей об изменении дорожных условий, а параметры плана, продольного и поперечного профиля дорог должны быть согласованы с проектируемыми режимами движения и инициировать их.

Анализ и сравнение свойств переходных кривых должны быть основаны на оценке объективных, теоретически и практически обоснованных критериев соответствия той или другой переходной кривой ее функциональному назначению. При этом, если в качестве критерия принята обеспечиваемая на кривой скорость нарастания центробежного ускорения  $j$  или постоянство угловой скорости поворота передних колес автомобиля  $\omega$  при постоянной скорости движения, то более предпочтительной оказывается клотоида.

Однако на практике достаточно часты случаи, когда требуемое постоянство скорости движения  $V$  не обеспечивается. Например, либо в реально сложившихся условиях движения перед кривыми с малыми и близкими к предельно допустимым радиусами, на участках с ограниченной видимостью или на участках с существенными продольными уклонами и т.д., либо на участках, где проектируется замедленный или ускоренный режим движения. Например, на подходах к участкам со скоростью меньшей, чем расчетная скорость движения на основной дороге, или на переходных кривых соединительных ответвлений транспортных развязок. В этих условиях клотоиды резко теряют свои преимущества, а для выбора альтернативы необходимо исходить, прежде всего, из соответствия графика кривизны альтернативных кривых наиболее вероятным или проектируемым режимам движения.

К сожалению, несмотря на обилие различных кривых, ни одна из них не имеет строгого математического обоснования соответствия ее формы и характера изменения кривизны наперед заданным условиям движения, описываемым в терминах скорости, ускорений или замедлений, скорости нарастания центробежного ускорения, коэффициента поперечной силы и уклона проезжей части.

# **Строительство автомобильных дорог**



## Анализ существующих способов устройства поверхностной обработки в условиях Республики Беларусь

Вербило И.Н., Маковец Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Все слои устраиваемые с целью ремонта и защиты покрытий от климатических и эксплуатационных воздействий называют защитными. Эти слои улучшают эксплуатационные характеристики покрытия – изоляцию от погодно-климатического воздействия, износостойкость, шероховатость и сцепные свойства. По толщине укладываемые слои можно разделить на пленочные, сверхтонкие и тонкие. Для устройства, как уже отмечалось, применяются различные технологии и способы устройства.

Наиболее распространенный – это поверхностная обработка. Применяется в Республике всеми эксплуатационными организациями. По стоимости устройства она является самой дешевой и не требует применения дорогостоящего оборудования, машин и механизмов. Основные недостатки ПО является длительный период формирования защитного слоя на начальном этапе эксплуатации дорожного покрытия (примерно 1 месяц) и зависимость от климатических условий. Остальные методы обеспечивают достаточно высокое качество защитного слоя. Однако применение их в масштабах Республики сдерживается недостаточным финансированием отрасли и высокой стоимостью приборов, оборудования и механизмов применяемых для их внедрения в производство.

Классическая поверхностная обработка объединяет ряд защитных слоев, устраиваемых чередующимися слоями вяжущего и щебня. Особенностью таких слоев является то, что вяжущее и щебень (обработанный и необработанный вяжущим) никогда не перемешивается и не используется в виде смеси. Толщина их слоев обычно составляет 2-4 см. Устраивают их из фракционированного щебня, размер зерен которого не превышает 25-30 см. В качестве вяжущих применяют органические вяжущие – дорожные битумы различной вязкости и модификаций. Особое внимание необходимо уделять предварительному розливу жидкого битума. Эта операция изменяет твердость асфальтобетонного покрытия, которое должно быть пластичным чтобы щебень не “утонул” в нем полностью.

Таким образом, наиболее перспективным способом устройства защитного слоя покрытия является традиционная ПО который применяется всеми эксплуатационными дорожными организациями.

## Основные требования к поверхностной обработке дорожных покрытий

Вербилу И.Н., Маковец Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Работа дорожных покрытий в условиях Республики Беларусь отмечается крайне тяжелыми условиями эксплуатации, как со стороны воздействия погодно-климатических факторов, так и транспортных нагрузок.

Влага, которая выпадает в виде дожде или снега отрицательно воздействует на покрытие, уменьшает его прочностные показатели и расширяет структуру верхнего слоя асфальтобетона. Воздействие транспортной нагрузки на покрытие вызывают истирание и износ поверхности дорожного покрытия. Напряжения возникают от воздействия транспортных нагрузок как вертикальных так и горизонтальных имеют максимальные значения на контакте колеса и покрытия. Величина напряжений зависит от величины расчетной нагрузки. Увеличение нагрузки на ось автомобиля требует повышать показатели прочности минерального материала из которого сделано покрытие, чтобы обеспечить устойчивость покрытия данным явлением устраиваются защитные слои, которые выполняют функции слоев износа, гидроизоляционные и конриков шероховатости. Слои износа строят одновременно с покрытием или укладывают на готовые или заканчивающие сроки службы покрытия. Их толщина рассчитывается на срок службы. После уменьшения толщины покрытия за счет износа на расчетную глубину их возобновляют. Эти слои должны обладать требуемыми свойствами. Слои защитные объединяет общие для них способы производства: поверхностная обработка, наплавливание щебня, укладка слоя готовой смеси, мембранная технология и другие. Рассмотренные условия покрытий в Республике Беларусь позволяют выделить основные требования к защитному слою исходным дорожно-строительным материалам:

Метод устройства защитного слоя и слоя износа должен обеспечить одновременную износостойкость, водонепроницаемость, морозостойкость высокий коэффициент сцепления.

После устройства защитного слоя, дорожное покрытие должно эксплуатироваться без ограничений расчетными параметрами. Каменный материал должен быть прочным, морозостойким.

Эти показатели должны быть однородными с низким коэффициентом вариации. Вяжущее должно обладать высокими адгезионными свойствами!

## К вопросу об усталостной повреждаемости дорожных бетонов из эмульсионно-минеральных смесей

Вавилов П.В.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Наряду с актуальной задачей по созданию оптимальных составов эмульсионно-минеральных смесей (далее – ЭМС), которая непосредственно связана с рациональной методикой подбора их состава и методами испытаний и оценки механических и реологических свойств, существует необходимость прогнозирования эксплуатационной надежности и долговечности этих смесей в дорожной конструкции.

В этом смысле обращает на себя внимание методика оценки усталостных свойств, использование которой, предположительно, позволит учесть особенности формирования дорожных бетонов из ЭМС. Ее суть заключается в определении степени повреждаемости образцов из ЭМС при испытании по схеме циклического одноосного сжатия в соответствии с ДМД 02191.2.042–2010.

Испытания на усталостную повреждаемость образцов дорожных бетонов из ЭМС выполнялись после стабилизации их свойств, оцениваемой изменению динамического модуля, определяемого прибором ИПМ-1А. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Состав	ЭМСЦг П-10	ЭМСЦг П-10 (к)	ЭМСЦг I-10	ЭМСЦг I-10 (и)	ЭМСЦг П-20	ЭМСЦг П-20 (д)
Прогнозируемая усталостная повреждаемость, %	7,682	7,131	6,042	5,380	7,099	6,835
(к) – добавка на основе диоксида кремния в количестве 2%; (и) – добавка гашеной извести в количестве 5%; (д) – добавка на основе извести в количестве 2%.						

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют, что при наличии благоприятного периода времени, позволяющего слою из ЭМС сформироваться в полной мере, ЭМС в качестве верхнего слоя покрытия в соответствии с ДМД 02191.2.042–2010 могут применяться на дорогах IV категории и ниже, что в целом согласуется с действующими требованиями ТКП 306-2011.

При разработке методики оценки усталостной долговечности ЭМС, безусловно, необходимо будет учесть эволюционную природу этого материала. Но использование данной методики как заключительного этапа проектирования состава ЭМС позволит обоснованно назначать область применения, необходимость введения добавок и тем самым в полной мере реализовать потенциал ЭМС.

## Герметизирующий материал для устройства эластичных деформационных швов

Бусел А.В. \*, Наумовец А.Н.

БелИСА\*, Государственное предприятие «БелдорНИИ»

**Проблематика.** В данной работе предложен метод, предотвращающий появление дефектов, возникающих на ранних стадиях эксплуатации эластичных деформационных швов на магистральных автомобильных дорогах под воздействием внешних факторов.

**Цель работы.** Разработать конструкцию щебеночно-мастичного деформационного шва с повышенной устойчивостью к воздействию температуры и интенсивной транспортной нагрузки.

**Объект исследования.** Герметизирующий материал деформационного шва.

**Использованные методики.** Анализ физико-механических и реологических свойств герметизирующего материала. Оптимизация компонентного состава заполнителя деформационного шва.

**Научная новизна.** Для улучшения физико-механических и реологических свойств герметизирующего материала предложено дисперсное армирование битумно-эластомерной мастики стекловолокном белорусского производства.

Полученные научные результаты и выводы. Согласно проведенным испытаниям у полученного композиционного материала по сравнению с традиционной битумно-эластомерной мастикой, увеличивается теплоустойчивость на  $(10 - 15) ^\circ\text{C}$ , повышается прочность сцепления с цементобетонным основанием на  $(0,15 - 0,20)$  МПа, после искусственного старения не теряются упругие свойства. Полученный композит одновременно обладает высокими показателями сопротивления текучести при положительных температурах и относительного удлинения при растяжении при отрицательной температуре, он имеет высокую стойкость к циклическим деформациям при отрицательной температуре.

**Практическое применение полученных результатов.** На автомобильной дороге М1/Е30 был устроен щебеночно-мастичный деформационный шов с применением армирующего материала. Обследование состояния устроенного деформационного шва показало, что видимые дефекты и деформации отсутствуют.

Данное техническое решение для повышения устойчивости деформационных швов на мостах и путепроводах имеет хорошие перспективы для освоения в практике дорожного строительства.

## Применение торфа в качестве стабилизирующей добавки в асфальтобетоне

Будниченко С.С., Васильева Е.И.

Белорусский национальный технический университет

При устройстве покрытий дорог с высокой грузонапряженностью находит все более широкое применение щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). В его состав включают стабилизирующие добавки на основе целлюлозы для повышения толщины битумных пленок.

В качестве стабилизирующей добавки в настоящее время применяют импортное целлюлозное волокно: «TECHNOCEL», «ANTROCEL-P» или гранулы на его основе.

Проанализировав литературные источники, было выдвинуто предложение возможности использования торфа в качестве отечественной стабилизирующей добавки в асфальтобетон, а именно верховых видов торфа с малой степенью разложения. 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). Из исследований Института природопользования Национальной Академии наук Беларуси известно, что торф хорошо структурирует высокомолекулярные углеводороды.

Проведенные исследования свидетельствуют, что образцы асфальтовяжущего с торфяной стабилизирующей добавкой разрушаются при более высоких скоростях сдвига и обладают более высоким значением вязкости, чем образцы на импортном целлюлозном волокне. Также наибольшим значением вязкости, определяющим граничное напряжение, которое соответствует предельному разрушению структуры, обладает образец, содержащий в своем составе торфяную стабилизирующую добавку. Анализ физико-механических свойств ЩМС с торфяной стабилизирующей добавкой показал полное соответствие таким же показателям ЩМС с использованием импортной стабилизирующей добавки.

Экономический эффект при производстве асфальтобетонных смесей с использованием торфа в качестве стабилизирующей добавки достигается за счет снижения себестоимости приготовления асфальтобетонных смесей.

Учитывая возможность замены импортных стабилизирующих добавок, отечественными добавками на основе торфа, следует ожидать уменьшения затрат на производство асфальтобетона и экономию валютных средств.

## Современные технологии строительства и ремонта автомобильных дорог

Шестаков И.А., Лис А.И., Бородич А.А.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы интенсивность движения и нагрузки на дороги и улицы резко возросли. Перед дорожной отраслью Республики Беларусь стояла и стоит задача строить и реконструировать автомобильные дороги различных технических категорий и повышать транспортно-эксплуатационные показатели существующих автомобильных дорог Республики Беларусь.

Для реализации данных задач необходимо внедрять современные технологии. Приобретение и использование технологий должно быть экономически и технически обоснованным для применения в республике.

Целью данной работы является обзор современных технологий «прижившихся» при строительстве новых и повышении срока службы существующих автомобильных дорог Республики Беларусь за последние 10 лет.

Проанализированы следующие технологии:

- 1) Применение щебеночно-мастичного асфальтобетона в дорожном строительстве;
- 2) Регенерация асфальтобетона и бетонного лома;
- 3) Ремонт цемента – бетонных покрытий с помощью виброрезонансного разрушения бетона;
- 4) Применение асфальтобетона повышенной деформационной устойчивости с добавлением модификатора «Дюрафлекс» в минеральную часть асфальтобетонных для повышения сдвигоустойчивости и долговечности асфальтобетонных покрытий улиц г. Минска;
- 5) Ресайклер холодным способом для стабилизации грунтовых улиц и старых асфальтобетонных покрытий с последующим использованием в качестве оснований;
- 6) Технологии усиления асфальтобетонных покрытий и слабых оснований геосетками;
- 7) Устройство тонкослойных асфальтобетонных покрытий, выполняемых по технологии «Новачип».

Использование современных технологий в дорожной отрасли необходимо и полностью оправданно и позволяет повысить уровень транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, снизит стоимость дорожных работ.

## Улучшение сцепления цементобетона с органическим материалом

Бабаскин Ю.Г

Белорусский национальный технический университет

При реконструкции автомобильных дорог с жестким покрытием применяют асфальтобетонные смеси. Цементобетон и асфальтобетон это два термодинамически несовместимых материала. В связи с этим встает задача создания праймера- это поверхностно-активного вещества с высокими адгезионными свойствами, обеспечивающего надежный и долговечный контакт между этими материалами.

В битумах выделяют три основные группы: асфальтены, смолы, масла. Асфальтены участвуют в образовании высокомолекулярных соединений. Смолы служат сырьем для образования асфальтенов и, обладая хорошей растворимостью в углеводородах, обеспечивают стабильность системы асфальтены-смолы-масла. Масла являются дисперсной средой битума, их растворяющая способность определяется соотношением парафино-нафтеновых и ароматических углеводородов. Таким образом, битум имеет в своем составе разнообразные полярные вещества, являющиеся носителями многочисленных функциональных групп.

Поверхность цементобетона можно отнести к полярному материалу, т.к. он характеризуется наличием кремний-кислородного каркаса. Поверхность бетона насыщена силальными группами, которые образуются при адсорбции воды на поверхности минеральных частиц.

Одним из вариантов повышения адгезии органического материала к цементобетону может быть увеличение полярности основного компонента. Если увеличить в составе битума содержание карбоксильных групп, вступающих в химическое взаимодействие с катионами тяжелых и щелочноземельных, которые находятся в поверхностном слое цементобетона, то адгезия повышается.

Механизм действия поверхностно-активных веществ определяется следующими факторами: ориентированной адсорбцией соединений ПАВ гидрофобной частью в сторону битума, а полярной в сторону минерального материала; взаимодействием полярной части с поверхностно-активными центрами или ионами минеральных частиц с образованием нерастворимых соединений. Поверхностно-активное вещество, вследствие своей высокой активности, обусловленной наличием поверхностного натяжения, способствует усилению адгезионной прочности.

## Обоснование режима уплотнения земляного полотна автомобильной дороги с учетом условий строительства

Верило И.Н., Зубелевич Э.Ч.

Белорусский национальный технический университет

Выбор режима уплотнения земляного полотна – это выбор оптимальных условий необходимых для доведения плотности грунта земляного полотна до требуемой.

Согласно существующим нормативным документам (ТКП 45-3.03-19-006 (02250) “Автомобильные дороги. Нормы проектирования”) в насыпи выделяют три зоны:

До 1,5 метра (сверху насыпи); от 1,5 до 6 метров; более 6 метров;

Согласно анализу наибольшая плотность должна создаваться в первой и третьей зоне. Во второй зоне требования к плотности могут быть снижены на 10 – 20 процентов по сравнению с первой зоной.

Из вышеизложенного следует, что при возведении земляного полотна требования к плотности и режиму уплотнения должны учитывать грунтовые условия, зону отсыпки насыпи и вид уплотняющей машины.

Методика определения режима уплотнения земляного полотна следующая:

Выполняется анализ грунтовых условий и выделяются характерные грунты участка дороги;

Для каждого участка устанавливается способ доведения грунта до оптимальной влажности;

Производится выбор уплотняющей машины. Определяется толщина уплотняемого слоя и количество проходов катка по одному следу (по расчёту);

Сравниваются расчётные показатели с нормативным документом (ТКП 313-2011(02191) “Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила устройства”) и принятие рекомендуемых значений;

Выполняется пробное уплотнение и составляется акт (приложение М ТКП 313-2011(02191));

Выбирается схема уплотнения (ТКП 313-2011(02191));

Если в процессе строительства меняются условия (вид уплотняющей техники, вид грунта) то необходимо уточнять режим уплотнения.

Таким образом, данный подход к выбору режима уплотнения позволяет обеспечить прочность и устойчивость земляного полотна и достигнуть рационального использования дорожно-строительной техники, что ведёт к значительной экономии горюче – смазочных материалов.



## Устройство асфальтобетонных слоев дорожного покрытия по технологии «КОМПАКТ-АСФАЛЬТ»

Дубенчук М.Н., Куприянич А.А., Бобкова Л.В.  
Белорусский национальный технический университет

При традиционной технологии устройства асфальтобетонного покрытия, требующей двух отдельных проходов асфальтоукладчиков для устройства выравнивающего и верхнего слоев, дорожники сталкиваются со следующими недостатками технологии:

- недостаточная устойчивость к деформациям и сдвигам;
- недостаточно надежное сцепление выравнивающего и верхнего слоев;
- недостаточная степень уплотнения из-за быстрого остывания асфальтобетонных смесей.

Все это в итоге негативно сказывается на качестве дорожного полотна, приводит к образованию колеиности, ям, выбоин и трещин.

Повреждения и деформации чаще всего наблюдаются в верхнем и нижнем слоях асфальтобетонного покрытия. Чтобы избежать этого необходимо повысить степень уплотнения и уменьшить толщину верхнего слоя из материала, который имеет высокое содержание вяжущего.

В работе проведено технико-экономическое сравнение вариантов устройства асфальтобетонных слоев дорожного покрытия отечественными и широкозахватными укладчиками, а также укладчиками по технологии «Компакт-асфальт».

Компакт-асфальт (Compactasphalt) – прогрессивная технология устройства асфальтобетонного покрытия, которая позволяет: получить покрытие значительно долговечнее обычного; добиться высокой устойчивости к деформациям за счет уменьшения толщины верхнего слоя без ущерба качеству; сократить срок выполнения работ до 2-х раз; добиться надежного сцепления слоев за счет их взаимопроникновения при одновременной укладке и уплотнении; существенно сократить затраты на строительство; устраивать слои при низких температурах без потери качества.

Результаты технико-экономического обоснования показывают перспективность применения рассматриваемой технологии. В России данная технология получает все большее распространение. Отмеченные достоинства технологии делают ее перспективной и для условий Республики Беларусь, особенно в свете одного из главных преимуществ для нашей страны – возможность производство работ при низких температурах без потери качества устраиваемого покрытия.

## Прогноз усталостной повреждаемости асфальтобетона при испытании его в режиме контролируемой деформации

Кравченко С.Е., Сафонов М.Д.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее достоверным методом изучения сопротивления материалов циклическому упруго-пластическому деформированию является испытание при постоянных амплитудах деформации – жесткое нагружение.

Образец, изготовленный из асфальтобетона в форме параллелепипеда, подвергается кинематическому воздействию – периодически изгибается с фиксированным заданным прогибом. На каждом цикле испытания фиксируется значение силы, требуемой для обеспечения заданного прогиба образца.

Анализ диаграммы  $F - \Delta l$ , полученной для каждого цикла испытания образца показывает, что при нагружении образца в пределах одного цикла зависимость между силой  $F$  и деформацией  $\Delta l$  имеет четко выраженный нелинейный характер. Это подтверждает, что в образце происходят пластические деформации  $\Delta l_p$ . Разгрузка образца происходит по близкому к линейному закону – часть деформации исчезает.

При этом следует отметить, что накопленные пластические деформации образца включают две составляющих деформации – пластические деформации, вызванные нагружением в рассматриваемом цикле, и деформации, связанные с повреждением образца за счет предыдущих циклов. Таким образом, в расчете принимается схема, когда часть пластических деформаций, появившихся в предыдущих циклах, переходит в повреждения образца, снижающие сопротивление образца к разрыву.

Как показали результаты испытаний и расчеты по программе ROTOR, с каждым последующим циклом граничное напряжение  $\sigma_{gr}$  уменьшается. Это происходит потому, что с каждым очередным циклом испытания в части образца, имеющей пластические деформации, происходит разрушение какой-то доли этой части. Поэтому граничное напряжение не является истинно пределом текучести  $\sigma_u$ , а лишь приведенной величиной, отражающей сам предел текучести и размер части образца, получившей повреждение.

Таким образом, имея закон изменения граничного напряжения  $\sigma_{gr}$ , можно дать оценку накопления повреждений образца по мере увеличения количества циклов.

**Коррозионная стойкость пористых асфальтобетонов**

Тимофеев С.А.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Проведенные ранее исследования показали, что пористые асфальтобетоны с рационально подобранным зерновым составом и оптимальным содержанием битума обладают прочностными характеристиками сопоставимыми с плотными асфальтобетонами первой марки, в частности высоким значением предела прочности при сдвиге. Особенно высоким значением предела прочности при сдвиге (до 4,5 МПа) обладали составы с модифицирующими добавками.

Это позволяет предположить возможность использования пористых асфальтобетонов в верхних слоях покрытий автомобильных дорог для устранения колеобразования.

Однако, наряду с высокой прочностью, асфальтобетон должен обладать коррозионной устойчивостью (водо- и морозостойкостью) - устойчивостью его структуры в условиях изменяющегося влажностного и температурного режимов. Пористые асфальтобетоны за счет высокого содержания открытых пор (до 12%) особенно подвержены воздействию агрессивной среды, поэтому применение составов асфальтобетонов, более устойчивых против атмосферной коррозии, является одним из важнейших факторов, способствующих удлинению сроков службы покрытий.

Повышения коррозионной стойкости пористых асфальтобетонов можно достичь путем снижения показателя остаточной пористости, а так же за счет использования модифицирующих добавок. В качестве модифицирующих добавок использовались резиновая крошка марки «Модус» белорусского производства и швейцарская добавка «tecRoad».

В результате исследований установлено:

1. использование в составе пористого асфальтобетона резиновой крошки марки «Модус» в количестве 1 % от массы минеральной части ведет к увеличению водостойкости на 33 %, а коррозионной стойкости на 12% по сравнению с исходным составом.

2. использование в составе пористого асфальтобетона добавки «tecRoad» в количестве 1 % от массы минеральной части ведет к увеличению водостойкости на 16 %, а коррозионной стойкости на 25% по сравнению с исходным составом.

В дальнейших исследованиях будут рассмотрены вопросы повышения коррозионной стойкости пористого асфальтобетона за счет снижения показателя его остаточной пористости путем рационального подбора зернового состава и оптимального содержания битума.

## Реологические характеристики пористых асфальтобетонов и способы их повышения

Тимофеев С.А.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Под воздействием возрастающих транспортных нагрузок и факторов окружающей среды срок службы асфальтобетонных покрытий недостаточно высок. Одной из причин снижения долговечности асфальтобетонных покрытий является низкая сопротивляемость усталостному разрушению нижних слоев покрытий автомобильных дорог. На сегодняшний день наиболее распространенным материалом для устройства нижних слоев покрытий автомобильных дорог является пористый асфальтобетон, который плохо работает на растяжение при сдвиге. Это является причиной зарождения в этих слоях первоначальных очагов разрушения, вызывающих преждевременное разрушение дорожной одежды в целом.

В связи с этим основной целью проектирования составов пористого асфальтобетона является создание оптимальной структуры с заранее заданными свойствами, которые позволили бы обеспечить требуемые характеристики и долговечность устраиваемого дорожного покрытия. Трещиностойкость асфальтобетонных покрытий во многом зависит от реологических и прочностных свойств асфальтобетона. Основной задачей повышения трещиностойкости пористых асфальтобетонов является снижение жесткости этих асфальтобетонов при отрицательных температурах при сохранении деформационной устойчивости при высоких положительных температурах.

Одним из способов улучшения реологических свойств пористых асфальтобетонов является применение в их составе модифицирующих добавок. В качестве модифицирующих добавок использовались резиновая крошка марки «Модус» белорусского производства и швейцарская добавка «tecRoad».

В результате исследований установлено:

1. использование в составе пористого асфальтобетона резиновой крошки марки «Модус» в количестве 1 % от массы минеральной части ведет к снижению жесткости при отрицательных температурах на 30-35 % и снижению этого показателя на 10-15 % при положительной температуре.
2. использование в составе пористого асфальтобетона добавки «tecRoad» в количестве 1 % от массы минеральной части ведет к снижению жесткости при отрицательной температуре на 15-20 % и увеличению этого показателя на 10-15 % при положительной температуре.

## Улучшение битумов комплексными модифицирующими добавками

Веренько В.А., Лира С.В.

Белорусский национальный технический университет

В условиях постоянного роста интенсивности движения, нагрузок на ось проблема повышения эксплуатационной надежности дорожных битумов в покрытиях в нашей стране приобретает все большую остроту. Это обуславливает необходимость не только корректировки нормативных требований к физико-механическим свойствам товарных дорожных битумов отечественного производства, но и разработки, внедрения в практику дорожного строительства на основе битумов улучшенного качества новых материалов, способных обеспечивать более высокую прочность, долговечность дорожных покрытий, по сравнению с потенциальными возможностями нефтяных битумов. Изучением вопроса оптимизации свойств битума посредством их модификации занимаются ученые всего мира. За прошедшие годы накоплен богатейший багаж знаний, основывающийся не только на результатах научных исследований, но и на практическом опыте использования модифицированных битумов, в том числе и в дорожном строительстве. Установлено, что экономически эффективными модификаторами свойств нефтяных битумов являются те, которые доступны и недороги.

В настоящее время все более широко применяются многокомпонентные полимерные композиции для модификации вязких дорожных битумов, в том числе и добавки на основе вторичных полимерных компонентов. Наибольшее применение в качестве компонентов полимерных добавок нашли каучуки различной структуры и свойств, а также полиолефины и их производные. Это позволяло снизить стоимость модификации, а также оптимизировать особенности влияния полимеров одновременно на комплекс показателей конечного продукта. Разработка современных отечественных многокомпонентных полимерных композиций для модификации дорожных битумов, одна из первоочередных и актуальных задач. Применение такого рода добавок позволит исключить или уменьшить применение импортных полимерных компонентов для модификации битумов, расширить номенклатуру производимых асфальтобетонных смесей и повысить их как деформационную устойчивость при высоких летних температурах, так и трещиностойкость при низких зимних, что обеспечит требуемые показатели их надежности и долговечности, при этом решается проблема ресурсосбережения.

## Асфальтобетон повышенной деформационной устойчивости с применением асфальтогранулята

Веренько В.А., Афанасенко А.А.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы в Минске освоено производство асфальтобетонных смесей повышенной деформационной устойчивости, позволяющих повысить надежность и долговечность дорожных покрытий. При производстве этих смесей отработанный асфальтобетон может быть применен особенно эффективно, так как позволяет снизить количество не только щебня, песка, битума, но и дорогостоящей полимерной добавки.

Для подтверждения теоретических предпосылок были проведены лабораторные испытания асфальтогранулята с определением ряда прочностных и деформационных характеристик. Общий анализ полученных результатов позволил сделать вывод о пригодности применения теории надежности для определения свойств асфальтогранулята, которые наибольшим образом влияют на свойства конечного продукта - новой асфальтобетонной смеси повышенной деформационной устойчивости.

В ходе выполнения исследовательской работы удалось установить два наиболее важных показателя асфальтогранулята, это общий уровень надежности и коэффициент вариации свойств определенный по критерию прочности на сжатие при 20 °С, что дало возможность разработать общую классификацию асфальтогранулятов, а также установить граничные условия применения данного материала в различных марках и типах новых асфальтобетонных смесей.

Принимая во внимание тот факт, что асфальтогранулят будет использоваться при производстве новых асфальтобетонных смесей повышенной деформационной устойчивости, а его свойства будут непосредственно влиять на свойства нового материала, дополнительно к классификации по СТБ 1705 предлагается ввести разграничение асфальтогранулята по наиболее важным характеристикам его свойств. Для производства асфальтобетонных смесей первой марки следует использовать асфальтогранулят с общим уровнем надежности от 0,95 и коэффициентом вариации от 0 до 15 %; для производства асфальтобетонных смесей второй марки с общим уровнем надежности в пределах от 0,9 до 0,95 и коэффициентом вариации от 15% до 25 %; для производства асфальтобетонных смесей третьей марки с общим уровнем надежности в пределах от 0,8 до 0,9 и коэффициентом вариации от 25 до 100 %.

## **Влияние температурной сегрегации асфальтобетонных смесей на качество дорожных покрытий**

Бобкова Л.В., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Увеличение интенсивности движения и осевой нагрузки транспортных средств вызвали необходимость повышения качества дорожного покрытия и прежде всего за счет обеспечения однородной прочности его поверхности, т.е. устранения эффекта «ямочности». Данный эффект возникает в результате температурной сегрегации в асфальтобетонной смеси. Температурная сегрегация приводит к снижению однородности асфальтобетонной смеси и появлению недоуплотненных участков покрытия, т.к. попадая в бункер асфальтоукладчика смесь укладывается с образованием «холодных» пятен на покрытии, с которых и начинается процесс разрушения асфальтобетонного покрытия.

Наиболее интенсивно сегрегация асфальтобетонной смеси проявляется на этапе транспортировки смеси от АБЗ к месту укладки ее в покрытие.

Температурная сегрегация зависит от ряда факторов: состава и температуры смеси; характера погрузки смеси в автосамосвал; температуры окружающего воздуха; количества перевозимой смеси; времени от загрузки на заводе до выгрузки ее в приемный бункер асфальтоукладчика. В последние годы выполнен ряд работ, которые позволили установить зависимости влияния перечисленных факторов на температурную сегрегацию асфальтобетонных смесей.

При транспортировке смеси возникают большие теплопотери в верхней и боковых частях кузова, которые зависят от дальности транспортировки и могут достигать до  $90^{\circ}\text{C}$ . Асфальтоукладчик не в состоянии устранить это явление. В результате этого плотность асфальтобетона в покрытии может составлять в разных точках от 2,35 до  $2,44\text{г/см}^3$ , что приводит к повышению водонасыщения, снижению прочности и сдвигустойчивости, а в конечном итоге долговечности асфальтобетонного покрытия.

В последние годы наметилась тенденция использования перегружателей при устройстве асфальтобетонных покрытий, что позволяет значительно уменьшить температурную сегрегацию асфальтобетонной смеси.

Решение задач по улучшению температурной однородности асфальтобетонных смесей в процессе доставки и укладки их в покрытие будет способствовать повышению качества асфальтобетонных покрытий.

## **Прогноз усталостной повреждаемости асфальтобетона при испытании его в режиме контролируемого напряжения**

Кравченко С.Е., Зубарь М.В.

Белорусский национальный технический университет

Опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий показывает, что существующая гамма нормативных требований к составляющим асфальтобетона и к самой смеси не гарантирует расчетного срока службы этих покрытий по причине отсутствия функциональности методов определения показателей свойств материалов, то есть невозможности точного воспроизведения при лабораторных исследованиях реальных условий работы асфальтобетонного покрытия.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что наиболее полно отражающим реальные условия работы материала в условиях воздействия на асфальтобетонное покрытие потока автомобилей может быть усталостная повреждаемость асфальтобетона, определяемая при испытании на динамическую ползучесть циклически сжимающей нагрузкой цилиндрических образцов в условиях режима мягкого нагружения.

Сущность методики основана на учете изменения высоты асфальтобетонного образца под воздействием импульсной нагрузки, действующей параллельно его вертикальной оси при температуре 20 °С с целью получения диаграмм цикловой деформации и зависимости нагрузки от деформации на каждом цикле и последующем анализе соотношения упругой и пластической деформаций, деформации упругого последствия и коэффициентов аппроксимирующих функций для максимальной цикловой деформации и для упругой составляющей деформации образца.

Усталостный ресурс вновь устроенных и эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий может быть оценен соответственно их расчетным и остаточным сроком службы с учетом усталостной повреждаемости асфальтобетона, представляющей собой пластическую (необратимую) деформацией образца, накопленную им за все циклы испытания и определяемую как разность полных деформаций полученных при расчете реологических упруго-вязко-пластической и упруго-вязкой моделей методом минимизации разности площадей опытной и расчетной диаграмм цикловой деформации.



# **Диагностика, содержание и ремонт автомобильных дорог**

## **Использование автоматизированных систем при содержании автомобильных дорог**

Нестерович И.В.  
РУП «Белдорцентр»

В условиях недостаточного финансирования, характерных для дорожного хозяйства в последние годы, использование автоматизированных систем при содержании автомобильных дорог является приоритетной задачей.

Применение автоматизированных систем позволяет оптимизировать принятие инженерных решений в зависимости от имеющихся финансовых средств.

В настоящее время на республиканской сети автомобильных дорог разработаны и функционируют три автоматизированных системы:

1. Система оценки транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог «Ремонт» позволяет выполнять оценку состояния сети автомобильных дорог, определять потребность средств ежегодного финансирования ремонтных для достижения заданного уровня состояния дорожной сети, выполнять прогнозирование изменения состояния дорожной сети при различных уровнях финансирования, вести подготовку проекта программы оптимальных ремонтных мероприятий для всех республиканских дорог при заданном уровне финансирования.

2. Автоматизированная система управления состоянием мостовых сооружений «Белмост» . Система позволяет назначать приоритетные ремонтные мероприятия по мостовым сооружениям.

3. Автоматизированная система управления зимним содержанием позволяет осуществлять ведение базы данных по зимнему содержанию автомобильных дорог с автоматизированным формированием «Паспорта зимнего содержания», автоматизированным формированием «Инженерной подготовке» на уровне ДЭУ с последующим сводным расчетом по автодороге и отрасли, информационным обеспечением по оперативному управлению зимним содержанием, в т.ч. автоматизированного учета и анализа качества работ, ведение отчетной документации, обеспечение прогнозной местной информацией по данным ДИС (до 3 часов), специализированным дорожным прогнозом по участкам дорог (до 36 часов).

**Опыт РУП «Белдорцентр»  
по диагностике автомобильных дорог**

Нестерович И.В.  
РУП «Белдорцентр»

РУП «Белдорцентр» начало выполнять диагностику автомобильных дорог в конце 80-х годов прошлого столетия. Это была диагностика отдельных участков автомобильных дорог с определением ряда параметров, с применением передвижных дорожных лабораторий собственной разработки.

С 1995 года РУП «Белдорцентр» ежегодно выполняет системную диагностику автомобильных дорог на сети республиканских автомобильных дорог, более 15 тыс. км.

Диагностика автомобильных дорог выполняется на «сетевом» уровне. Данная диагностика ведется по ряду параметров, таких как ровность автомобильных дорог, прочность, сцепные качества и дефектность.

С 1998 года при диагностике автомобильных дорог применяются передвижные дорожные лаборатории европейского производства для определения ровности, прочностных качеств, сканирования покрытия с определением дефектности и российского производства для определения сцепных качеств дорожных покрытий.

На основании проведенной диагностики производится оценка состояния сети республиканских автомобильных дорог с формированием планов ремонтных мероприятий, производится оптимизация распределения выделяемых на ремонт финансовых средств исходя из фактического состояния сети дорог.

Разработаны нормативные документы различного уровня, согласно которым ведется управление состоянием сети автомобильных дорог и распределения финансовых средств на ремонты. Выполняется учет интенсивности и состава транспортного потока как непрерывно (365 дней в году) стационарными автоматическими счетчиками, так и выборочно по отдельным условиям и участкам автомобильных дорог автоматическими счетчиками.

В настоящее время, согласно разработанных нормативных документов, ведется объектная диагностика (диагностика проектного уровня). При данной диагностике выполняется детальное обследование участков автомобильных дорог с определением причин снижения транспортно-эксплуатационных показателей.

## Обеспечение функционального назначения автомобильных дорог с учётом краеобраза придорожной полосы

Петкявичене Б., Петкявичюс К.

Вильнюсский технический университет им. Гедеминаса (Литва)

Автомобильные дороги в Литовской республике имеют тенденцию устойчивого развития. Совершенствуется сеть местных дорог, проводятся масштабные работы по повышению эксплуатационных качеств магистральных дорог. Требования к функциональным качествам дорог постоянно возрастают. Они должны обеспечивать безопасное движение транспортных средств, с близкой к допустимой скоростью их движения, при удобной и надёжной перевозке пассажиров и грузов.

Для этой цели дороги должны иметь достаточно ровное дорожное покрытие. Согласно международному показателю ровности IRI их ровность  $Y_{IRI}$  должна составлять  $Y_{IRI} \leq 1,5$  м/км и достаточно прочную дорожную одежду (значение коэффициента прочности дорожной одежды  $K_{пр}$  должно составлять  $K_{пр} \geq 1,0$ ). При этом уровень повреждения дорожного покрытия (Д) должен быть  $D \leq 5\%$  (повреждённой площади покрытия). Указанные условия обеспечивают только 45-50% магистральных дорог, длина которых в Литве составляет 1506 км, остальные государственные дороги, общая длина которых составляет 19761 км, указанных условий не обеспечивают.

Неотложной задачей государства является, в первую очередь, обеспечение удобства движения на всех магистральных и краевых (их длина составляет 4939 км) дорогах страны. При этом необходимо обеспечить надёжное качество придорожного сервиса, в первую очередь, на магистральных дорогах.

В Литве для этой цели возле дорог имеется 348 площадок отдыха и стоянок автомобилей, множество других объектов придорожного сервиса (станции технического обслуживания, АЗС, пункты питания, гостиницы, отели и др.).

Наши исследования показали, что объектов придорожного сервиса на магистральных дорогах вполне хватает, однако не хватает обзорных площадок для осмотра краеобраза (привлекательных ландшафтов и видовых мест) возле дорог. Многие объекты придорожного сервиса размещены прямо рядом с дорогой. Со временем их необходимо было бы переместить на расстояние не меньше 330-350 м от дороги, чтобы обеспечить отдых пассажиров вне зоны существенного загрязнения придорожной полосы. Решением этих проблем могут и должны заняться как дорожные организации Литвы, так и ведомства, занимающиеся туризмом в стране.

## Состояние дорожных асфальтобетонных покрытий и определяющие его факторы

Петкявичюс Э., Петкявичюс Р.

Вильнюсский технический университет им. Гедеминаса (Литва)

Состояние дорожных асфальтобетонных покрытий, определяемое их ровностью и степенью их разрушения Д (выражаемой в %), в основном зависит от условий функционирования этих покрытий и дорожных одежд. Условия функционирования дорожных одежд зависят от условий движения транспортных средств: интенсивности и состава движения, а также (особенно) от осевых нагрузок транспортных средств, от условий местности (уровня грунтовых вод, вида местного грунта, условий увлажнения) и от характеристик материалов слоёв дорожных одежд (прочностных и других свойств (дренирующих, теплоизоляционных и др. свойств нижнего, лежащего на грунте, слоя основания) материалов, степени их уплотнения. толщины слоёв, ровности укладки слоёв и др.), а также от климатических условий местности (длительности периода с отрицательной температурой, количества переходов температуры через отметку 0°C (количества оттепелей и заморозков), длительности периода весенней и осенней распутицы, длительности тёплого (с положительной температурой) периода, количества дней с температурой воздуха +30°C и выше, глубины промерзания грунтов и других факторов – в течение одного года).

На состояние дорожных асфальтобетонных покрытий в Литве и соседних странах указанные условия и факторы влияют по-разному, сказываются в различные периоды года (летом, осенью, зимой и весной), в разное время суток (утром, днём, вечером, ночью), при различных погодных условиях (при солнечной, пасмурной и дождливой погоде). Так как в одно и то же время на покрытие и дорожную одежду влияет несколько различных факторов, то влияние каждого из них в отдельности определить очень сложно.

Состояние дорожных покрытий и одежд со временем ухудшается под общим влиянием всех указанных факторов. Для определения влияния на состояние дорожных асфальтобетонных покрытий отдельных факторов необходимо провести сложные эксперименты. Легче их выполнять в лабораторных условиях. Однако проведённые нами исследования, а также исследования многих других авторов указывают на то, что в современных условиях решающее влияние на состояние дорожных асфальтобетонных покрытий и одежд важнейших автомобильных дорог имеет движение тяжёлых транспортных средств.

**Обеспечение требуемой надёжности нежестких дорожных одежд при применении местных и привозных каменных материалов**

Петкявичюс К., Булявичюс М.

Вильнюсский технический университет им. Гедеминаса (Литва)

Наши исследования показали, что для надёжной работы автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями (в климатических и других местных условиях Литвы) необходимы следующие значения начального коэффициента прочности: для автомагистралей  $K_{np} = 1,5-1,6$ ; для дорог I технической категории  $K_{np} = 1,4-1,5$ ; II категории –  $K_{np} = 1,3-1,4$ ; 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, обычно составляющего не менее 8–10 лет, прочность дорожных одежд (по значению коэффициента прочности  $K_{np}$ ) должна быть не менее: для автомагистралей  $K_{np} = 1,00-1,05$ ; для дорог I технической категории  $K_{np} = 0,95-1,00$ ; II и III категории –  $K_{np} = 0,90-0,95$ ; IV категории –  $K_{np} = 0,85-0,90$ ; V категории –  $K_{np} = 0,80-0,85$ .

Для обеспечения необходимой прочности дорожных одежд необходимо применять минеральные материалы требуемого качества, предназначенные для устройства конструктивных слоёв дорожных одежд. Многочисленные исследования привозного гранитного щебня, убедительно доказали, что его качество в большинстве случаев соответствует предъявляемым требованиям. Наши исследования показали, что добываемый в Литве доломитовый щебень тоже соответствует требованиям нормативных документов. Мы провели параллельные исследования физико-механических показателей (устойчивости, пластичности и остаточной пористости по Маршаллу) мелкозернистого асфальтобетона марки 0/11 S–V, предназначенного для устройства верхних слоёв покрытий автомобильных дорог с интенсивным движением транспортных средств, приготовленного на основе гранитного и доломитового щебня. Значения физико-механических показателей обоих видов асфальтобетона соответствовали требованиям нормативных документов. При этом значения показателей свойств обоих видов асфальтобетона отличались весьма незначительно.

Выполненные нами исследования показали, что применяемый для устройства слоёв дорожных одежд привозной гранитный щебень частично можно заменить местным доломитовым щебнем, особенно при устройстве асфальтобетонных оснований, а доломитовый щебень и доломитовый отсев можно применять при устройстве несвязных слоёв оснований.

**Использование современных геодезических методов  
в практике диагностирования автомобильных дорог и мостов**

Подшивалов В. П.

Белорусский национальный технический университет

Современная транспортная инфраструктура Республики Беларусь должна отвечать Европейским стандартам. Транспортные магистрали должны обеспечивать возможности интенсивного скоростного движения различных транспортных средств. Пересечения транспортных линий как на территориях городов, так и на магистралях, должны быть исполнены на разных уровнях. В связи с интенсивным режимом эксплуатации предъявляются повышенные требования к качеству дорожного покрытия и мониторингу транспортных сооружений и транспортной инфраструктуры в режиме реального времени.

В связи с развитием измерительных и обрабатывающих технологий открываются новые возможности применения современных геодезических методов в обеспечении эксплуатации дорожного хозяйства, в том числе:

- Комплексное формирование информации с применением автоматизированных технологий;
- Новые технологии координирования ;
- Новые технологии топографической съемки;
- Цифровое представление баз данных;
- Транспорт (импорт-экспорт) данных по средствам электронной связи;
- Создание единых баз данных с санкционированным доступом;
- Формирование и представление информации в режиме реального времени;

В настоящее время актуальной задачей является совершенствование автоматизированных систем управления транспортом. Для надлежащего решения этой задачи предъявляются новые требования к геодезической составляющей, среди которых отметим:

- Спутниковые системы позиционирования для мониторинга средств передвижения и загруженности дорожной системы в режиме реального времени;
- Формирование единой координатной основы транспортных систем;
- Создание картографо-геодезической основы ГИС управления транспортом.

## Исследование и применение методов определения прочности дорожных одежд

Лауринавичюс А., Бертулене Л.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Прочность дорожных одежд является основным ее показателем транспортно эксплуатационного состояния. Критериями прочности является прогиб, на основе которого, выполняются все необходимые расчеты прочности. В мировой практике широко используются статический и динамический методы измерения прогиба дорожной одежды. Начиная с 1996 года, Эстония использует для установления прочности покрытий автомобильных дорог дефлектометр (FWD). Профессор А. Авик (Эстония) провел детальный анализ исследований оценки прочности дорожной конструкции с использованием FWD. В Литве также были проведены аналогичные исследования Др. Г. Шяудинисом в работе «Методы определения прочности конструкции нежестких дорожных одежд автомобильных дорог Литовской республики».

В большинстве стран в проектировании и строительстве дорожных одежд определяется модуль статической деформации. Для того, чтобы сравнить результаты статических и динамических испытаний и определить точность измерений, были проведены сравнительные измерения на слоях дорожного покрытия.

Для решения поставленных задач были проведены теоретические и экспериментальные исследования, рассмотрены различные методы определения прочности дорожных одежд, даны предложения по их практическому применению. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований, статического и динамического методов нагружения дорожных одежд предложено оптимальное применение данных методов для оценки прочности каждого слоя основания дорожной одежды.

Нами проведены исследования и выполнены измерения на основе которых была установлена функциональная зависимость между статическим и динамическим методами измерений. Согласно выведенным корреляционным зависимостям выполнен расчет коэффициентов, позволяющих проводить сопоставление результатов измерения полученных статическим и динамическим методами. Практическая значимость полученных результатов заключается в установлении корреляционных зависимостей между статическим и динамическим модулями упругости слоев основания дорожной одежды с определением коэффициентов для упрощения их практического использования.



## Определение уровней безопасности движения на дорогах Литвы государственного значения

Асюнене В., Раткявичюте К., Чигаите Л.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Парламент и Совет Европы в 2008 г. приняли Директиву 2008/96/ЕВ об управлении безопасностью дорог, в которой регламентированы четыре процедуры управления: аудит безопасности дорог, оценка воздействия на безопасность дорог, определение уровня безопасности сети дорог и классификация участков дорог с большой аварийностью.

Основной целью деления сети дорог на гомогенные участки является выявление участков дорог, возможное число дорожно-транспортных происшествий на которых выше, чем на других, а последствия происшествий тяжелее. Практика зарубежных стран свидетельствует о том, что сеть дорог должна быть разделена на гомогенные участки с учетом параметров дороги и интенсивности движения. Для того, чтобы разделить сеть дорог на гомогенные участки, необходимо знать данные о дорожно-транспортных происшествиях, интенсивности транспортных средств, параметрах дороги и окружающей дороге среде (загородная территория/поселок). На основании полученных данных сеть автомобильных дорог Литвы государственного значения, была разделена на 34 гомогенные группы и на 13 254 гомогенных участка. Средняя длина одного гомогенного участка составила 2,31 км. Самой большой группой гомогенных участков дорог является третья, в которую вошли дороги местного и районного значения, а также дороги с гравийным покрытием. Группы и подгруппы перекрестков составлены на основании трех критериев: тип перекрестка, значение дороги (какой дороге принадлежит основная дорога перекрестка) и интенсивность движения на перекрестке. Все перекрестки, находящиеся на дорогах государственного значения, были разделены на 1454 гомогенных участка. После того, как сеть дорог была разделена на гомогенные участки дорог и перекрестков, стало возможным установить уровни безопасности в сети дорог. С этой целью для каждого участка рассчитывался коэффициент аварийности, показывающий число дорожно-транспортных происшествий, приходящееся на 1 млн. автомобилей, проезжающих по одному участку дороги (перекрестку) за год. По среднему коэффициенту аварийности группы участков дорог или перекрестков можно установить уровень безопасности группы в сети дорог, т. е. из общей сети дорог можно выделить самые аварийные группы дорог и перекрестков.

## **Новые правила проектирования автомагистралей и дорог общего пользования в Литовской Республике на основе теории функционального разделения и узнаваемости «Selfexplaining»**

Юрате Виткене, Виргаудас Пуоджюкас  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Исследования в области безопасности движения, проводившиеся в разных странах в последние 20–25 лет, привели к созданию новых, концептуальных подходов к проектированию автомобильных дорог это обстоятельство планируется учитывать в Литовской Республике.

Современное проектирование автомобильных дорог должно обеспечить рациональное размещение в пространстве проектных элементов для безопасного, удобного и экономичного движения грузов и пассажиров. Однако требования современных нормативных документов по проектированию автомобильных дорог в Литовской Республике решению накопившихся проблем не способствуют в достаточной степени.

К 2013 году должны быть утверждены новые правила проектирования автомагистралей и дорог обычного типа. Они будут регламентировать процессы проектирования, строительства, обустройства и подготовки автодорог, а также технических средств по управлению автомобильным движением. Планируется привести литовские документы в соответствие с последними научно-техническими достижениями.

Новые правила (отдельно для автомагистралей и для дорог обычного типа), в первую очередь, описывают требования к определенным элементам дорожной инфраструктуры, касающимся безопасности движения, например, к геометрическим элементам автомобильной дороги и транспортной развязки, дорожному покрытию, разметке, опорам освещения, светоотражательным элементам и т. п.

Как показывает опыт западноевропейских стран и США, улучшение безопасности движения и пропускной способности автомобильных дорог в настоящее время возможно на основе разделения дорог по функциональной принадлежности, т. е. проектирование узнаваемых (Engl. "selfexplaining") дорог.

Приведение требований к техническим категориям автомобильных дорог в соответствие с функцией дороги в составе сети автомобильных дорог должно преследовать основные цели: улучшить безопасность дорожного движения, повысить эффективность дорог и уменьшить ежегодные затраты на содержание и реконструкцию дорог. В таком случае при следующей новой реконструкции не будет необходимости менять основные геометрические элементы дорог.

**Инновации в области содержания и текущего ремонта  
автомобильных дорог**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь имеет развитое дорожное хозяйство. По состоянию на 01.01.2012г. сеть автомобильных дорог достигла 86491 км. Республиканские дороги имеют протяженность 15363 км и местные - 70855км. Дороги с твердым покрытием составляют 74838 км (86,5%); при этом на республиканских дорогах твердые покрытия - 100% и на местных - 83,6%.

Усовершенствованные покрытия на дорожной сети республики имеют протяженность- 47,995 км (55,5%), переходные - 26 859 км (31,1%). По типам дороги общего пользования: цементобетонные -1,5%, асфальтобетонные-52,8%, черногравийные и чернощебеночные - 1,4%, гравийные и щебеночные - 30,8%, грунтовые - 13,5%. На автомобильных дорогах эксплуатируется 5255 мостов и путепроводов (178727 п.м.) и 96750 водопропускных труб (139739 п.м.).

Главная задача дорожных организаций Беларуси - содержать дороги в надлежащем состоянии, а возникающие повреждения своевременно устранять методами текущего ремонта. Для решения этой задачи имеются необходимые условия: материально - техническая база, высококвалифицированный инженерно - технический персонал, развитая нормативно - методическая документация и большой научно - производственный опыт. Несколько ограниченные финансовые ресурсы, которые требуются для своевременного капитального ремонта дорог, компенсируются во многом инновациями в технике и технологии своевременного дорожно - эксплуатационного производства.

К инновациям по нашему мнению, можно отнести: раннюю и оперативную диагностику состояния дорог; применение прогрессивных местных и промышленных материалов; организацию эксплуатационным содержанием на основе автоматизированных систем ; использование холодных технологий и регенерированных бывших в употреблении органоминеральных композиций; реализация превентивных мер для защиты дорожных покрытий от переувлажнения, коллеобразования, износа и скользкости.

Указанные инновации не являются исчерпывающими. Творческая деятельность ИТР, всех работников дорожно - эксплуатационных организаций создает условия для дальнейшей инновационной деятельности.

**Вклад заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации  
доктора технических наук профессора А.П. Васильева в развитие  
науки по эксплуатации автомобильных дорог**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

А.П. Васильев родился 17.02.1932 г. в д. Дмитровка Башкирской АССР (п. в. Боркоштостан). В 1951 г. окончил Уфимский дорожный техникум. В 1956 г. окончил Саратовский автомобильно – дорожный институт, «Инженер путей сообщения» по специальности «Автомагистрали и городские дороги». А.П. Васильев крупный ученый России в области дорожного строительства, пользующий авторитетом в зарубежных странах. В течение 15 лет руководил научной частью в ГипродорНИИ. Под его руководством в России была сформирована научная школа эксплуатации автомобильных дорог, которая признана во многих странах мира. Особое значение имеют результаты исследований по повышению технического уровня и эксплуатационного состояния автомобильных дорог. Им созданы новые методы оценки состояния дорог по их потребительским свойствам и систем диагностики, позволяющее перейти на новые принципы управления состоянием дорожной сети, разработана концепция совершенствования норм проектирования автомобильных дорог. Свои первые работы А.П. Васильев опубликовал, будучи студентом, в настоящее время на его счету имеются около 300 опубликованных работ, в том числе более 30 монографий, учебников и учебных пособий, статьи, авторские свидетельства на изобретение, многочисленные доклады на международных конгрессах и внутрисоюзных конференциях. Результаты исследования проф. А.П. Васильева включены во многие нормативно-технические документы. Широкое распространение получили изданные им книги: Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев, Н.Б. Корсунский и др.; Под ред. А.П. Васильев: М.: Транспорт, 1989.-287с. Эксплуатация автомобильных дорог и ориентация дорожного движения: Учебник для вузов. Под ред. А.П. Васильева.-М.: Транспорт, 1990.-304с. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2-х томах. Издательский центр «Академия». 2010.-640с. Справочная энциклопедия дорожника. Т.1 «Строительство и реконструкция автомобильных дорог» под ред. А.П. Васильева.-М.: Информавтодор.-2005, 646 с. Профессором А.П. Васильева подготовлено три доктора наук и более 20 кандидатов наук, среди его воспитанников ученые Щетинского политехнического института, где он работал многие годы.

**Ландшафтно-геологические и климатические особенности развития дорожной сети в Непале**

Кришна Чакхун

Белорусский национальный технический университет

Непал является небольшой азиатской страной (147 181 кв. км. протяжённость с востока на запад около 900 км, а с севера на юг до 200 км), расположенной между двумя гигантскими странами - Китаем и Индией. Страна находится на постоянно движущейся тектонической пластине (tectonicplate). В результате 83% ландшафта покрыто молодыми складчатыми горами (youngfoldmountains). Средний уклон ландшафта по ширине страны составляет примерно 5%, от 60 м над уровнем моря на юге до 8848 м на севере. Только 17% территории в южном поясе Тэрай (Terai) представляют собой равнину. Несколько крупных долин - Катманду, Покхара и другие расположены между горами Махабхарат (Mahabharatrange). Ландшафтно-географическое положение страны существенно влияет на климат и процессы, которые связаны с особенностями погоды. Муссонные ветры с юга, создающие сильные дожди (2500 до 5000 мм в год), около 90% из которых выпадает в течение 3 месяцев (с середины июня по середину сентября) и таяние снега способствуют частому возникновению паводков, особенно в Тэрай, что в свою очередь приводит к оползням.

Большая часть населения (27 млн. человек) проживает в пределах от Тэрайской равнины до горного массива Махабхарат, что представляет собой определённые сложности в транспортных коммуникациях, особенно для дорожных сетей. Горный ландшафт и обилие рек затрудняет геометрию дорог и увеличивает их протяжённость. Большинство дорог имеет большое количество мостов. Хрупкие поверхности и существующий риск оползней вызывают необходимость принятия сложных решений по проблемам стабильности конструкций и защиты окружающей среды. В основном строительство проходит в сухой период. В высоких участках на севере страны строительство возможно в весенний и осенний сезоны. Этот факт тоже учитывается при проектировании. Выше перечисленные факты усложняют планирование, что приводит к увеличению стоимости строительства и эксплуатации. В целом на инженерах лежит большая ответственность при проектировании и планировании устойчивых и экономных дорог в Непале.

Необходимо также проводить комплексные исследования с обоснованием конструкций дорожных одежд, размещения мостов и путепроводов в целом формировании дорожной инфраструктуры.

## Развитие дорожной сети в Непале

Кришна Чакхун

Белорусский национальный технический университет

Первая автомобильная дорога в стране была построена в 1924 году в Катманду. Затем феодальное правительство Рана воздерживалось от строительства крупномасштабной транспортной инфраструктуры, так как боялось, что экономическое развитие предоставит мотив для британского аннексирования страны.

Первая масштабная дорога (115 км, Трибхуван Разпатх - Tribhuvan Rajpath, связывает Катманду с Тэрай) была построена только в 1953 году, после отмены режима Рана.

В такой стране, как Непал, где 83% территории покрыто молодыми горами, строительство дорог является непростой задачей. В 1951 году было всего 376 км дорог. Скорость развития дорожного строительства оставалась по-прежнему не высокой. В 1970 году протяженность дорог составляла только 2504км, в 1990 году – 7330км. Общая длина дорог в 2010 году составляла уже 41 447 км, дополнительно 22 000км дороги были определены как деревенские дороги, в основном сезонные.

В настоящее время дороги делятся на две основные категории – стратегическая дорожная сеть (StrategicRoadNetwork -SRN) и местная дорожная сеть (LocalRoadNetwork -LRN). Развитие различных категорий дорожных сетей осуществляется в рамках проектов при содействии национальных и международных финансирующих учреждений. Одной из целей развития дорожного сектора является сокращение масштабов нищеты, что соответствует основному направлению социально – экономического развития страны. Это достигается путем предоставления справедливой, безопасной и доступной дорожной инфраструктуры. Основные цели которой включают в себя: обеспечение надежного доступа ко всем 75 районным центрам; расширение существующей дорожной сети; инициирование новаторства в строительстве дорог, дорожных одежд и мостов; поощрение участия частного сектора в разработке, обслуживании и управлении дорог. Для достижения вышеуказанных целей разработан план «RoadSectorWideProgram (2007-2017)», основные положения которого составляют осуществления строительства 31000 км дорожной сети, включая дополнительные 9740 км SRN и 6000 км LRN; разработку восьми маршрутов транзитных и торговых север–юг коридоров между соседними Индией и Китаем; развитие существующих восток-запад магистралей (East-WestHighway) как части Азиатской автомагистрали (AsianHighway).

**Влияние химического состава битума на качественные показатели асфальтовых смесей**

Мигле Палукайте, Аудрюс Вайткус, Виктор Воробьев  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Битум является главной составной частью асфальтовой смеси, так как это долгосрочный компонент, придающий асфальту эластичные свойства. Битум является термопластичным материалом, эластично-твердым при низкой температуре и вязкостно-жидким при высокой температуре, предпринимаются попытки улучшить свойства. По своим физико-химическим свойствам битум – сложная коллоидная система. Его можно подразделить на две широкие химические группы: мальтены и асфальтены. Мальтены состоят из смол, парафинов, нафтенов и ароматических соединений. Асфальтены представляют собой углеводороды большой молекулярной массы в твердом состоянии (твердой фазе). Основными компонентами химического состава битума являются асфальтены, смолы, насыщенные и ароматические углеводороды. По мнению многих исследователей, основными элементами структуры битума являются асфальтены, обуславливающие твердость битума. Смолы оказывают влияние на связывающие свойства битума и его эластичность. Смазочная фракция, т. е. насыщенные и ароматические углеводороды, разжижает битум, в ней растворяются смолы и набухают асфальтены. Под воздействием солнечной радиации, высоких температур и кислорода воздуха химический состав битума претерпевает изменения: масла постепенно (химически) преформируются в смолы, а смолы – в асфальтены. Углеводороды химического состава в битумах распределяются по разным соотношениям масс – это существенно сказывается на структуре и свойствах битумов. Для определения химического состава битума применяются различные методы: SARA, HPLC, основанные на разной растворимости составляющих битум компонентов. Основным недостатком этих методов является необходимость большого количества растворителя, большого срока выполнения опытов и дополнительного выделения асфальтенов до начала опыта. Наиболее популярным и широко применяемым является гонкослоевый хроматограф TLC-FID. Этот метод более быстрый, требует меньших затрат времени, меньшего количества растворителей, образцов, не требует дополнительного выделения асфальтенов из битума перед началом опыта. С помощью TLC-FID можно не только определить химический состав битума, но и изучить изменение структуры битума во время процесса старения, а также при разных технологиях производства битума.

## Кольцевые перекрестки. Преимущества, типы и критерии пользования

Тумавиче Ая, Клейзене Рита, Жилюте Лаура  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

В настоящее время в Литве все больше создается современных кольцевых перекрестков. Они безопаснее обычных четырехсторонних перекрестков. На них меньше конфликтных точек, снижена скорость движения, лучше условия движения для участников. На кольцевых перекрестках такого типа не существует пересекающихся потоков, последствия от столкновения на которых оказываются наиболее тяжелыми. В Голландии создаются и становятся популярными турбокольцевые перекрестки нового типа. На типичном четырехстороннем турбокольцевом перекрестке имеется 4 расходящихся, 6 соединяющихся и 4 особенно опасных пересекающихся конфликтных точек. В Эстонии исследовали влияние величины внешнего поперечника кольцевого перекрестка на скорость транспортных средств. Установлено, что на кольцевых перекрестках, по сравнению с перекрестками других типов, скорость движения меньше. Эффект уменьшения скорости от величины внешнего поперечника кольцевого перекрестка. С помощью специальной компьютерной программы был выполнен анализ пропуска транспортных средств, ожидания, количества выхлопных газов, сжигаемого топлива и др. на перекрестке, регулируемом светофорами, и на современном (малом) кольцевом перекрестке. Исследовано влияние на аварийность 14 трехсторонних или четырехсторонних перекрестков (на малых территориях), реконструированных в кольцевые перекрестки. Результаты анализа несчастных случаев и моделирования перекрестков показали, что наиболее эффективным одноуровневым перекрестком является современный (малый) кольцевой перекресток. Можно утверждать, что современный (малый) кольцевой перекресток является одним из наиболее приемлемых типов перекрестка, если удовлетворяются требования пропускной и проездовой способности. В Литве с учетом местных условий подготовлены «Методические указания по проектированию кольцевых перекрестков MN ŽSP 12». В них кольцевые перекрестки подразделяются в зависимости от того, где они создаются – на застроенной или незастроенной территории. Кольцевые перекрестки также подразделяются по величине: очень маленький (в поперечнике) кольцевой перекресток; малый кольцевой перекресток; двухполосный малый кольцевой перекресток; большой (с большим внешним поперечником) кольцевой перекресток; турбокольцевой перекресток.



## **Методика внедрения устройств для взвешивания тяжелого транспорта**

Аудрюс Вайткус, Томас Раткявичюс, Гадас Андреяускас  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Основным эксплуатационным показателем дорожного покрытия является ровность. От нее зависит скорость, безопасность и комфорт движения транспортных средств. Главное отрицательное воздействие на дороги Литвы оказывает перегруженный тяжелый транспорт, превышающий допустимые нормы на осевые нагрузки. В Литве до 25% тяжелого транспорта перегружены. Эти средства портят инфраструктуру дорог, создают угрозу безопасному движению, а наносимые ими убытки достигают 180 млн. литов в год.

С целью уменьшить отрицательное воздействие на дороги Литвы, наносимое перегруженным тяжелым транспортом, была определена потребность в устройствах по взвешиванию тяжелого транспорта (УВТТ) и подобраны предварительные места для оборудования этих средств.

На автомобильных дорогах должно быть установлено 56 УВТТ, а также создана автоматизированная сеть взвешивания тяжелого транспорта, охватывающая всю территорию страны, это позволит контролировать потоки тяжелого транспорта и таким образом уменьшить убытки, наносимые инфраструктуре дорог тяжелым транспортом.

Работы планируются произвести в два этапа.

На первом этапе оборудовать 39 пунктов с УВТТ с целью как можно больше ограничить попадание тяжелого транспорта в города Литвы (Вильнюс, Каунас, Клайпеду, Паневежис и Шяуляй).

На втором этапе потребуется дополнительно оборудовать еще 17 УВТТ в международных пунктах пограничного контроля и в стратегически важных местах.

С учетом стоимости технологий УВТТ, их новизны, сложности и недостаточного исследования того, насколько применимы они в условиях Литвы, рекомендуется оборудовать 14 УВТТ. Претворением в жизнь этапа 1А намечается как можно больше ограничить попадание тяжелого транспорта в города Каунас и Клайпеда.

Для достижения оптимального результата должен быть продолжен юридический мобильный контроль за превышением перевозимого тяжелым транспортом груза, а также с помощью соответствующих дорожных знаков ограничено движение тяжелого транспорта на районных дорогах государственного значения и на дорогах местного значения.

## Применение гранитной муки для производства асфальтовых смесей

Аудриус Вайткус, Овидиус Шярнас, Фаустина Туминене  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Минеральный порошок является главным компонентом, формирующим структуру асфальтовых смесей.

Применяется активированный и неактивированный минеральный порошок. Требования к активированному минеральному порошку регламентирует стандарт LST EN 1419:1995.

В Литве гранитный щебень импортируют из-за рубежа в виде фракций 0/40 мм, 40/70 мм. На местных заводах щебень дробится на мелкие фракции. При этом образуется гранитная мука.

В связи с удорожанием материалов предпринимаются попытки заменить их более дешевыми, однако с аналогичными физико-механическими свойствами. Поэтому возникает вопрос, как изменятся физико-механические свойства асфальтовых смесей, если вместо применяемого в настоящее время минерального порошка будет применяться гранитная мука.

В институте дорожных исследований Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса проведено экспериментальное исследование применения гранитной муки для производства асфальтовых смесей. В результате установлено, что:

механические свойства асфальтовых смесей с гранитной мукой уступают таким свойствам асфальтовых смесей с доломитным минеральным порошком;

физические свойства асфальтовых смесей с активированным доломитным минеральным порошком уступают физическим свойствам асфальтовых смесей с гранитной мукой;

асфальтовые смеси с гранитной мукой менее устойчивы к образованию колеи, чем асфальтовые смеси с активированным доломитным минеральным порошком - средняя глубина колеи в случае асфальтовой смеси AC 11 VS с гранитной мукой после 100000 циклов нагрузки в 3 раза больше, чем асфальтовой смеси AC 11 VS с активированным доломитным минеральным порошком, средняя глубина колеи асфальтовой смеси AC 16 AS с гранитной мукой после 100 000 циклов нагрузки в 2 раза больше, чем асфальтовой смеси AC 16 AS с активированным доломитным минеральным порошком;

гранитная мука ухудшает механические свойства асфальтовых смесей, поэтому эти смеси могут применяться для устройства асфальтового покрытия на дорогах районного и местного значения.

**Исследования дорожных колеи на экспериментальном участке населенного пункта Пагирай Вильнюсского района и их результаты**

Альфредас Лауринавичюс, Лаура Жилюте

Вильнюсский технический университет имени Гедиминаса (Литва)

Сеть автодорог Литвы расположена относительно равномерно и довольно плотно, однако построенные в предыдущие годы дороги не выдерживают повышенные нагрузки и быстро растущей интенсивности грузовых перевозок.

Несущая способность конструкций существующего дорожного покрытия и потребности его усиления в основном определяются на основании исследований состояния поверхности и прочности конструкции покрытия.

Однако в Литве не хватает экспериментальных исследований, особенно в естественных полевых условиях, о работе материалов в конструкции покрытия, о самих слоях конструкции дорожных покрытий и работе их сочетаний.

В 2007 году был оборудован испытательный участок автомобильной дороги длиной 710 метров, охватывающий 27 различных конструкций покрытия. Участок оснащен оборудованием для измерения интенсивности. Результат преобразовывается в число эквивалентности стандартных осей (ЕСО). После прохождения 20000 эквивалентных осей грузовых перевозок осуществляются тесты асфальтового покрытия (измерение напряжения в слоях конструкции покрытия, наблюдения возникновения повреждений и так далее.).

На дорогах Литвы и улицах городов чаще всего появляются трещины и колеи, поэтому выполняя исследования на испытательном участке за период 2008-2011 годов регистрировалось появление этих повреждений и их дальнейшее прогрессирующее на каждой из 27 конструкций.

Результаты исследований показывают, что под наибольшим воздействием нагрузок меньше всего повреждена конструкция № 12, которая изготовлена из 47 см песка (0/11), 20 см смеси щебня доломита (0/56), асфальтного основания (0/32С), нижнего слоя асфальтового покрытия (0/16-А), слоя износа асфальтового покрытия (0/11 SS).

После выполнения дополнительных исследований и оценки результатов, можно предположить, что для реконструкции интенсивно нагруженных (особенно большегрузными автомобилями) городских улиц можно использовать такой материал и такие толщины слоев, какие были использованы при монтаже конструкции № 12.

## Возможности применения данных Литовской информационной системы о воздушных условиях на дорогах

Лиана Юкнявичюте-Жилинскиене, Альфредас Лауринавичюс  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Изменение различных климатических параметров в Литовской информационной системе о воздушных условиях на дорогах (ИСВУД) проводятся с 21 мая 1999 г. В 2003–2004 гг. Вильнюсском техническом университете им. Гедиминаса для сбора, хранения и обработки большого количества данных системы ИСВУД на основе системы управления базой данных (СУБД) MS Access была создана специальная подпрограмма ИСВУДБД. В настоящее время в базе данных (БД) насчитывается больше 5 млн. данных, в СУБД имеется функция фильтрации данных, благодаря которой данные, значения которых не попадают в установленные рамки, считаются ошибками и устраняются во время первичной обработки данных. После пополнения данных станций ВУД их координатами, пересчитанными из эллипсоидных в плоскостные и обработанными на AutoCad Civil 3D, получают тематические карты, на которых изображается распределение значений установленного параметра на территории Литвы. Для создания тематических карт был применен метод интерполяции – метод кригинга, основная особенность которого заключается в расчете неизвестных значений точек с помощью математической модели вариограмм (параметрической функции, применяемой для определения корреляции соседних значений). Отдельные территории в отношении климатического районирования можно характеризовать, если имеются исторические показатели климата не менее, чем за 1 лет, а в созданной системе БДИСВУД данные накапливаются уже в течение 11 лет. Для получения большего количества полезной информации, необходимой для проектирования, строительства, ремонта и содержания дорог, необходимо пополнять и совершенствовать созданную базу данных. После соответствующей обработки данных можно составить различные тематические карты (глубины промерзания, температура воздуха, циклов промерзания-оттаивания и др.) С применением метода интерполяции между линиями на этих картах можно установить значения и для тех мест, в которых наблюдений не производилось. На каждом шаге строительства автомобильных дорог важно обращать внимание на климатические факторы. ИСВУД является неотъемлемой частью работ по содержанию дорог в зимний период, а зафиксированные и накопленные метеорологическими станциями ВУД данные бесценны при поиске практических возможностей применения при строительстве дорог.

**Выбор центра кривой скольжения при расчете устойчивости откосов  
высоких насыпей и глубоких выемок**

Вырко Н.П.

Белорусский государственный технологический университет

При проектировании земляного полотна автомобильных дорог в высоких насыпях или глубоких выемках возникает необходимость проверки устойчивости его откосов.

Обрушение откосов происходит, когда сдвигающие силы (касательные напряжения) преобладают над силами сопротивления.

Касательные напряжения в откосах земляного полотна возникают под действием собственного веса грунта земляного полотна, воздействия транспортных средств, действия воды, фильтрующиеся через грунт откоса.

Сопротивление сдвигу обуславливается силами внутреннего трения и сцепления.

Обрушение откоса происходит по некоторой криволинейной поверхности скольжения. В настоящее время природа оползневых явлений изучена недостаточно глубоко, особенно для глинистых грунтов. Поэтому в практике проектирования откосов широкое распространение получили различные полуэмпирические методы, учитывающие как тип грунта, так и сложение откоса. Если откос насыпи или выемки сложен из однородных грунтов, то расчет его устойчивости производится по одному из следующих методов: круглоцилиндрических поверхностей скольжения, номограмм, Маслова и другим, а если откос состоит из разнородных грунтов, то устойчивость рассчитывается по методу горизонтальных сил Маслова-Берера.

Наибольшее распространение получил метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, в котором устойчивость откоса оценивается коэффициентом устойчивости. Коэффициент устойчивости есть отношение суммы моментов удерживающих сил к сумме моментов сдвигающих сил.

Однако, для нахождения опасной кривой скольжения необходимо знать центр ее вращения. Для его нахождения разработаны несколько графических методов: метод Феллениуса, метод Н. Янбу, метод номограмм. Наиболее простыми являются метод номограмм и Н. Янбу.

**Литература**

1. Леонович, И.И. Механика земляного полотна. /И.И. Леонович, Н.П. Вырко. - Минск: Наука и техника, 1975. – 230 с.
2. Пособие П2-01 к СниП 2.05.02-85 – Минск: РУП «БелдорНИИ», 2001. 147с.

## Учет диагностических данных при выборе способов содержания и ремонта автомобильных дорог

Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

К основным эксплуатационным качествам дороги, определяющим условия движения автомобилей, можно отнести прочность дорожной одежды, ровность и шероховатость покрытий, степень износостойкости покрытия, внешнюю среду (план, продольный профиль, обустройство дороги) влияющую на безопасность движения и загруженность дороги.

В процессе сбора данных о технических характеристиках дорог определяют: общие и геометрические данные (категорию дороги; интенсивность, границы населенных пунктов; ширину и уклоны проезжей части, укрепительных полос обочин, ширину обочин, элементов плана и продольного профиля); характеристики дорожной одежды (прочность и надежность) и покрытия (ровность, сцепление, шероховатость, дефектность); наличие, технические характеристики и состояние искусственных сооружений и водоотвода, мостов и путепроводов; определяют потребительские свойства дороги; год последнего ее капитального ремонта или реконструкции. На основании данных диагностики выполняют оценку соответствия транспортно-эксплуатационного состояния (ТЭС) эксплуатируемых дорог требованиям ТНПА.

Этапами оценки ТЭС являются выбор системы измерений (критерии оценки и методы измерений), проведение испытаний и выполнение расчетов с анализом и прогнозированием работоспособности дороги, определяют необходимость в проведении ремонтных мероприятий, с учетом имеющихся финансовых ресурсов и разработкой такой программы ремонтных мероприятий, реализация которой обеспечит наилучшее возможное состояние сети дорог в течение периода анализа. При назначении ремонтных мероприятий могут использоваться различные стратегии назначения ремонтных мероприятий: стратегия нормативных требований, обеспечивающая соответствие состояния дорог требованиям ТНПА. Поддерживающая стратегия обеспечивает поддержание состояния покрытия и гарантирует круглогодичный беспрепятственный проезд транспортных средств с возможным ограничением осевых нагрузок в неблагоприятные периоды года. Стратегия отсрочки ремонтов предполагает отсрочку проведения ремонтов. Применяется к участкам дорог, покрытие которых имеет незначительную дефектность. Проводятся работы, классифицируемые содержанием.

## Влияние искусственной дорожной неровности для уменьшения скорости на загрязнение окружающей среды

Лаура Чигаите, Инета Лингите, Тадас Андреяускае  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Проведены исследования влияния искусственных неровностей на загрязнение окружающей среды. Рассмотрены неровности овальной и трапецидальной формы. В результате установлено, что при потоке 709 легковых автомобилей и 112 грузовых выбросы диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) составили  $31,08 \text{ мг/м}^3$ , а при 148 легковых автомобилях –  $12,20 \text{ мг/м}^3$ . Искусственные дорожные неровности не всегда увеличивают концентрацию  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ . На 40% мест вблизи неровностей концентрация была на  $8 \text{ мг/м}^3$  выше чем на контрольном участке, на 27 % - меньше на  $5 \text{ мг/м}^3$  и на 33% больше на  $10 \text{ мг/м}^3$ .

Неровности овальной формы оказывают большое влияние на загрязнение воздуха (концентрация была равна  $68,13 \text{ мг/м}^3$ ). В тоже время на 57 % исследуемых мест она была на  $8 \text{ мг/м}^3$  выше, а на 43% - на  $6 \text{ мг/м}^3$  ниже. Концентрация монооксида углерода ( $\text{CO}$ ) была равна  $0,37 \text{ мг/м}^3$ . Концентрация твердых частиц из-за установки искусственных неровностей вблизи пешеходных переходов несколько увеличивается.

Концентрация твердых частиц из-за установки искусственных неровностей вблизи пешеходных переходов несколько увеличивается.

Измерение уровня эквивалентного шума показали, что искусственные неровности приводят к необходимости снижения скорости движения, а это сопровождается снижению уровня шума. На искусственных объектах он был на 2-18 дБ ниже, чем на контрольных участках.

После измерения эквивалентного шума вблизи бугорков уменьшения скорости овальной формы в местах, где автомобили снижают скорость, установлено, что почти во всех случаях уровень шума вблизи бугорка уменьшения скорости был от 2 до 11 дБ меньше, чем в контрольном месте измерений.

После измерения эквивалентного шума вблизи бугорков уменьшения скорости овальной формы в местах, где автомобили увеличивают скорость, установлено, что во всех случаях уровень шума вблизи бугорка уменьшения скорости был от 1 до 7 дБ меньше, чем в контрольном месте измерений.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что искусственные неровности на автомобильных дорогах приводят к увеличению выбросов отработанных газов, но не приводят к увеличению уровня шума.

## Влияние климатических условий на образование и развитие трещин в асфальтобетонных покрытиях

Мельникова И.С.

Белорусский национальный технический университет

Строительство автомобильных дорог охватывает комплекс изыскательских, проектных, организационных и технологических работ и проводится в различных гидро-геологических, погодно-климатических условиях, особенности которых необходимо учитывать при обосновании инженерных решений. Надежность функционирования и долговечность сооружения, прежде всего, определяются климатическими особенностями региона, в том числе – температурным режимом местности.

Появление трещин в асфальтобетонных слоях покрытий вызвано в основном возникновением предельных растягивающих напряжений, превышающих силы внутреннего сцепления и сопротивления разрыву. Такие напряжения главным образом вызваны резкими перепадами температур, а в сочетании с воздействием транспортных нагрузок, наличием трещин и швов в нижележащих слоях основания, значительным развитием теплофизических свойств материалов смежных слоев конструкции, неравномерным уплотнением земляного полотна появление трещин в верхнем слое покрытия неизбежно.

Накопленный годами практический опыт показывает, что добиться абсолютного отсутствия трещин трудно, но обеспечить значительное уменьшение их количества и увеличение срока работы покрытия без трещин возможно. Материаловедческий и конструктивный подходы в проектировании дорог важны, но немаловажен и учет местных погодно-климатических условий территории дислокации дороги, особенно при подборе состава асфальтобетонной смеси, наиболее соответствующего температурным условиям работы будущего слоя покрытия.

Нами решена задача определения критических температурных пределов «работы» асфальтобетонных покрытий: на основании данных о температуре воздуха за последние двадцать лет с белорусских метеостанций, полученных в ГУ «Белгидрометеоцентр», рассчитаны экстремальные значения температур асфальтобетонных покрытий. Работая в этих температурных пределах на покрытия гарантировано с вероятностью 50% или 98% не возникнут колея в летний период высоких температур при сдвиговых деформациях и температурные трещины в зимнее время при хрупких деформациях асфальтобетона. Однако в качестве вяжущего обязательно использование модифицированных битумов в соответствии с СТБ 1220-2009.



Мельникова И.С.

Белорусский национальный технический университет

Эффективной работе дорожного хозяйства Республики Беларусь содействует программа реализации инновационных проектов на 2011-2015 гг. департамента «Белавтодор». Проекты связаны с применением новых дорожно-строительных материалов и технологий, способствующих внедрению конструкций дорожных одежд для пропуска нагрузок по европейским стандартам в 11,5 тонн. Для решения еще одной важной задачи – выявления поверхностных повреждений на дорожных покрытиях и их ликвидации на ранней стадии – в распоряжении наших дорожников также появляются новейшее оборудование и технологии.

При диагностике применяют георадарное оборудование (комплект «Око»), позволяющий выявлять дефекты в дорожной одежде и грунтах земляного полотна. Принцип работы комплекта основан на передаче антенной в исследуемую среду электромагнитного импульса, который отражается от находящихся в ней предметов или от границы раздела сред. Комплект георадарного оборудования позволяет проверять толщины конструктивных слоев дорожной одежды и земляного полотна, оценивать качество уплотнения и влажность грунтов; выявлять дефекты в дорожной одежде и грунтах земляного полотна.

РУП «Белдорцентр» использует при проведении ежегодной диагностики республиканских дорог лабораторию визуального сканирования LineScan. Лаборатория позволяет получить изображение дорожного покрытия, по которому с применением специального программного обеспечения определяются виды и объемы поверхностных дефектов. Технология измерения заключается в непрерывной продольной съемке покрытия дороги высокоскоростной цифровой камерой, совместно работающей с системой освещения и цифровым одометром. Каждая записанная строка изображения шириной 1 или 2 мм добавляется к предыдущим строкам, и составляют вместе один непрерывный образ.

Полученные нами результаты компьютерного моделирования асфальтобетонных покрытий свидетельствуют о целесообразности использования для диагностики поверхностных повреждений метода термографии с применением тепловизоров. Метод хорошо себя зарекомендовал при контроле качества укладки асфальтобетонных смесей. Тепловизоры же при съемке отражают разницу в температуре поверхности дорожного покрытия и трещины (выбоины). Следовательно, метод термографии актуален и при диагностике поверхностных повреждений.

## Технико-эксплуатационные характеристики дорожной сети\*

Тимошенко М.С.

Белорусский национальный технический университет

Дорожная сеть Республики Беларусь представляет собой разветвленную систему, включающую республиканские, местные, городские и ведомственные автомобильные дороги. Она постоянно развивается, совершенствуются ее эксплуатационные качества. Дорожным организациям приходится постоянно оценивать состояние дорог и на основании полученных данных планировать работы по содержанию и ремонту. Обобщенными критериями качества автомобильных дорог можно считать следующие:

коэффициент прочности одежды — показатель соответствия фактической прочности одежды требованиям, вытекающим из условий эксплуатации. Определяется, как отношение фактического модуля упругости дорожной одежды  $E_{\phi}$  к требуемому модулю упругости  $E_{т.р.}$ :  $k_{т.р.} = E_{\phi} / E_{т.р.}$ ; коэффициент службы дороги — показатель соответствия общего состояния дороги условиям движения подвижного состава с расчетной скоростью. Определяется как отношение фактической скорости движения автопоезда по дороге  $v_{\phi}$  к расчетной скорости движения  $v_{р.}$ , принимаемой по нормам проектирования в зависимости от категории дороги:  $k_{сл.} = v_{\phi} / v_{р.}$ ; коэффициент износа покрытия:  $k_{изн.} = h_{\phi} / H_{н.}$  где  $h_{\phi}$  — фактический износ покрытия, мм;  $H_{н.}$  — слой износа; коэффициент интенсивности движения:  $k_{инт.} = N_{\phi} / N_{р.}$  где  $N_{\phi}$  — фактическая интенсивность движения;  $N_{р.}$  — расчетная интенсивность движения; коэффициент скользкости покрытия:  $k_{скл.} = \varphi_{\phi} / \varphi_{р.}$   $\varphi_{\phi}$  — фактический коэффициент продольного сцепления шины колес с покрытием;  $\varphi_{р.}$  — нормативный, который определится расчётом коэффициента сцепления, удовлетворяющим требованиям безопасности движения; коэффициент проезжаемости дороги:  $k_{п.} = m_{\phi} / m_{р.}$  где  $m_{\phi}$  — фактическая сумма неровностей покрытия, определяемая толчкоммером или трехмерной рейкой;  $m_{р.}$  — расчетное значение неровностей покрытия.

Исходными данными для определения критериев могут быть как данные инструментальной диагностики, так и система сезонных осмотров.

\*Работа выполнена под руководством профессора И.И. Леоновича.

**Влияние погодно-климатических факторов на эксплуатационное состояние автомобильных дорог\***

Козицкий П.А.

Белорусский национальный технический университет

Транспортные средства воздействуют на дорогу обычно одновременно с факторами, зависящими от природно-климатических условий (водой, температурой, ветром, солнечной радиацией).

Климат и погода - составные части природных факторов, которые существенно влияют на транспортно-эксплуатационные характеристики дорог: на режим и безопасность движения, т.е. на условия движения по дороге и режим ее функционирования.

Воздействие метеорологических факторов на условия движения передается через состояние поверхности дороги, взаимодействие автомобиля с дорогой, а также восприятие условий движения водителем. Состояние поверхности дорог оценивается качественными характеристиками: сухое, влажное, мокрое, заснеженное, гололед и т.д.

Условия движения в период действия неблагоприятных метеорологических явлений значительно сложнее, чем при сухом, чистом покрытии и обочинах. Различия определяются рядом факторов, основными из которых являются:

-снижение сцепных качеств покрытия, изменение взаимодействия автомобиля с дорогой, ухудшение ровности покрытия под влиянием осадков, гололеда, тумана, повышенной влажности воздуха и других факторов;

-увеличение сопротивления движению из-за отложений снега, грязи, гололеда, неровностей на дороге, в результате чего снижается свободная мощность двигателя автомобиля;

-изменение очертания и внешнего вида проезжей части и обочин, параметров поперечного профиля, из-за снежных отложений и образования полос наката, которое приводит к изменению восприятия дороги водителем;

-уменьшение метеорологической видимости в период туманов, осадков, пурги, пыльных бурь, слепящего действия солнца, изменяющих восприятие условий движения водителем;

-ухудшение эксплуатационно-технических качеств автомобиля, прежде всего систем, обеспечивающих удобство и безопасность движения, к которым относятся тормоза, рулевое управление, обзорность, видимость, сигнальная система.

\*Работа выполнена под руководством профессора И.И. Леоновича.

## Влияние транспортно-эксплуатационного состояния покрытий на функционирование дорожной сети

Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

В большинстве стран мира содержанию дорожных покрытий уделяется возрастающее внимание. Стабильный экономический рост невозможен без надежной эффективно функционирующей дорожной сети. Политика увеличения инвестиций на техническое обслуживание позволяет создать такую сеть сегодня.

Все дорожные покрытия рано или поздно разрушаются. Проникновение воды внутрь дорожного покрытия – важнейшая причина его преждевременного разрушения, поскольку увлажнение покрытия неизменно приводит к потере прочности. Это происходит по нескольким причинам: увеличение давления в порах асфальтобетона, из-за которого уменьшается внутреннее трение и, как следствие, снижается сдвигоустойчивость; всплывание частиц, приводящее к уменьшению рабочей массы и снижению трения между частицами; набухание почвы, вызывающее увеличение перепадов в покрытии; появляющиеся в результате чередования морозов и оттепелей лучение дорожных одежд.

По мере того, как колесная нагрузка от автомобилей возрастает и вода снижает прочность конструкции дорожной одежды, распределение нагрузки на земляное полотно ухудшается, что может привести к усталостному разрушению и деформации дорожной одежды, а также разрыхлению или потере мелкозернистых фракций и формированию выбоин. Температурные колебания и чередования морозов и оттепелей могут усугубить сложившуюся ситуацию.

Эффективные методы ремонта должны обеспечить водонепроницаемость дорожных покрытий, предотвратить проникновение влаги внутрь конструктивных слоев. Потрескавшимся покрытиям и покрытиям, эксплуатируемым в экстремальных условиях (высокая интенсивность движения, погодно-климатические воздействия), необходимо обеспечить достаточную эластичность и высокий предел прочности при растяжении, для того, чтобы они могли противостоять образованию температурных трещин. Такое покрытие должно также замедлить образование отраженных трещин. Продление срока функционирования дорожного покрытия в соответствии с требуемыми значениями транспортно-эксплуатационных характеристик покрытий дорог возможно при проведении своевременного профилактического технического обслуживания дорог.

## Современные технологии зимнего содержания автомобильных дорог

Антоненко Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Зимнее содержание включает предупреждение и устранение скользкости, своевременное распределение противогололедных материалов, очистку проезжей части от снега и льда.

Существуют несколько способов борьбы со снегом на дорогах: химический, химико – фрикционный, фрикционный. Выбор способа зависит от вида и состояния снежно – ледяных образований и погодноклиматических факторов.

Повышению безопасности движения на автомобильных дорогах в зимнее время служит переход на технологию борьбы с зимней скользкостью, основанную на применении химических ПГМ. По сравнению с россыпью фрикционных материалов химический способ экономически выгоден и высокоэффективен.

Антигололедные реагенты имеют как свои плюсы, так и минусы. По своей сути уже само название «антигололедный реагент» свидетельствует о том, что вещество вступает в некую химическую реакцию с окружающей средой т.е. ледяным покровом. Подобный химический процесс также зависит от ряда факторов, как внешних - природно-температурных, метеорологических, так и внутренних - химических. Ведь антигололедные реагенты вступают в химические реакции не только с обледеневшим дорожным покрытием, но и с побочными продуктами, такими, как моторные масла, пары бензина, солянки, выхлопных газов, а также технической солью, в большом количестве присутствующих на дорожном покрытии, компонентами почвы. Как показали результаты многочисленных исследований на сегодняшний день не существует практически экологически чистых антигололедных реагентов.

Разработки и тестирование новых химических антигололедных реагентов, целью эффективной борьбы со льдом и обледенением на проезжей части, увы, часто наносит большой ущерб экологии автомобильных дорог.

Так, в Европе начали активно применять ноу-хау: в асфальте устанавливаются элементы, накапливающие тепло, за счет которых зимой происходит подогрев дороги, и снег тает сам по себе. Но на это нужны выделять дополнительные средства.

## Направления совершенствования методов диагностики автомобильных дорог

Буртыль Ю.В.  
РУП «Белдорцентр»

Проведенные аналитические исследования показали, что особенности модно-теплового режима дорожных одежд, режимов движения транспортных средств, особенности проектирования и методы диагностики в комплексе оказывают существенное влияние на работоспособность автомобильных дорог. В результате проведения анализа выявлены причины и следствия снижения долговечности дорожных конструкций:

1) при проектировании усиления дорожных одежд использовано только количество приложенных воздействий нагрузки за срок службы не достаточно для прогнозирования работоспособности дороги;

2) существующие методы оценки надежности дорожных одежд не имеют практического применения в объемах сети дорог республики, отсутствуют практические критерии предельных состояний накопления пластических деформации;

3) значительное отличие интенсивности и периодичности увлажнения грунтов не позволяют оценивать прочность конструкций с высоким уровнем достоверности при использовании в расчетах только климатических коэффициентов по районированию;

4) механическая сегрегация (перемешивание) материалов дорожной одежды не позволяет проводить расчеты по прочности с достаточно высокой надежностью вследствие изменения состава конструкции;

б) интенсивность замораживания и оттаивания, снижающая прочность асфальтобетона (после 250 циклов снижение на 25%) не учитывается в характеристиках работы дорожной одежды при проектировании и эксплуатации;

7) при повышении устойчивости асфальтобетонного покрытия к структурным разрушениям при низких температурах снижается сопротивление к высоким, что не позволяет обеспечить круглогодично заданный уровень надежности;

8) проводимые диагностические измерения не в полной мере учитывают все особенности эксплуатации участка дороги и главное, объективно не указывают на причины разрушения структуры материалов.

## Роль паспортизации автомобильных дорог при формировании банка дорожных данных

Пожах Н.В.

РУП «Белдорцентр» г. Минск

Информационной основой для получения сведений об автомобильной дороге является технический паспорт, обобщающий технические и эксплуатационные характеристики автомобильной дороги и ее обустройства.

Измерительное оборудование, используемое при проведении полных геодезических работ, совершенствуется, а также расширяется его модельный ряд. В связи с этим, в настоящее время все чаще применяются электронные тахеометры и спутниковую геодезическую аппаратуру, позволяющую определять положение точки на земной поверхности с точностью до первых миллиметров.

Усовершенствование методов измерений и формирование виденья концепции в реализации камеральной обработки изысканий позволило конструктивно подойти к разработке нового нормативного документа ТКП307-2011(02191) «Автомобильные дороги. Порядок проведения технического учета и паспортизации». Разработанный ТКП307-2011(02191) содержит новые принципы определения местонахождения автомобильной дороги. Особенностью принципа является осуществление координатной привязки элементов дороги в заданной системе координат, а также определены требования к системе координат.

На основе полученной информации при техническом учете и паспортизации автомобильных дорог формируется и обновляется база данных корпоративного ресурса дорожного хозяйства (далее БД), который представляет собой единую информационную сеть автомобильных дорог общего пользования. Особенностью БД является сбор, хранение и обработка информации о параметрах, транспортно-эксплуатационном и техническом состоянии автомобильных дорог общего пользования и сооружений на них, учет и анализ ДТП на дорогах общего пользования, автоматизированная система управления зимним содержанием, оценка эксплуатационного состояния автомобильных дорог и др.

В условиях повсеместного внедрения информационных технологий, в том числе ГИС и САПР, необходимо переходить на новые единые технологии, позволяющие комплексно собирать и анализировать всю информацию об автомобильных дорогах на всех этапах их жизненного цикла.

## Перспективные противогололедные материалы для зимнего содержания дорог

Лапаревич С.В., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

На основании проведенных исследований известных противогололедных материалов выявлены наиболее эффективные для зимнего содержания автомобильных дорог РБ:

эффективный противогололедный материал полученный путем модифицирования технической соли  $\text{NaCl}$  I РУ РУП «ГПО «Исларуськалий» реагентом МН (неорганическая соль);

- химико-фрикционный антикоррозионный (ХФА) новый эффективный противогололедный материал, разработанный в Белорусском национальном техническом университете, полученный путем обработки отсева доломита уксусной кислотой.

При его использовании защитный эффект от коррозии металла составляет более 94%. Кроме того данный материал экологически безопасен.

Каждый из представленных материалов обладает определенными достоинствами и недостатками. Их анализ позволил рассматривать как перспективный материал - ХФА, так как:

- получение материала ХФА технологически приемлемо в условиях производственной базы дорожных организаций;
- противогололедный материал имеет параметры, соответствующие химико-фрикционному материалу по СТБ 1158-2008;
- наличие частиц отсева доломита способствует увеличению коэффициента сцепления колес автомобиля с обработанной поверхностью дорожного покрытия и предупреждает аквапланирование при таянии снежно-ледяного наката;
- наличие кальций-магниевого ацетата в составе противогололедного материала позволяет существенно снизить время между распределением противогололедного материала по поверхности проезжей части и началом шавления льда ;
- полученный противогололедный материал содержит на 25-30% меньше зерен размером 5-10 мм, что позволяет снизить фрикционную нагрузку на кузова автотранспорта;
- слеживаемость полученного противогололедного материала на 11-15% меньше, чем у соли технической, что позволяет лучше распределять противогололедный материал по проезжей части;
- производство материала ХФА экономически целесообразно.



**Предотвращение зимней скользкости на дорогах ЛДД-623**

Новик Д.А., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Зимний период года является самым сложным для эксплуатации дорог и организации движения. Состояние поверхности дорог и условия движения зимой формируются под влиянием отрицательной температуры воздуха, ветра, снегопада, метели, гололёда и ограниченной метеорологической видимости, а также сочетания этих факторов.

Зимнее содержание представляет собой комплекс мероприятий включающий: защиту дорог от снежных заносов; очистку дорог от снега; борьбу с зимней скользкостью; борьбу с наледями. Эти мероприятия должны обеспечивать бесперебойное и безопасное движение автомобилей с высокими скоростями и нагрузками, соответствующими требованиям установленным в «Технических правилах ремонта и содержания автомобильных дорог». Для выполнения указанных требований, дорожная эксплуатационная служба, должна обеспечить высокий уровень зимнего содержания дорог. ЛДД 623 входит в состав филиала ДЭУ № 62 РУИ «Минскавтодор - Центр». Находится в г.Узда Минской области, имеет свою производственную базу. Программа работ ЛДД 623 по зимнему содержанию автомобильных дорог разработана на основании документов ТКП 100-2011(02191) и «Инженерная проработка зимнего содержания автомобильных дорог ДЭУ № 62». На основании этих документов ЛДД 623 организует проверку состояния автодорог и безопасность движения на них путем патрулирования. На автодорогах устроено два постоянных снегомерных пункта. В разрезе ЛДД 623 разработаны технологические карты с привязкой к дороге, с указанием пробегов с грузом, холостых пробегов. Для каждого водителя и механизатора разработан регламент работы по зимнему содержанию дорог. Для ликвидации ямочности на дорогах в зимний период приказом по ДЭУ № 62 на ЛДД 623 создана бригада с закреплением соответствующей техники. Для сбора текущей информации от ЛДД, бригад, работающих на автодорогах, и принятия необходимых оперативных решений, организована круглосуточная работа диспетчерской службы и заведена вся соответствующая документация. Связь с подразделениями обеспечивается по телефону, а также посредством радиосвязи. Трудным испытанием для дорожников является зимний период, но благодаря ответственному отношению к своей работе и применению современных технологий, разработок, машин и механизмов дорожная отрасль в надлежащем порядке обеспечивает безопасное, круглосуточное и комфортное движение по артериям нашей страны.

## Конструктивные особенности дорожных одежд, запроектированных с использованием органических вяжущих\*

Василевич А.А.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь постоянно проводятся работы по строительству, реконструкции и капитальному ремонту автомобильных дорог. На дорожное строительство выделяют большие объемы финансовых средств, расходуются значительные материально-технические и трудовые ресурсы.

Главным элементом дороги является дорожная одежда и особенно ее верхняя часть – дорожное покрытие. Дорожная одежда – это слоистая система, состоящая из монолитных и дискретных материалов, предназначенная для восприятия и перераспределения давления от транспортных средств на грунт земляного полотна до допустимого значения в пределах расчетного срока службы. От нее всецело зависит надежность функционирования транспортных связей, удобство и безопасность движения. Она является определяющей срока службы дороги в целом. Требования к дорожной одежде вытекают из запросов транспорта, состава транспортного потока и интенсивности движения. Их разнообразие на дорогах различных категорий приводит к необходимости применять и многослойные конструкции дорожных одежд.

К нежестким дорожным одеждам относятся многослойные конструкции, состоящие из слоев дорожного покрытия, содержащих органические вяжущие и слоев основания, воспринимающих воздействие транспортных средств и природно-климатических факторов, обеспечивая снижение возникающих усилий при передаче их на грунт земляного полотна.

Дорожная одежда состоит из: верхнего слоя покрытия, нижнего слоя покрытия, верхнего слоя основания, нижнего слоя основания и дополнительного слоя основания.

Учет внешних нагрузок в виде числа накопленных осей принято в следующем соответствии:

$$N_1 < 100000 \text{ шт.}; N_2 = 100000 - 375000 \text{ шт.};$$

$$N_3 = 375000 - 500000 \text{ шт.};$$

$$N_4 = 500000 - 1000000 \text{ шт.}$$

$$N_5 > 1000000 \text{ шт.}$$

\*Работа выполнена под руководством профессора И.И.Леоновича.

**Зарубежный опыт диагностирования автомобильных дорог\***

Трус А.И.

Белорусский национальный технический университет

При диагностике автомобильных дорог широко используются не только приборы отечественного производства, но и ряда зарубежных стран; России, Англии, Франции и др. Некоторые из них приведены ниже.

Производитель	Назначение
<b>Россия</b> Передвижная дорожная лаборатория КП-514МП	1) геометрические параметры; 2) коэффициент сцепления, ровность дорожного покрытия; 3) прочность дорожных одежд; 4) ровность по международной системе и поперечная ровность; <b>С измерения коэффициента сцепления, ровности, геометрических параметров – 60 км/ч, 50 км/ч, 25 км/ч соответственно.</b>
<b>США, Швеция</b> Laser Road Surface Tester (RST)	Скорость измерения до 90 км/ч: 1) продольную ровность; 2) поперечный профиль; 3) элементы плана и продольного профиля трассы; 4) текстуру и повреждения поверхности и др.
<b>Англия</b> SCRIM (Sideway force Coefficient Routine investigation Machine)	Оценка сцепных качеств дорожных покрытий. Измерительное колесо поставлено под углом 20° к направлению движения. Измерение может проводиться как с полностью, так и частично заблокированным колесом. Скорость измерения до 85 км/ч.
<b>Канада, Голландия, Чехия и др.</b> ARAN - Automated Road Analyzer	Измерение продольной и поперечной ровности в полосе шириной 3,6 м, геометрических параметров через систему гироскопов, повреждения поверхности покрытия через систему регистрации видеокамерой Скорость измерения до 110 км/ч
<b>Франция</b> SIRANO	Система GERPHO - для съёмки состояния покрытия; APL - для измерения ровности; RUGOLASER - для измерения шероховатости; приборы для определения параметров поперечного профиля; приборы для измерения радиусов поворота и продольных уклонов
<b>Польша, Литва</b> SRT-3 (Skid Resistance Tester)	Измерение сцепных качеств дорожной одежды со скоростью до 60 км/ч.

\*Работа выполнена под руководством проф. Леоновича И.И.

УДК 625.855.3.033.

## Пронизывающая усталостная повреждаемость асфальтобетона при испытании его в режиме контролируемого напряжения

Кравченко С.Е., Зубарь М.В.

Белорусский национальный технический университет

Опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий показывает, что существующая гамма нормативных требований к составляющим асфальтобетона и к самой смеси не гарантирует расчетного срока службы этих покрытий по причине отсутствия функциональности методов определения показателей свойств материалов, то есть невозможности точного воспроизведения при лабораторных исследованиях реальных условий работы асфальтобетонного покрытия. Проведенные исследования позволяют утверждать, что наиболее полно отражающим реальные условия работы материала в условиях воздействия на асфальтобетонное покрытие потока автомобилей может быть усталостная повреждаемость асфальтобетона, определяемая при испытании на динамическую ползучесть циклически сжимающей нагрузкой цилиндрических образцов в условиях режима мягкого нагружения. Сущность методики основана на учете изменения высоты асфальтобетонного образца под воздействием импульсной нагрузки, действующей параллельно его вертикальной оси при температуре 20 °С с целью получения диаграмм цикловой деформации и зависимости нагрузки от деформации на каждом цикле и последующем анализе соотношения упругой и пластической деформаций, деформации упругого последствия и коэффициентов аппроксимирующих функций для максимальной цикловой деформации и для упругой составляющей деформации образца. Усталостный ресурс вновь устроенных и эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий может быть оценен соответственно их расчетным и остаточным сроком службы с учетом усталостной повреждаемости асфальтобетона, представляющей собой пластическую (необратимую) деформацию образца, накопленную им за все циклы испытания и определяемую как разность полных деформаций полученных при расчете реологических упруго-вязко-пластической и упруго-вязкой моделей методом минимизации разности площадей опытной и расчетной диаграмм цикловой деформации.

Принимая во внимание вышеприведенное суммарная усталостная повреждаемость может быть определена по выражению

$$D\% = m \frac{\sigma}{\eta} \cdot t_1 \cdot 100,$$

где  $m$  – количество циклов испытания;

$\sigma$  – прикладываемое напряжение к образцу;  
 $\eta$  – коэффициент, характеризующий развитие необратимых деформаций образца;  $t_1$  – время нагружения (прямого хода) образца в пределах одного цикла.

УДК 624.131.431.3:625.7

### **Влажность грунта земляного полотна и ее влияние на работоспособность автомобильных дорог**

Вырко Н.П.

Белорусский государственный технологический университет

Влажность грунта является одной из характеристик его состояния, которая определяет прочность и устойчивость земляного полотна дороги.

Исследование двух образцов грунта с различной влажностью позволили установить, что весовая влажность второго образца на 4% больше значения первого. Но это не говорит о том, что второй образец более водонасыщен, чем первый. Расчеты показывают, что объемная влажность первого образца была равна 30,4%, пористость – 36,7%, т.е. на 82% поры грунта заполнены водой, поэтому и степень влажности (относительная влажность) первого образца составила 0,82. Объемная влажность второго образца была 28,8%, т.е. поры заполнены всего лишь на 56,5%, пористость 51% и степень влажности – 0,57. Это говорит о том, что первый образец почти полностью заполнен водой, а второй немного более половины, хотя значение естественной влажности второго образца на 4% больше первого. Поэтому при уплотнении грунтов необходимо знать не только естественную влажность, но и относительную.

Как показывают исследования, для получения наиболее плотной структуры грунта, необходимо чтобы влажность была такой, при которой его пористость составляла в пределах 4-6%. Если ее значение будет меньше или больше, то структура будет неустойчивой. Отсюда следует, что максимальную плотность грунта можно получить при какой-то определенной влажности, которую называют оптимальной.

При оптимальной влажности грунта на его уплотнение до максимальной плотности затрачивается минимум работ. При избыточной влажности, превосходящей оптимальную, модуль упругости грунта, в том числе и земляного полотна, начинает резко падать.

1. Вырко, Н.П. Дорожное грунтоведение с основанием механики грунтов./ Н.П. Вырко, И.И. Леонович. – Минск: Высшая школа, 1977. – 223с.
2. Устройство земляного полотна автомобильных дорог: П2-02 к СниП 3.06.03-85.

**Прогноз усталостной повреждаемости асфальтобетона при испытании его в режиме контролируемой деформации**

Кравченко С.Е., Сафонов М.Д.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее достоверным методом изучения сопротивления материалов циклическому упруго-пластическому деформированию является испытание при постоянных амплитудах деформации-жесткое нагружение. Образец, изготовленный из асфальтобетона в форме параллелепипеда, подвергается кинематическому воздействию – периодически изгибается с фиксированным заданным прогибом.. На каждом цикле испытания фиксируется значение силы, требуемой для обеспечения заданного прогиба образца.

Анализ диаграммы  $F - \Delta l$ , полученной для каждого цикла испытания образца, показывает, что при нагружении образца в пределах одного цикла зависимость между силой  $F$  и деформацией  $\Delta l$  имеет четко выраженный нелинейный характер. Это подтверждает, что в образце происходят пластические деформации  $\Delta l_p$ . Разгрузка образца происходит по близкому к линейному закону – часть деформации исчезает. При этом, следует отметить, что накопленные пластические деформации образца включают две составляющих деформации – пластические деформации, вызванные нагружением в рассматриваемом цикле, и деформации, связанные с повреждением образца за счет предыдущих циклов. Таким образом, в расчете принимается схема, когда часть пластических деформаций, появившихся в предыдущих циклах, переходит в повреждения образца, снижающие сопротивление образца изгибу. С ростом номера цикла, его начало все в большей степени смещается на диаграмме вправо, то есть происходит последовательный процесс накапливания пластических деформаций в образце по сравнению с их значением на первом цикле

Как показали результаты испытаний и расчеты по программе *ROTOR* с каждым последующим циклом граничное напряжение  $\sigma_{cr}$  уменьшается. Это происходит потому, что с каждым очередным циклом испытания в части образца, имеющей пластические деформации, происходит разрушение какой-то доли этой части. Поэтому граничное напряжение не является истинно пределом текучести  $\sigma_y$ , а лишь приведенной величиной, отражающей сам предел текучести и размер части образца, получившей повреждение. Таким образом, имея закон изменения граничного напряжения  $\sigma_{cr}$ , можно дать оценку накопления повреждений образца по мере увеличения количества циклов.

# **Транспортные сооружения**

## Усиление монолитных перекрытий транспортных сооружений с использованием стержневой системы преднапряжения

Вайтович А.Н., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Часто железобетонные монолитные перекрытия в транспортных зданиях и сооружениях, когда они незащищены от воздействия окружающей среды, подвергаясь постоянным циклам замораживания-оттаивания, существенно теряют свою несущую способность. Неоднократно такие проблемы возникали при нарушениях и непредвиденных сбоях технологии производства работ или из-за временной остановки строительства.

Для восстановления несущей способности перекрытий можно произвести его усиление при помощи системы преднапряжения, разработанной на кафедре «Мосты и тоннели». Данное решение основано на принципе внешнего армирования с применением стержневой арматуры. Представленное техническое решение направлено на возможное полное использование существующих конструкций, обеспечения работы существующих и конструкций усиления как единое целое при максимальной эффективности усиления и снижения трудоемкости работ.

Наиболее достоверно и удобно рассчитать системы преднапряжения конструкций позволяет модуль «Tendon», программного комплекса SOFiSTiK.





**Исследование напряженно-деформированного состояния  
пустотной балки железобетонного пролетного строения**

Мацкевич А.С., Артимович В.С.

Белорусский национальный технический университет

Перспективность применение пустотных конструкций в мостовом строительстве для разрезных пролетных строений длиной 12;15;18м в основном обоснована, однако их широкое внедрение не получило развития из-за отсутствия надежной технологии изготовления и более совершенных решений конструкций.

Идеальным решением пролетного строения была бы пустотная плита из монолитного железобетона, возводимая на всю его ширину непосредственно на объекте строительства, однако это сложная задача и требует больших трудозатрат. Имеются решения неразрезных пролетных строений для эстакад длиной 20-70см., состоящие из одноконтурных или многоконтурных коробчатых балок, изготавливаемых секциями индустриальным способом.

Одним из преимуществ пустотных конструкций является их повышенная способность, благодаря наличию замкнутого контура, противостоять кручению – в отличие от типовых решений тавровых балок, которые к тому же имеют и большую высоту сечений, что не приемлемо для эстакад и путепроводов.

При этом способность пустотной балки противостоять кручению будет выше, если будет обеспечена недеформируемость контура поперечного сечения, а это можно достичь за счет утолщения стенок и плит, при котором изгибом из их плоскости можно пренебречь.

Для разрезных пролетных строений путепроводов и эстакад предлагаются однопустотные и двухпустотные балки с высотой сечения  $1/20l$ , которые следует всесторонне исследовать.

Расчет пустотных конструкций с высокой степенью точности результатов - сложная и трудоемкая задача.

Принимаемые для упрощения этих расчетов различные гипотезы не позволяют учесть некоторые факторы напряженно-деформированного состояния пустотных конструкций, что снижает качество результатов поэтому применение в практику расчета более нового программного обеспечения к ЭВМ и некоторых данных экспериментальных исследований позволит достаточно точно оценить реальную работу этих конструкций.

## Подбор параметров кондиционирования при щитовой проходке тоннелей с пеногрунтовым пригрузом забоя

Кузьмицкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

Дальнейшее развитие линий Минского метрополитена сопряжено, как показывают выполненные ОАО «Минскметропроект» проектные разработки, с необходимостью проходки перегонных тоннелей в сложных геологических и городских условиях. Анализ зарубежного опыта показывает, что развитие линий Минского метрополитена может быть эффективным только с использованием ТПМК с грунтовым пригрузом забоя. Сущность технологии с применением ТПМК состоит в том, что состояние равновесия забоя активно поддерживается формируемой в призабойной камере щита опорной средой, противодействующей горизонтальному давлению грунта и грунтовой воды. В качестве такой среды действует разрабатываемый ротором щита грунт с улучшенными свойствами. Улучшение свойств (кондиционирование) разрабатываемого грунта необходимо для придания любому виду грунта таких свойств, как однородность, водонепроницаемость, пластическая текучесть, а также уменьшение адгезии и абразивности. Для этого в призабойную камеру щита инъецируют водный раствор пенного реагента и сжатый воздух, создающие техническую пену, кондиционирующую грунт.

Анализ зарубежного опыта показывает, что для эффективного использования конкретного по химическому составу пенообразователя решающее значение имеют следующие параметры пены:

- концентрация пенообразователя в водном растворе (С, %);
- содержание воздуха в пене (кратность пены) – по международной терминологии параметр FER;
- отношение водного раствора реагента к объему разработанного грунта – параметр PIR;
- время жизни пенообразователя – параметр T50;

Параметры FER и PIR для каждого вида грунта и химического состава реагента предварительно определяют в лабораторных условиях.

Оптимальное содержание пенообразующего реагента в водном растворе (С) определяют по максимальной получаемой кратности пены. Значение параметра PIR для несвязных грунтов можно определять на образцах грунта путем введения в него пены до получения требуемого пластического состояния, определяемого по расплыву конуса Вика. При испытаниях глинистых грунтов в порцию грунта вводится постепенно порция водного раствора пенообразователя с одновременным

перемешиванием с частотой вращения 6 мин-1 до приобретения грунтом пластического состояния, уменьшения его липкости и сопротивления сдвигу. Достоинством данной технологии является то, что в качестве кондиционера грунта используют специальные экологически чистые и биологически разлагаемые полимеры и разрабатываемый в забое грунт не требует для своего вывоза специальной обработки.

УДК 639.735

### **Причины порыва трубопровода аммиака холодильной установки Бобруйского мясокомбината**

Бойко В.И., Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

В докладе приведены результаты исследования причин развития деформаций и возникновения аварийной ситуации на трубопроводе аммиака компрессорного цеха холодильной установки Бобруйского мясокомбината. Аммиак относится к сильнодействующим ядовитым веществам. По этой причине утечка его приводит к возникновению очага поражения, в пределах которого создается угроза здоровью и жизни людей. В то же время утечка аммиака из технологического трубопровода приводит к нарушению работы холодильного оборудования и, как следствие, нарушению режимов хранения продукции. Исследование причин порыва трубопровода аммиака показало, что при прокладке его не учтен ряд факторов. Это температурные воздействия и деформации труб при прохождении аммиака, деформации, связанные с нарастанием значительного количества льда по причине некачественного утепления трубопровода. Сочетание этих факторов привело к возникновению значительных напряжений в трубопроводе и его порыву с выбросом аммиака в атмосферу. Для исключения влияния указанных факторов предложено заменить конструкцию крепления трубопровода, применив опоры, позволяющие беспрепятственно деформироваться трубам. Предложено демонтировать утеплитель, применив современные материалы для утепления труб, исключая образование льда. Предложена технология и последовательность выполнения ремонтных работ, позволяющая минимизировать время, необходимое для ремонта, а соответственно, максимально сохранить требуемый температурный режим в холодильных камерах. Выполненные исследования позволили значительно повысить надежность работы трубопровода, исключить развитие нештатных ситуаций на предприятии связанных с выбросами аммиака и остановкой холодильного оборудования.

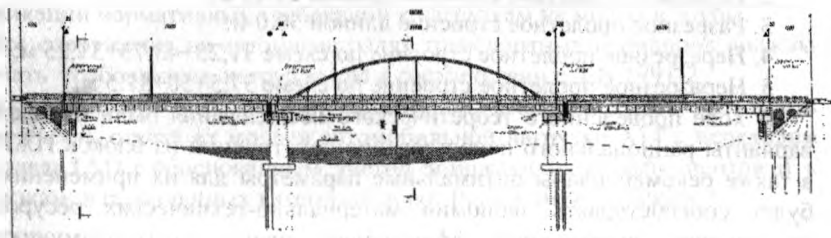
## Проектирование нового арочного пролетного строения в ходе реконструкции моста на автомобильной дороге "Междуречье-Каменское-Дальнее"

Калоша М.В., Гвардейцев А.И.

Белорусский национальный технический университет

Реконструкция моста в Калининградской области через реку Преголя в поселке Междуречье. Существующий мост не используется около 20 лет (со слов местных жителей). Мост немецкой постройки пролетные строения – 2 фермы с консолями (консоли перекрывают судоходный пролет) и одна обычная ферма. Фермы с ездой посередине. В ходе обследования пролетного строения проводился анализ стали моста, в результате было определено, что сталь очень хрупкая. Было принято решение заменить пролетные строения. Один из новых пролетов арочный, с жесткой затяжкой и вантовыми подвесками полная длина пролета 45,8 метров. Нижний пояс в виде двугавра в опорном узле в виде коробки. Гибкая арка И-образного профиля. Габарит моста Г-10+2х1,5. Ширина моста 14,51 метра. Шаг поперечных балок и подвесок 4,5 метра. В ходе рассмотрения множества вариантов схем моста, была выбрана схема 14,8х45,8х34,8. Плита проезжей части железобетонная. Расчеты пролета были сделаны «в ручную» и с помощью программного комплекса SOFiSTiK.

Научный руководитель работы канд. техн. наук, доцент Пастушков В.Г.



**Особенности применения конструкций сборных временных мостов  
на автомобильных дорогах**

Гулицкая Л.В., Шиманская О.С., Шатохин Д.А.  
Белорусский национальный технический университет

С целью повышения экономической эффективности и оптимизации инвестиций в транспортные коммуникации была изучена возможность использования секций металлических пролетных строений наплавных железнодорожных мостов НЖМ-56 в качестве пролетных строений пешеходных, коммуникационных и автодорожных мостов. При этом теоретическими расчетами были определены оптимальные параметры для их применения.

При изучении были рассмотрены различные варианты конструкций проезжей (прохожей) части для более гибкой привязки проектных решений к местным условиям в зависимости от возможностей использования:

1. Вариант с металлической прохожей частью шириной 2 м из рифленой стали.
2. Вариант с деревянной прохожей частью шириной 3 м.
3. Вариант с железобетонной плитой прохожей части шириной 2 м, включенной в совместную работу с металлической балкой (сталежелезобетонное сечение).
4. Вариант с железобетонной плитой прохожей части шириной 3 м, включенной в совместную работу с металлической балкой (сталежелезобетонное сечение).
5. Вариант с железобетонной плитой прохожей части шириной 4 м, включенной в совместную работу с металлической балкой (сталежелезобетонное сечение).

Длины пролетов при изучении выбирались кратными длине секции 6,25 м. Рассматривались пролетные строения со следующими схемами:

1. Разрезное пролетное строение длиной 37,5 м;
2. Разрезное пролетное строение длиной 43,75 м;
3. Разрезное пролетное строение длиной 50,0 м;
4. Неразрезное пролетное строение по схеме  $31,25+43,75+31,25$  м;
5. Неразрезное пролетное строение по схеме  $37,5+50+37,5$  м.

В ходе проведенного теоретического исследования были предложены варианты рационального использования конструкций из блоков НЖМ-56, а также рекомендованы оптимальные параметры для их применения, что будет способствовать экономии материально-технических ресурсов и повышению экономической эффективности транспортных коммуникаций.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования имеющихся в наличии не востребованных мостовых конструкций из блоков НЖМ-56 в качестве пролетных строений временных сборно-разборных либо постоянных пешеходных, коммуникационных и автодорожных мостов.

УДК 691.328.07

### **Разработка нормативных документов нового поколения, гармонизированных с Еврокодами**

Пастушков Г.П.

Белорусский национальный технический университет

Республиканским унитарным предприятием «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ» совместно с Белорусским национальным техническим университетом подготовлены и Министерством строительства и архитектуры Республики Беларусь с 01.01.2010 г. введены в действие технические кодексы установившейся практики (ТКП EN) и национальные приложения к ним по проектированию мостовых сооружений, гармонизированные с нормами проектирования Евросоюза: ТКП EN 1991-2, ТКП EN 1992-2, ТКП EN 1993-2, ТКП EN 1994-2.

Предлагаемые документы содержат последние достижения науки в области теории расчета и сохраняют все лучшее и передовое из СНиП 2.05.03-84\*.

Разработка единых европейских норм по проектированию строительных конструкций – Еврокодов (Eurocodes), которые базируются на методе расчета по предельным состояниям, «направлена на обеспечение возможностей свободного перемещения между государствами продукции, материалов, технологий, услуг и научной мысли в области строительства».

Международная экономическая интеграция выдвигает в число важнейших в первую очередь проблему межгосударственной унификации нормативных требований к нагрузкам на мосты и трубы.

Все сооружения на автомагистралях транспортных коридоров должны отвечать требованиям нагрузок LM в соответствии с EN 1991-2.

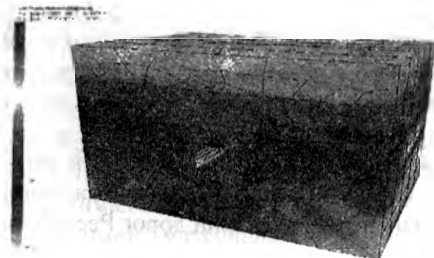
В ближайшие пять лет на переходном этапе следует рассмотреть возможность отказа от модели автомобильной нагрузки A14 с переходом на модель LM1 с обоснованным учетом понижающих коэффициентов  $\alpha_1$  к нагрузкам для различных категорий дорог Республики Беларусь.

**Исследование напряженно-деформированного состояния  
конструкции железобетонного коллектора  
с учетом работы с окружающим грунтом**

Пастушков Г.П., Вашкевич Ю.К.

Белорусский национальный технический университет

Строительство ливневого коллектора в г.Минске осуществляется бестраншейным способом по технологии микротоннелирования тоннелепроходческим комплексом AVND 2400 AB . При значительной длине участка прокладываемого трубопровода, через каждые 80 - 120 м продавливания используют промежуточные домкратные станции. Промежуточные и основная домкратные станции при проходке включаются последовательно с пульта управления, начиная с первой. При строительстве коллектора "Центр" методом микротоннелирования железобетонная рабочая труба в процессе продавливания наращивается отдельными секциями (трубами) длиной 3,0 м. Внутренний диаметр труб составляет 2,4 м, наружный - 3,0 м. Изготовление труб налажено на ОАО "Спецжелезобетон" в г.Микашевичи и УПТК Треста №15 по техническим условиям ТУ 100.230600.598 - 2008 "Трубы железобетонные диаметром 2400 мм для устройства микротоннелей", разработанным РУП "Институт БелНИИС". Производство работ по строительству коллектора выполняется по технологической карте, разработанной ОАО "Оргстрой". При расчете конструкций, работающих в режиме взаимовлияющих деформаций с окружающим грунтовым массивом, необходимо обделку и окружающий ее грунтовый массив рассматривать как единую систему. Напряженное состояние обделки и грунтового массива находят из условия совместности перемещений обделки и контура выработки в процессе расчета всей деформируемой системы. Расчеты по такой схеме проводились по методу конечных элементов с привлечением программного комплекса SOFiSTiK. Показана возможность совершенствования конструкции железобетонной трубы.



## Разработка базовых проектных предложений по созданию неразрезных сталежелезобетонных пролетных строений с монолитной плитой из высокопрочного бетона

Жмакова Е.Л.

Государственное предприятие «Белгипродор»

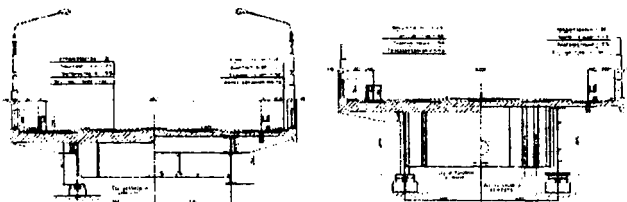
Одним из перспективных направлений развития и совершенствования сталежелезобетонных конструкций является повышение их несущей способности, жесткости и трещиностойкости за счет объединения стальных элементов с монолитным бетоном в статически неопределимые конструкции

В неразрезных сталежелезобетонных пролетных строениях с монолитной плитой возможно применение основных трех вариантов компоновки конструкции: а) применение в зоне отрицательных моментов стальных монтажных блоков с ортотропной плитой проезжей части вместо железобетонной; б) устройство в надопорных участках зон усиленного армирования для ограничения значения раскрытия трещин; в) создание зоны сжимающих напряжений в бетоне монолитной плиты из условия обеспечения требуемой категории трещиностойкости.

В работе рассмотрены предложения новых конструктивных решений статически неопределимых сталежелезобетонных конструкций с напрягаемыми стыками на опорах и регулированием усилий для пролетных строений мостов.

Особенностью этих предложений является выполнение регулирования усилий при монтаже стальных элементов с целью включения в работу по неразрезной схеме всех нагрузок, прикладываемых до натяжения арматуры.

Балочно-неразрезные сплошностенчатые сталежелезобетонные пролетные строения выполнены с монолитной плитой проезжей части. Монолитная плита изготовлена из высокопрочного бетона, использована напрягаемая арматура.





## Разработка базовых проектных предложений по созданию монолитных плитных пролетных строений

Денищик И.С.

Государственное предприятие «Белгипродор»

Транспортные сооружения из монолитного бетона, как показывают обследования эксплуатируемых сооружений, обладают повышенной долговечностью.

Особо следует подчеркнуть важность создания эффективных конструктивно-технологических решений транспортных сооружений, в которых конструктивные решения строго увязаны с высокоиндустриальной технологией изготовления монолитных конструкций.

Строительство сложных транспортных сооружений, таких как мосты, требует разработки и применения бетонов, обладающими высокими физико-механическими характеристиками.

В практике строительства начала 21-го века появились высококачественные бетоны, сверхкачественные и ультрасверхкачественные бетоны, для которых помимо прочности все больше внимания уделяется и другим важным конструктивно-технологическим характеристикам свойств бетонов (показателям долговечности, удобоукладываемости, плотности и т.д.).

Применение технологии предварительного напряжения с натяжением на бетон в построечных условиях является одним из наиболее перспективных направлений развития монолитного железобетона в современном строительстве.

Эта технология позволяет возводить пролетные строения с наименьшей толщиной плиты.

Преднапряженные канаты, состоящие из высокопрочных прядей, помещенных в оболочку из ПЭВИ со смазкой, размещаются или закрепляются в опалубке, а затем, после процесса бетонирования и набора бетоном достаточной передаточной прочности производится их последующее натяжение на бетон при помощи гидравлического домкрата.

Передача усилий преднапряжения на бетон осуществляются при помощи устанавливаемых на концы напрягаемых прядей анкерных устройств.

Приводится пример использования программного комплекса SOFiStiK для расчета плитного пролетного строения путепровода из монолитного бетона оригинальной архитектурной формы.

## Перспективы развития деревянного мостостроения (Часть 1)

Расинская Л.Г., Голочалов С.А.

Белорусский национальный технический университет

Проблеме проектирования и строительства деревянных мостов в настоящее время придается особое значение. За последние 15-20 лет древесина за рубежом приобрела широкое признание и стала конкурентоспособным строительным материалом для мостовых конструкций. Первый деревянный мост был создан самой природой. Это был ствол дерева, который подгнил и упал через русло. С древних времен дерево и камень использовались как основной материал для строительства мостов. Одним из основных достоинств дерева по сравнению с другими строительными материалами является постоянное обновление его запасов (самовосстановление в природе). Это отметил еще много лет назад один из основателей отечественного мостостроения Евгений Евгеньевич Гибшман. Благодаря малому объемному весу, легкости обработки, простоте устройства сопряжений, химической стойкости и экологичности дерево является удобным строительным материалом.

С архитектурной точки зрения деревянные мосты также заслуживают внимания. Природный материал имеет выразительную структуру, создает впечатление легкости, эlegantности, гармонично вписывается в окружающий ландшафт. Основным недостатком старых деревянных мостов являлась их недолговечность и необходимость частого ремонта. Хотя известен ряд деревянных мостов, которые просуществовали и существуют столетиями, например, известный крытый мост Капельбрюкке в Люцерне (Швейцария), построенный еще в XIV веке. Чтобы сохранить его неоднократно ремонтировали и восстанавливали. С появлением клееных конструкций появилась возможность расширить использование древесины для строительства постоянных мостов. Реальные гарантированные сроки службы деревянных мостов из клееной древесины определены в 50 лет и более в зависимости от технологии ее подготовки к длительной эксплуатации. Длительный срок эксплуатации деревянного моста обеспечивает хорошая сохранность антисептированной древесины и отсутствие расслоения клеевых швов.

На дорогах многих стран построены и успешно эксплуатируются десятки тысяч современных деревянных мостов различной конструкции, в том числе и композичных из армированной клееной древесины, клееной древесины и железобетона. Такие страны как, США, Канада, Швеция, Норвегия, Финляндия, Австралия, Япония развивают деревянное мостостроение.

**Перспективы развития деревянного мостостроения (Часть 2)**

Расинская Л.Г., Голочалов С.А.

Белорусский национальный технический университет

Лидирующее положение по применению древесины в мостовых сооружениях занимают США, Канада, Норвегия, Финляндия, Швеция и Австралия. В США и Канаде, в Скандинавских странах были созданы специальные правительственные программы по деревянным мостам. Например, в США за 1988-1998 годы было построено 2762 деревянных мостов, из них 419 – показательные мосты новой конструкции различных систем. Еще в период 1967-1981 годов были разработаны типовые проекты разрезных и неразрезных пролетных строений клееных балок заводского изготовления длиной 6, 9, 12, 15, и 18 м – разрезных и  $18+24n+18$  м и  $21+33n+21$  м – неразрезных. Изучались вопросы, связанные с разработкой конструкций из древесины, армированной другими материалами. Впервые в мировой практике в 1975 г. был построен клееный деревянный мост длиной 9 м, армированный стеклопластиковой арматурой по проекту кафедры «Мосты и тоннели» Хабаровского политехнического института. На дорогах Дальнего Востока также было построено семь пролетных строений из клееной древесины, объединенной с железобетонной плитой проезжей части. Значительный объем теоретических и научных исследований выполнены в Союздорнии, НИСИ, в ЦНИИСК им. Кучеренко. Так по проекту ЦНИИСК в 1997 году был построен и сдан в эксплуатацию оригинальный висячий крытый пешеходный переход (путепровод) через МКАД длиной 102 м по схеме  $24,3+2x28,5+24,3$ . Несущий кабель, балка жесткости, пилоны и подвески выполнены из клееной древесины. Расстояние между осями пилонов – 3,8 м (поперек моста). Несущий кабель в середине центральных пролетов объединен с балкой жесткости. Стрела кабеля – 5,8 м. Система внешне безраспорная, т.к. концы кабеля жестко объединены с балкой жесткости. Стойки пилона из клееной древесины шарнирно опираются на железобетонные опоры высотой 5,3 м. Клееные конструкции балочной, арочной, рамной, висячей и вантовой систем чаще всего используются для пешеходных мостов. Особенностью современных клееных мостов является их индустриальность. Конструкции изготавливаются на заводах. Пролетное строение монтируется в короткие сроки из полностью готовых элементов или блоков при этом благодаря заводскому изготовлению обеспечивается качество и упрощается монтаж. На основании опыта зарубежных стран белорусские мостостроители должны пересмотреть свое отношение к дереву как строительному материалу. Наша страна имеет большие запасы леса. В гражданском и промышленном строительстве довольно широко

внедряются клееные конструкции, а деревянное мостостроение, к сожалению, не развивается. Использование высококачественной, прочной и долговечной древесины в индустриальных конструкциях мостов может принести высокий экономический эффект.

УДК 624.6.014.2

**Разработка нового сталежелезобетонного пролетного строения в ходе реконструкции автодорожного моста на автомобильной дороге «Междуречье-Каменское-Дальнее»\***

Гвардейцев А.И., Калоша М.В.

Белорусский национальный технический университет

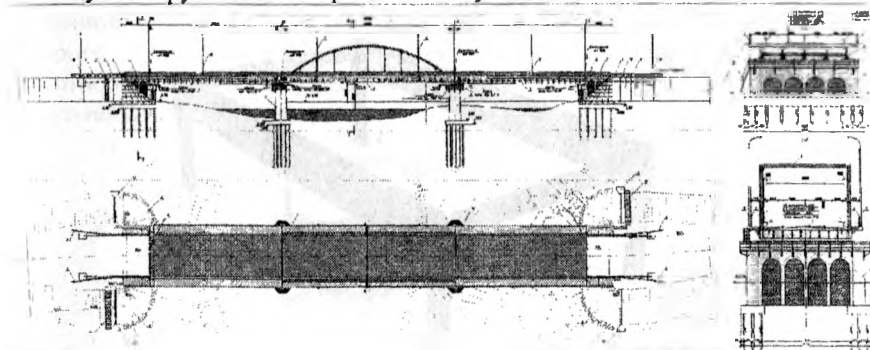
В первом варианте рассмотрено разрезное сталежелезобетонное пролетное строение по схеме 34,8+45,8+34,8 м. Крайние пролеты состоят из 5 главных балок двугаврового сечения, высотой 1,225 м, выполненных сварными из листовой стали 10ХСНДА и объединенных в пространственную конструкцию системой поперечных балок совместно с железобетонной плитой проезжей части переменной толщины.

Сварные элементы пролетного строения объединяются монтажными стыками на высокопрочных болтах из стали 40Х.

Плита проезжей части переменной толщины бетонируется поверх главных, продольных и поперечных балок. Для включения плиты в совместную работу с балками к их верхним поясам приварены гибкие стержневые упоры высотой 150 мм.

Железобетонная плита проезжей части выполнена из бетона класса по прочности на сжатие В30, марки по морозостойкости F200, по водонепроницаемости W6. Плита проезжей части бетонируется по стадиям.

\*Научный руководитель работы Пастушков В.Г.



## Расчет металлической балочной клетки в учебном комплексе SCAD

Матузь А.Е.

Белорусский национальный технический университет

SCAD Office - система нового поколения, разработанная инженерами для инженеров и реализованная коллективом опытных программистов.

В состав системы входит высокопроизводительный вычислительный комплекс, а также ряд проектирующих и вспомогательных программ, которые позволяют комплексно решать вопросы расчета и проектирования стальных и железобетонных конструкций.

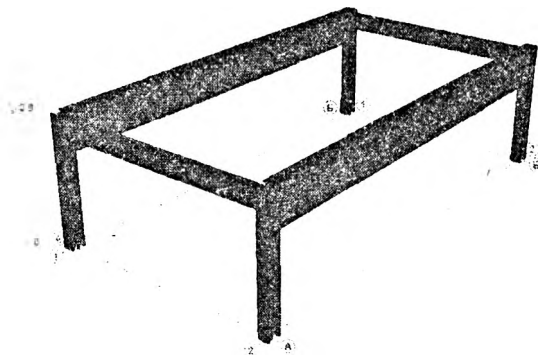
Целью моей работы – применить данный комплекс при выполнении курсового проекта “Многоэтажное транспортное здание” и тем самым облегчить многочисленные расчеты.

Для осуществления поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- Компоновка балочной клетки с заданными размерами;
- Подбор соответствующих сечений (двутавр) для балок и колонн;
- Формирование комбинаций загрузки;
- Выполнение графического анализа;
- Получение и проверка результатов.

Актуальностью данной работы является то, что в 21 век – век инновационных технологий – ни одна проектная организация не обходится без использования современных вычислительных комплексов.

Поэтому важно, чтобы каждый выпускник строительной специальности имел навыки владения такими инженерными программами, как Scad, Sofistik и др.



**Разработка конструктивно-технологических решений железобетонных пустотных балок пролетных строений**

Мацкевич А.С., Ортнер Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Для изготовления пустотных балок пролетных строений автодорожных мостов используются извлекаемые цельно замкнутые инвентарные пуансоны и не извлекаемые вкладыши из синтетических материалов. Применение цельно замкнутых пуансонов требует определения оптимального времени их извлечения, так как неточности в определении времени их извлечения приводят в одном случае к трещинообразованию по верхней грани, а во втором - к проседанию бетонной смеси полки плиты внутрь пустоты. Применение не извлекаемых вкладышей влечёт за собой удорожание конструкций, так как они используются одноразово и остаются в конструкции на весь её срок службы.

На качество пустотных балок влияют физико-механические свойства бетонной смеси, способы и режим ее уплотнения, конструкция армирования верхней полки плиты, время выдержки до начала извлечения пуансона и технология его извлечения.

Такая многочисленная зависимость качества пустотных конструкций пролетных строений мостов от выше перечисленных факторов требует поиска новых технологических решений для их производства.

С целью улучшения качества пустотных конструкций, их совершенствования, а также для создания условий их широкого внедрения разработана конструкция пустотообразователя, корпус которого складывается вовнутрь самого пустотообразователя.

Для пустотных балок, у которых свод в верхней части отсутствует предусмотрена конструкция складывающегося пустотообразователя с усеченной верхней частью и одним откидным элементом, конструкция которого представлена на (рис. 1). Складывание корпуса пустотообразователя осуществляется при помощи центральной тяги относительно верхнего шарнира.



Рис.1. Схема пустотообразователя

## **Влияние геометрических параметров на надежность несущих плитных железобетонных конструкций**

Нестеренко В.В.

Белорусский национальный технический университет

В результате проектирования несущих железобетонных конструкций должна обеспечиваться соответствующая степень их надежности.

Расчетная модель для каждого рассматриваемого предельного состояния должна включать определенный набор базисных переменных, представляющих физические величины, которые характеризуют воздействия и влияние окружающей среды, свойства материалов, грунтов и геометрические параметры. Если погрешность базисной переменной оценивается как существенная, то ее следует представлять как случайную переменную.

Геометрические параметры характеризуют форму, размер и пространственное расположение конструкции, элементов конструкции и поперечных сечений.

При проектировании необходимо учитывать возможную изменчивость геометрических параметров. Величины таких колебаний определяются условиями, связанными с уровнем качества изготовления и возведения конструкции на строительной площадке.

В тех случаях, когда отклонение геометрических параметров от установленных значений может иметь значительное влияние на поведение и прочность конструкции, эти геометрические параметры следует либо рассматривать как случайные переменные, либо косвенно учитывать в моделях воздействий или свойств конструкции.

Отклонения геометрических параметров должны соответствовать технологическим допускам изготовления конструкций, которые принимают согласно ГОСТ 21778 в пределах установленных в ГОСТ 21779 классов точности выполняемых процессов и операций.

В результате расчетного анализа с помощью программного комплекса «Прогноз», разработанного на кафедре «Мосты и тоннели», установлено, что уровень надежности плитных несущих железобетонных конструкций не зависит от класса точности их изготовления для геометрических размеров поперечного сечения.

Таким образом, при проектировании допускается принимать, что геометрические размеры поперечного сечения плитных железобетонных конструкций не являются случайными величинами и соответствуют номинальным размерам, указанным в рабочих чертежах.

## Рынок труда в дорожном строительстве

Ляхнович Ю.С., Родевич Е.М., Галковская Л.А.  
Белорусский национальный технический университет

Рынок труда в дорожном строительстве отличается от рынка труда в других отраслях по отраслевым различиям и профессиональной специфике.

Освоение рыночных механизмов все в большей мере заставляет каждого человека взвешено, ответственно задумываться над правильностью выбора профессии, сферы образования, трудовой деятельности.

В этих условиях представляется необходимым развитие науки и практики маркетинга рынка труда (рабочей силы).

Его целью представляется обеспечение стабильности кадрового состава дорожно-строительных организаций, обуславливающей их эффективную деятельность, планомерность их развития.

Экономический смысл маркетинга рынка труда состоит в обеспечении следующих результатов:

1. формирование конкурентоспособной рабочей силы по всему спектру профессий дорожно-строительного комплекса;
2. продвижение рабочей силы на рынке труда;
3. удовлетворение потребностей работодателей по количественным и качественным параметрам рабочей силы;
4. ускорение отдачи от инвестиций в человеческий капитал;
5. обеспечение конечной прибыли дорожно-строительных организаций.

Анализируя рынок труда в дорожном строительстве на современном этапе развития можно сделать вывод, что наиболее востребованными являются инженерные профессии.

Одним из неперемennых условий, которое выдвигают работодатели при приеме на работу, является наличие высшего инженерно-строительного образования и опыта работы, также потребуются знание нормативной базы, материально-технических норм, строительных технологий, владение специальными программами типа AutoCAD, ГрандСмета, Строитель.

На сегодняшний день в сложных экономических условиях, характеризующихся падением рентабельности импорта, ростом цен, падением покупательской способности населения и девальвацией белорусского рубля, актуальным является вопрос оттока строительных кадров за рубеж.



## Диагностическая система оценки профессорско-преподавательского состава\*

Ляхнович Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

Качество в системе образования – многокомпонентное явление, включающее в себя качество учебного процесса, образовательных программ, материально-технической базы и информационно-образовательной среды, а также качество работы профессорско-преподавательского состава. Актуальным является вопрос контроля и управления качеством услуг, предоставляемых Белорусским национальным техническим университетом. Одной из форм государственного контроля за обеспечением качества образования является аттестация. В связи с недавним проведением аттестации на факультете транспортных коммуникаций БНТУ важным является вопрос качества работы профессорско-преподавательского состава.

Диагностическая система оценки профессорско-преподавательского состава позволяет определить показатели, характеризующие степень развития профессиональных и личных качеств преподавателя (П) и уровень квалификации (К), а также сопоставить результаты труда преподавателей (Р) с учетом уровня сложности выполняемых ими функций (У). Расчет комплексной оценки результатов труда и профессиональных качеств преподавателя (Д)  $D = П \times К + Р \times У$

Каждый признак профессиональных и личных качеств имеет 3 уровня проявления и оценивается по принципу отклонения от среднего значения. При соответствии конкретного признака среднему уровню его количественная оценка = 1.0, ниже среднего = 0.75, выше среднего = 1.25.

Оценка всей совокупности признаков производится путем суммирования оценок признаков, умноженных на их удельную значимость:

$$П = \sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot x_i$$

$i$  – порядковый номер признака;  
 $j$  – уровень проявления признака;  
 $a_{ij}$  – количественная мера признака у работника;  $X_i$  – удельная значимость признака в общей оценке.

Признаки профессиональных и личных качеств преподавателя могут быть следующими: профессиональная компетентность, систематическое повышение квалификации и своего профессионального уровня, организаторские умения и навыки, умение планировать и распределять работу между студентами, стимулировать творческую инициативу

учителей, активное участие преподавателя в общественной и научной деятельности.

Уровень квалификации К можно оценить с помощью коэффициента профессиональной перспективности:

$K = Oy.обр (1 + C/4 + B/18)$ , где Oy.обр - оценка уровня образования: ассистент – 1,0; старший преподаватель – 1,25; кандидат технических наук, доцент – 1,5; доктор технических наук, профессор – 1,75.

Руководитель работы Галковская Л.А.\*

УДК 624

### **Маркетинговые исследования в Стройтресте № 1**

Галковская Л. А., Позднякова Ю. В., Бобровская О. С.  
Белорусский национальный технический университет

Современная экономика характерна взаимодействием трех основных ее субъектов: производителя, потребителя и государства. Каждый из этих участников хозяйственных процессов имеет конкретные цели, в соответствие с которыми и строит свою деятельность. В условиях рыночного хозяйства для успешной работы его субъектов особое значение приобретают глубокие знания рынка и способность умело применять инструменты воздействия на складывающуюся на нем ситуацию. Совокупность таких знаний и инструментов и составляют основу маркетинга.

Маркетинговый анализ предполагает определение и оценку рынков предприятия и внешней среды маркетинга с целью выявления привлекательных возможностей, обнаружения трудностей и слабых мест в работе предприятия. Эффективный маркетинговый анализ является необходимым условием разработки планов маркетинговых мероприятий, а также он выполняется в процессе их реализации.

Маркетинг является одним из видов управленческой деятельности и влияет на расширение производства и торговли путем выявления запросов потребителей и их удовлетворения. Он увязывает возможности производства и реализации товаров и услуг с целью покупки продукции потребителем.

Маркетинг не начинается там, где завершается производство. Напротив, характер и масштабы производства диктуются маркетингом. Эффективное использование производственных мощностей, нового высокопроизводительного оборудования и прогрессивной технологии предопределяется маркетингом. Поэтому тема исследования является актуальной в наше время.

Мойсейчик Е.К., Мойсейчик А.Е.

Белорусский национальный технический университет

Для расчетного моделирования принят сварной балочный образец из листовой стали СтЗсп (рис.1). Нагрузка к образцу прикладывалась ступенями с постоянным шагом, равным 1,0 кН. Максимальная величина давления определялась временным сопротивлением в наиболее прочного слоя в образце. Образец разбивался на конечные тетраэдральные элементы (13500 элементов). Разбиение на сетку КЭ осуществлялось в автоматическом режиме. Расчет с использованием метода конечных элементов осуществляли в программной среде ANSYS. Данные расчета приведены на рис.2-4. Из рисунка 2 видно, что нормальные напряжения в поясах модели составляют: в сжатом - до 35МПа; в растянутом-до100МПа. Большие касательные напряжения (рис.4), превышающие расчетное сопротивление стали (130МПа), возникают в приопорном отсеке балки. При этом большие напряжения возникают в местах скачкообразного изменения жесткости модели и зависят от площади контакта приложения внешней силы.

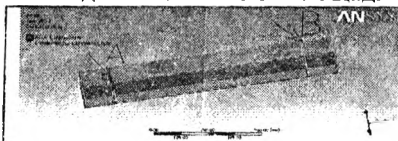


Рис.1.Схема нагружения балки

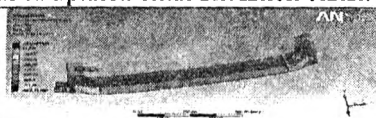


Рис.2. Распределение нормальных напряжений в точках балки

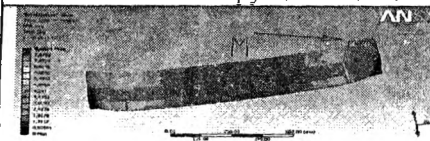


Рис.3. Вид деформированной балки.



Рис.4. Распределение касательных напряжений

Наибольший прогиб от приложенной нагрузки составляет 8,5 мм (посередине балки), в точке М-почти 2 мм (сечение с опорными ребрами).

Представленную расчетную модель можно рассматривать как начальную стадию отработки методики моделирования в программной среде ANSYS. При этом требует дальнейшей проработки моделирование сопряжения смежных листов с возможными дефектами, введение в расчетную модель физико-механических характеристик материалов по опытным данным и т.д.

## Влияние золы от сжигания углей на физико-механические свойства бетона

Ляхевич Г.Д., Звонник С.А., Зарецкий А.Г.  
Белорусский национальный технический университет

Целью исследования является повышение предела прочности при сжатии, водонепроницаемости бетона.

Для решения поставленной задачи были использованы: цемент марки М 400, ПЦ-ДО, (ГОСТ 10178-85), ОАО «Красносельскстройматериалы» с активностью 50,6 МПа; крупный заполнитель – щебень производства ГП «Гранит» с максимальной крупностью зерен 20 мм; песок кварцевый, ГОСТ 6139-78, с модулем крупности –  $M_k = 2,12$ ; водопроводная вода по СНБ 1114; зола от сжигания углей; суперпластификатор С-3 по ТУ 6 – 14 – 615 – 80. Составы бетонных смесей и физико-механические показатели бетонов приведены в таблице.

№ состава	Составы бетонных смесей, мас.%				Добавки в % от массы цемента		Физико-механические показатели бетона	
	щебень	песок	цемент	вода	зола	суперпластификатор С-3	прочность при сжатии, МПа	водонепроницаемость, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	50,9	15,7	24,8	8,6	12	0,9	64,5	1,6
2	52,8	16,2	23,5	7,5	10	1,2	72,3	2,4
3	51,4	17,5	22,8	8,3	8	0,8	63,8	1,5
4	44,5	20,1	24,8	12,6	-	-	51,9	0,4

Анализ данных таблицы показывает, что использование золы, суперпластификатора С-3, обеспечивает получения бетона с повышенными физико-механическими свойствами (см. составы 1-3), по сравнению с бетоном, в составе которого отсутствовали добавки (состав 4). Следует обратить внимание, что для составов бетонных смесей 1-3 водоцементное отношение (В/Ц) составило 0,32- 0,36, а для контрольного состава 4, в котором отсутствовали добавки, В/Ц было равно 0,51. Такое низкое водоцементное отношение для составов 1-3 стало возможным благодаря использованию добавок: золы от сжигания угля и суперпластификатора, что и обеспечило высокие физико-механические показатели бетона.

### Влияние высокодисперсной добавки на активность цемента

Ляхевич Г.Д., Звонник С.А., Волкович А.А., Андреева А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Известны композиты сверх уплотненной структуры, содержащие специальные цементы, гомогенно распределенные высокодисперсные частицы, суперпластификаторы и микроволокна, которые при нормальном отношении равном 0,12-0,22 позволяют достичь прочности 270 МПа.

В этой связи нами поставлена цель повысить активность цемента путем использования высокодисперсной добавки и суперпластификатора натриевой соли сульфоксидата ароматических углеводов и конденсации с формальдегидом (НССОАУ и КсФ).

Для опытов использовались материалы: цемент марки М-400, ПЦ Д0 ОАО «Красносельскстройматериалы», с тонкостью помола – 93,2<sup>м</sup>, истинной плотностью – 3,165г/см<sup>3</sup>, величиной удельной поверхности 2465 см<sup>2</sup>/г; песок стандартный полифракционный для испытания цемента (ГОСТ 6139), водопроводная вода по СТБ 1114; микрокремнезем марки МК-85 по ТУ5743-048-02495332 с истинной плотностью 2,2328г/см<sup>3</sup> удельной поверхностью 22,34 м<sup>2</sup>/г, а также суперпластификатор НССОАУ и КсФ, синтезируемый на кафедре Мит БНТУ.

Были приготовлены сухие цементные смеси, содержащие 8-15% микрокремнезема МК-85 и 0,6-1,2 суперпластификатора НССОАУ и КсФ. А затем определяли активность цемента по ГОСТ 310.4-81. Она численно выражала гарантированный предел прочности на растяжение при изгибе и при испытании на осевое сжатие образцов - балочек, изготовленных в стандартных условиях. В результате испытаний установлено, что активность цементных смесей, содержащих содержащие 8-15% микрокремнезема МК-85 и 0,6-1,2 суперпластификатора НССОАУ и КсФ, была следующей: предел прочности на растяжение при изгибе 5,1-6,4 МПа, предел прочности при сжатии 56-68 МПа. В то же время эти показатели для цемента марки М-400, ПЦ Д0: предел прочности на растяжение при изгибе 3,9 МПа, предел прочности при сжатии 41 МПа.

На основании выполненных исследований можно прогнозировать, что в ближайшем будущем будет происходить постепенное замещение обычных традиционных цементов многокомпонентными цементами, содержащими высокодисперсные минеральные наполнители, например, микрокремнезем, наноматериалы и суперпластификаторы типа НССОАУ и КсФ.

**Бетон с повышенной водонепроницаемостью**

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния флюидики отработанной глины масляного производства на свойства бетона. При изготовлении бетонной смеси целостность гидрофобных пленок, находящихся на поверхности частиц гидрофобного цемента нарушается и, после перемешивания, происходит нормальное схватывание и твердение.

Добавка распределяется по всему объему бетонной смеси, коагулируя поры и капилляры, придавая их поверхности гидрофобные свойства, создавая барьер прониканию агрессивной среды. Введение добавки в количестве 0,2-4,0%, до 1,7 раза повышает водонепроницаемость, до 1,9 раза - морозостойкость, в 1,2 раза снижает водопоглощение, при сохранении показателей по прочности.

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

Положительным фактором является и наличие в составе добавки органического компонента, который предохраняет поверхность арматуры от воздействия агрессивных реагентов.

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

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

## Гидрофобный цемент с добавкой отработанной глины

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния отработанной глины, отхода образующегося на нефтеперерабатывающих заводах при очистке масла, на свойства цемента.

Установлена возможность повышения сроков хранения цемента без существенной потери активности. Добавка в количестве до 4% значительно уменьшает количество скомковавшегося цемента.

После просеивания, количество комков на сите №8 у цемента без добавки составило до 95%, в то время как цемент с добавкой от 0,2% до 4% просеялся в значительно большем количестве.

Его остаток на сите составлял от 3,6% до 37,1 %. Показано, что при введении добавки в количестве 0,2-1,5%, прочностные показатели цементных образцов после 28-ми суток выше, чем у бездобавочных образцов.

Также, приведено сравнение характеристик цемента срок хранения которого составил до 360 суток. Отмечено, что активность цемента с добавкой в количестве 0,2-4% выше, чем у цемента без добавки. В работе приведена динамика набора прочности образцами в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток.

На графиках прослеживается некоторое отставание при наборе прочности на сроках до 7 суток и последующий более интенсивный набор прочности по сравнению с образцами без добавки. Это позволяет производить некоторые запасы цемента на объектах, расположенных в труднодоступных местах.

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

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

## Маркетинговые коммуникации (реклама) в дорожной отрасли

Галковская Л.А., Григорович Д.П., Боярина Д.А.  
Белорусский национальный технический университет

Организации, торгующие строительными машинами, как и все продавцы занимаются продвижением на рынок своего продукта, как одной из основных составляющих маркетинга.

Под продвижением на рынок понимаются способы и механизмы передачи информации о продукции от производителя для заинтересованной аудитории, которые сопровождаются деятельностью, направленной на увеличение ценности товара в ограниченный период времени с целью привлечь внимание этих людей, стимулировать процесс покупки-продажи, активизировать работу посредников оптового и розничного звеньев.

Эта задача стоит и перед организациями дорожно-строительной отрасли Республики Беларусь, которые предлагают широчайший спектр дорожно-строительной техники: автогудронаторы, полуприцепы-битумовозы, битумоварочные котлы, пескосолеера распределители, поливочные машины.

Залог конкурентоспособности предприятия - в непрестанном совершенствовании качества, но в современных рыночных условиях этого недостаточно. В последние годы одновременно с возрастанием роли маркетинга увеличилась роль маркетинговых коммуникаций. Эффективные коммуникации с потребителями стали ключевыми факторами успеха любой организации.

Хорошо отлаженные коммуникационные (прямые и обратные) связи фирмы-товаропроизводителя (равно как и других субъектов рыночной деятельности) являются неременным условием ее нормального функционирования в качестве хозяйственной единицы, одной из решающих предпосылок ее успешной рыночной деятельности.

Для доставки потребителю запланированных обращений используются следующие инструменты коммуникаций: реклама, стимулирование сбыта, паблик рилейнз (связи с общественностью), прямой маркетинг, личная продажа, специальные средства для стимулирования торговли или рекламно-оформительские средства для мест продаж, интернет ресурсы, спонсорство, предоставление лицензии, сервисное обслуживание.

Маркетинговые коммуникации могут создать положительные впечатления, которые повысят удовлетворенность покупателей приобретенным товаром и придадут продукции компании дополнительную ценность в глазах потребителей.



## Проектирование и расчет нетиповых пролетных строений на примере ферменно-подвесного моста

Дубинчик Е.В., Пастушков В.Г.

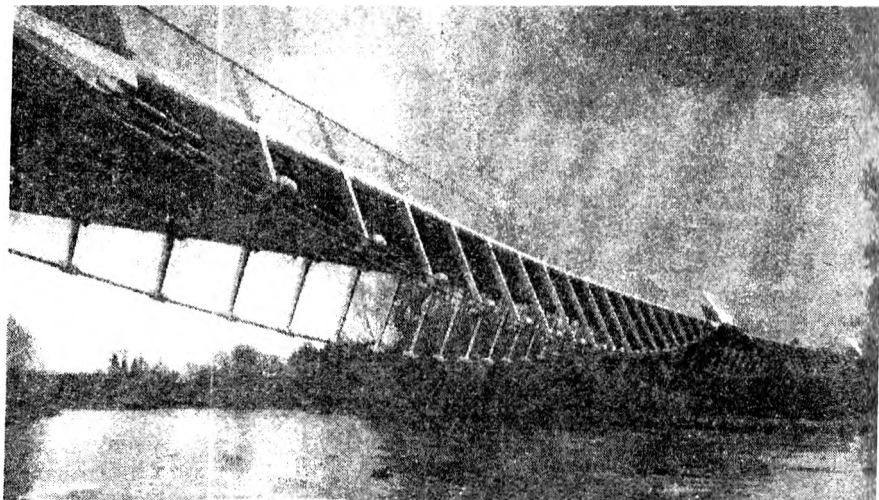
Белорусский национальный технический университет

Рациональное использование строительных материалов особенно актуально в современных условиях строительства, не маловажен экологический аспект и эстетическая целостность.

Для проектировщика решением таких задач становится применение оригинальных конструктивных схем, использование расчетно-вычислительных комплексов, контроль и анализ проектного решения.

Подход к пониманию данных вопросов обозначен на примере расчета и исследования пролетного строения ферменно-подвесного пешеходного моста.

Моделирование и анализ были выполнены в программе SOFiStiK, что позволило оценить напряженно-деформированное состояние конструкции на всех этапах возведения.



При гибком и творческом проектировании современных мостов, путепроводов и других сооружений, уже на начальных этапах применение передовых программных комплексов и научных разработок позволит экономить средства не только в процессе строительства, а также на период эксплуатации.

## Оценка пространственной работы железнодорожного моста через реку Друть при реконструкции\*

Ковальчук И.И.

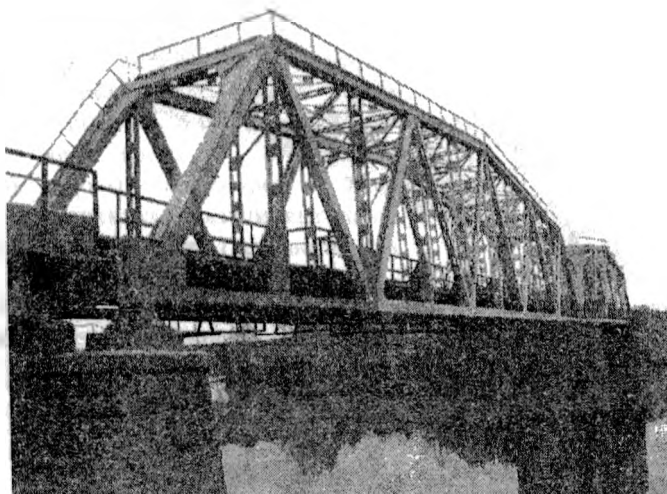
Однопутный мост через реку Друть 92 км направление Осиповичи-Могилёв. Отверстие моста перекрыто двумя металлическими пролетными строениями  $L_p=55,10$  м, береговые пролетные строения железобетонные  $L_p=7,5$  м.

Металлические пролетные строения однопутные со сквозными фермами. Верхние пояса полигональные, нижние прямолинейные, решетка треугольной системы с дополнительными стойками и подвесками. Порталы наклонного типа.

Ферма с множеством дефектов и рассчитана на нагрузку Н-8. Необходима замена верхних поясных листов, верхних и нижних уголков, верхних и нижних связей и фасонки продольных балок, верхних и нижних поясных листов и уголков поперечных балок, нижних связей главных ферм.

Замена элементов соединений поперечных, продольных балок, соединений диагональных связей главных ферм с низом продольных балок проезжей части. Целью нашего проекта будет перерасчет элементов пролетного строения под новую нагрузку С-14 в программе SOFiSTiK.

\*Научный руководитель работы Пастушков В.Г.



**Использование новейших расчетных программных комплексов  
на примере расчета путепровода на М-4 Минск-Могилев\***

Шатохин Д. А.

Белорусский национальный технический университет

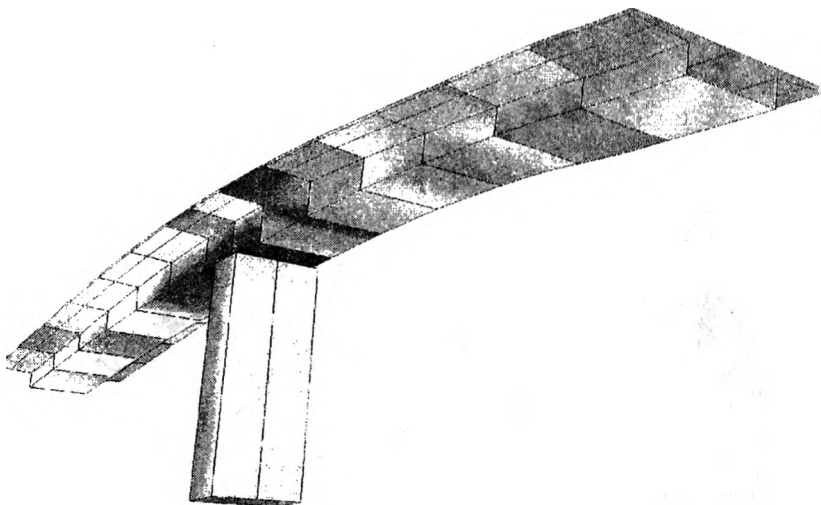
Комплекс SOFiSTiK имеет модульную структуру с возможностью ввода информации, как с помощью текстового препроцессора, так и с помощью графического интерфейса.

Графический интерфейс реализован в двух вариантах: в рамках препроцессора собственной разработки MONET и в качестве надстройки системы AutoCAD – SOFiPLUS.

Пример использования расчетной программы SOFiSTiK для расчета пролетного строения путепровода на автодороге М-4 Минск-Могилев. Данный путепровод расположен на км 89+000 – км 93+800. Габарит путепровода Г-8+0.5+1,5.

Путепровод имеет 2 пролета по 24м перекрываемых балочным пролетным строением. Балки объединены в температурно-неразрезную конструкцию путем установки ГМС над опорой №2.

\*Научный руководитель работы Пастушков В.Г.



**Маркетинг лизинга дорожно-строительной техники\***

Апанович Е. В.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях развития экономики использование маркетинга является объективной необходимостью для эффективной деятельности предприятий. В дорожной отрасли все большее распространение получает маркетинг лизинга дорожно-строительной техники. Маркетинг имеет специфическое определение в лизинговой отрасли благодаря особенностям лизингового продукта. Лизинг является промежуточной формой между покупкой и арендой и имеет характерные признаки обоих. С одной стороны, маркетинг в лизинговой отрасли занимается вопросами того, как лизинговый продукт может сделать оптимальным вклад в стимулирование продаж основного продукта, с другой стороны - как лизинговый продукт наилучшим образом может быть продан на рынке в качестве услуги, а именно как действуют рыночные возможности для лизингового предложения. Устойчивый рост объемов строительных и дорожно-ремонтных работ, а также связанная с этим высокая степень износа спецтехники ведет к необходимости постоянного пополнения и обновления парка машин и механизмов. Выгодной альтернативой приобретения основных средств при нехватке оборотного капитала являются лизинговые сделки. Компания лизингополучателя при этом получает возможность существенно снизить налогооблагаемую базу путем полного отнесения лизинговых платежей на себестоимость продукции; применить механизм ускоренной амортизации, позволяющий получить по истечении 2-3 лет технику по остаточной балансовой стоимости, а также снизить стартовую финансовую нагрузку.

В настоящее время в Республике Беларусь существует около 15 компаний, готовых предложить к лизингу широкий спектр дорожно-строительной техники на взаимовыгодных условиях.

\*Руководитель работы Галковская Л.А.

**Особенности формирования системы управления маркетингом в дорожно-строительных организациях\***

Галковская Л.А., Смугалёва А.А., Христинич В.И.

Белорусский национальный технический университет

Тема управления маркетингом в дорожном строительстве является одной из самых неоднозначно трактуемых в отечественной экономической

литературе. Это можно объяснить тем, что не существует единого подхода к построению системы управления маркетингом.

Актуальным является исследование системы управления маркетингом дорожно-строительных организаций, занимающихся различными видами строительства. Это объясняется несколькими причинами:

- особенностями дорожно-строительной продукции;
- отсутствием в экономической литературе методик по формированию и оценке системы маркетинга в дорожно-строительных организациях;
- отнесением дорожного строительства скорее к сфере услуг и отличием его маркетинга от промышленного.

Анализ отзывов руководителей дорожно-строительных компаний указывает на особенности организации системы маркетинга:

- среди строительных фирм нет организаций с высоким уровнем системы управления маркетингом. Очень часто функции маркетинга выполняет преимущественно сам руководитель;
- средних и крупных дорожно-строительных организациях коммерческая деятельность базируется на личных связях руководителей;
- в дорожно-строительных организациях работают сотрудники высокой квалификации;
- руководители принимают участие в решении практически всех дел.

Строительные фирмы, имеющие более высокие показатели деятельности, имеют, как правило, самые высокие показатели эффективности управления маркетингом.

Основная цель системы маркетинга в строительной компании – это создание постоянно действующей системы сбыта коммерческих услуг.

Особое внимание следует обращать на выявление приоритетных направлений видов строительства, поиске новых объектов строительства и ниш рынка.

\*Руководитель работы Галковская Л.А.

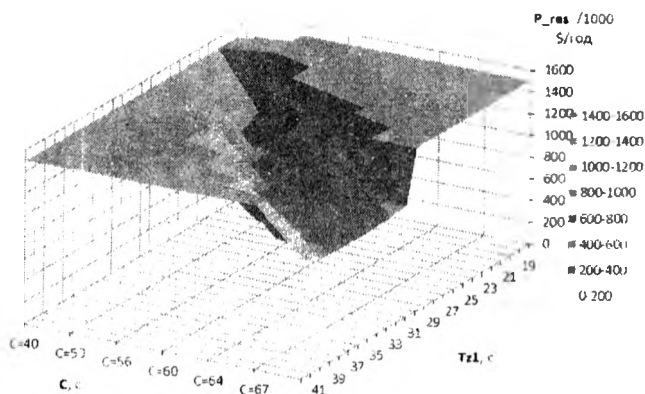
# **Организация дорожного движения и перевозок пассажиrow и грузов**

## Оптимизация светофорного регулирования по критерию минимизации потерь в дорожном движении

Капский Д.В., Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Любое решение по организации дорожного движения должно оптимизироваться. Предложено проводить оптимизацию по критерию минимизации потерь в дорожном движении [1]. Разработан программный пакет по расчету потерь и оптимизации на регулируемых перекрестках. Он позволяет с помощью оптимизационного расчета параметров, причем адаптивно пересчитываемых и изменяемых в зависимости от изменения ситуаций движения транспорта, управлять светофором (рисунок 1). В трехмерной зависимости для данного примера выбрано значение  $P_{res}$ , равное 1500000 долл./год, самые верхние значения позволяют автоматически находить минимум зависимости при последующей оптимизации. Овражная форма показанных результатов расчета имеет минимум, что подтверждает целесообразность проведения дальнейших оптимизационных расчетов.



$C$  – время цикла, с;  $Tz1$  – время горения зеленого сигнала для транзитного направления, с;  $P_{res}$  – годовые потери, долл./год

Рисунок 1 – Зависимость годовых потерь в дорожном движении от времени горения зеленого в транзитном направлении, определенная для различных значений времени цикла

### Литература

1. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006. – 240 с.

УДК 656

## Исследование операций высадки и посадки пассажиров маршрутных пассажирских транспортных средств

Самойлович Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Пропускная способность остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта (ОП МПТ) является важным показателем эффективности работы остановочного пункта. Величина, обратная пропускной способности, - время обслуживания маршрутных пассажирских транспортных средств (МПТС) на ОП - включает следующие составляющие:

- время ожидания в очереди (может отсутствовать, может также присутствовать ожидание на подъезд при отсутствии МПТС на ОП МПТ);
- время безопасного маневрирования перед ОП МПТ;
- время открытия дверей;
- время высадки/посадки пассажиров;
- время закрытия дверей;
- время ожидания приемлемого интервала для выезда (может отсутствовать);
- время слияния с транспортным потоком.

В работе рассматривается время стоянки МПТС на ОП МПТ, включающее время открытия, выход и вход пассажиров, время закрытия дверей.

В результате работы установлены длительности элементов операций при стоянке МПТС, в том числе и маршрутного такси, на ОП МПТ с доверительной вероятностью 95%. Построен график времени стоянки маршрутного такси в зависимости от пассажиропотока, выведены формулы расчета времени стоянки автобусов и троллейбусов при посадке и высадке пассажиров.

Полученные зависимости просты и удобны в использовании на основании имеющихся данных о пассажирообмене на ОП МПТ, типе МПТС (численное или одиночное).

УДК 656

## Перспективы развития Южно-Уральской железной дороги

Дерябин Я.Е.

Южно-Уральский государственный университет

Правительство России в 2008 году утвердило «Стратегию развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года». Таким образом, ОАО «РЖД» стало первой российской компанией, кото-



рая точно знает, как она будет развиваться в ближайшие 20 лет. Реализация данного документа будет способствовать не допущению замедления темпов экономического роста в стране. В «Стратегии 2030» учтены программы развития энергетики, транспортного машиностроения, строительства новых магистралей, обновления подвижного состава, повышения качества работы железнодорожного транспорта, а также международный опыт в области технического перевооружения железных дорог.

Масштабы задачи, которая стоит перед отраслью, поражают. По прогнозным оценкам, в целом на эту программу потребуется направить более 10 триллионов рублей.

Необходимо отметить, что работая в тяжелейших условиях спада объемов перевозок, дорогой успешно реализуется программа антикризисных мер, направленная на сокращение производственных издержек. Экономия достигается за счет приведения всех видов расходов к выполняемым объемам работы (контингент, локомотивный парк, автотракторная техника материальные ресурсы), мероприятий технико-технологического характера (внедрение новых технологий, энерго-ресурсосбережение и т.д.), сокращения затрат, снижения физических объемов капитального ремонта, оптимизации использования трудовых ресурсов.

В первую очередь на дороге в полном масштабе реализовываются мероприятия по совершенствованию технологии местной работы и внедрению новых высокопроизводительных технических решений, по совмещению профессий и расширению зон обслуживания.

Мы коренным образом пересмотрели технологические процессы работы малоделятельных участков, таких как Челябинск – Верхний Уфалей, Бердяуш – Сказ, Вязовая – Катав Ивановск. Миасс – Учалы, Утяк – Пресногорьковская, Магнитогорск – Сибай и других, в результате добились безубыточного их производства.

Выполнение поставленных задач позволит стабилизировать финансово-экономическое положение дороги, сохранить ее технический и кадровый потенциал и подготовиться к росту объемов работы после преодоления последствий мирового финансового кризиса.

УДК 656

## **Возрождение Великого Шелкового Пути**

Уеуеюуа О.Н., Тюрбит А.Н., Тимченко Е.Ю.  
Южно-Уральский государственный университет

Великий шелковый путь, одно из наиболее значительных достижений в истории мировой цивилизации. Разветвленные сети караванных дорог пересекали Европу и Азию от Средиземноморья до Китая и служили в эпоху

решности и средневековья важным средством торговых связей и диалога между культурами Запада и Востока. Наиболее протяженный и магистральный участок шелкового пути проходил через территории Центральной Азии, в том числе и Кыргызстана. Караваны, груженные шелком из Китая, пряностями и самоцветами из Индии, серебряными изделиями из Ирана, индийскими полотнами, афросиабской керамикой и многими другими товарами шли по пустыням Каракумы и Кызылкум, через оазисы Мерва и Хорезма, безбрежными степями Сары Арки; одолевали перевалы Памира, Гинь-Шаня, Алтая, переправлялись через реки Мургаб, Амударью и Сыр-дарью. Уже много лет, как по караванным тропам Великого шелкового пути пролегли автомобильные дороги. Но их назначение прежнее – соединение Востока и Юго-Востока азиатского материка через Центральную Азию с Европой. В течение последних 10 лет проект возрождения Великого Шелкового пути для осуществления коммерческих перевозок между Европой и Азией стал одним из приоритетных направлений в работе Международного Союза автомобильного транспорта (IRU). Проект «Новая Европа-Азиатская автотранспортная инициатива» (NELTI) был разработан в 2006–2008 годах для развития транспортных связей между Азией и Европой и расширения использования преимуществ автотранспорта в евразийских сообщениях.

Целью проекта является открытие регулярных автомобильных перевозок грузов между Китаем и Европой и содействие реализации потенциала государств Центральной Азии, Российской Федерации, Кавказа и др., а также увеличению ими экспорта транспортных услуг.

К задачам проекта относятся:

1. Содействие бизнесу, развивающему производство товаров в Азии и заинтересованному в развитии ниши ускоренных мелко- и средне- партионных перевозок грузов между Азией и Европой, в организации альтернативных морскому транспорту маршрутов доставки.

2. Вклад в реализацию целей ООН и других международных организаций по развитию евроазиатских наземных транспортных связей.

3. Содействие развитию торговли стран и регионов, не имеющих выхода к морю, и расширению доступа их товаров на международные рынки.

4. Увеличения вклада автомобильного транспорта в международную торговлю и социально-экономическое развитие.

Таким образом, проект NELTI должен доказать коммерческую эффективность грузовых автомобильных перевозок как альтернативу морским маршрутам из Азии в Европу. Также важнейшая миссия NELTI – подготовить почву и устранить препятствия для массовых автомобильных перевозок грузов, которые должны начаться между Китаем и Европой уже в самом ближайшем будущем.

## Использование транспортной системы Челябинской области для Евроазиатских транзитных сообщений

Ларин О.Н.

Южно-Уральский государственный университет

Транспортные системы регионов России являются неотъемлемой частью транспортной системы страны и выполняют большой объем работ по перевозке грузов и пассажиров. В современных условиях отмечается существенное увеличение транзитной нагрузки на транспортные системы регионов России. Данная тенденция обусловлена многими факторами, в том числе, интеграцией России в мировое сообщество, усилением глобальных тенденций в мировой экономике, расширением внешнеторговых связей, высокими темпами автомобилизации и др. Челябинская область является типичным транзитным регионом страны. Она располагается практически посередине территории России, на стыке двух географических континентов – Европы и Азии. Ее транспортная система обслуживает все виды транзитных сообщений: международный, межрегиональный и внешнеэкономический. Основу транспортной системы Челябинской области составляют автомобильный и железнодорожный виды транспорта. Интеграция транзитных грузопотоков позволяет: нивелировать негативное влияние неравномерности грузопотока по направлениям на уровень использования транзитных провозных возможностей; сократить продолжительность цикла неэффективных транспортировок, как следствие, сократить порожний пробег подвижного состава; а также позволяет повысить степень загрузки подвижного состава в обратном направлении.

Обследования показывают, что на сегодняшний день в Челябинской области недостаточно специализированных объектов транспортно-логистического сервиса, ориентированных на обслуживание транзитного транспорта. Стратегией социально-экономического развития Челябинской области до 2020 года предусматривается строительство 15 терминально-логистических центров, расположенных за пределами населенных пунктов региона вблизи основных железнодорожных и автодорожных магистралей.

Однако данные объекты ориентированы, в первую очередь, на обслуживание потребностей предприятий региона и привязаны к крупным промышленным центрам и населенным пунктам. Создание на территории Челябинской области мультимодального транзитного терминала, ориентированного на обслуживание различных видов транзитных потоков, позволит обеспечить интеграцию транзитных сообщений с учетом их неравномерности по направлениям и регионам назначения и повысить привлекательность отечественной транспортной системы для Евроазиатского транзита.

## Системные закономерности функционирования и развития транспортных систем

Ларин О.Н., Матусевич Д.О.

Южно-Уральский государственный университет

Современные проекты модернизации транспортных систем должны быть основаны на понимании философии их функционирования и развития, которая отражается в системных закономерностях. В некоторых источниках вместо термина «закономерность» для характеристики наиболее существенных, устойчивых связей между элементами системы используется термин «свойства системы», смысловое значение которого, на наш взгляд, больше подходит только для характеристики качеств системы, проявляющихся во взаимодействии с внешней средой.

В теории систем выделяется достаточно много закономерностей, отражающих различные стороны их деятельности. Рассмотрим наиболее существенные закономерности с точки зрения обоснования проектов развития объектов транспортно-технологической инфраструктуры транспортных систем различных уровней.

**Закономерность целостности систем.** Эта закономерность рассматривается в качестве основной для систем любой природы.

Закономерность целостности (эмерджентности) проявляется в возникновении у системы новых качеств, несвойственных ее компонентам. Целостность системы характеризуется соблюдением двух правил: во-первых, свойства системы не являются простой суммой свойств составляющих ее элементов; во-вторых, свойства системы зависят от свойств составляющих ее элементов. Система и целостность два неотделимых понятия. Система является таковой до тех пор, пока ее элементы в результате взаимодействия обеспечивают нечто «большее», чем все они – действуя раздельно.

Условная разница между эффектом деятельности системы и суммой эффектов ее элементов, действующих раздельно, представляет величину дополнительного системного эффекта. Противоположным по отношению к состоянию целостности системы является состояние физической аддитивности (суммативности).

Целостность любой системы обеспечивается своеобразным механизмом, который основан на системных связях между ее элементами.

Учитывая сложный видовой и многоуровневый состав транспортной системы, отметим, что ее целостность будет обеспечиваться как за счет организации взаимодействия различных видов транспорта, так и за счет согласованного функционирования транспортных систем различных уровней.

**Анализ способов повышения эффективности организации пассажирских перевозок в г. Луганск**

Алексеев В.Г., Жуков С.С.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Проанализировано современное состояние организации городских пассажирских перевозок в г. Луганск. Характерной особенностью является использование для перевозок пассажиров микроавтобусов, работающих в режиме маршрутных такси, что приводит к чрезмерной насыщенности города автомобильным транспортом. Особое напряжение возникает на участках, где совпадают трасы нескольких городских маршрутов. Наличие большого количества транспортных средств малой пассажироместимости приводит к сокращению интервалов движения на каждом маршруте а это, в свою очередь, сокращает средние интервалы на остановках участков, где совпадают трасы нескольких маршрутов, что создает условия присутствия на остановке одновременно двух или больше автобусов. Это затрудняет маневрирование на остановках, создает условия возникновения заторов, приводит к задержкам движения, создает опасность для пассажиров во время посадки-высадки.

Выполнено обследование пассажиропотоков на группе городских маршрутов с совпадающими участками трасс. Определены максимальные уровни пассажиропотоков, суточные колебания, неравномерность по длине маршрутов. В результате проведенных расчетов определены целесообразные значения пассажироместимости транспортных средств на разных маршрутах. В качестве предельных условий приняты максимально допустимый интервал движения на каждом маршруте с одной стороны, и предотвращение условий одновременного пребывания на остановках больше одного транспортного средства. Результаты проведенного исследования могут быть использованы для рационализации пассажирской транспортной сети города Луганск, назначения типов транспортных средств на разные маршруты, при определении режимов движения и составлении расписаний.

**Дискретность транспортного процесса**

Андреев А. Я.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрен подход к транспортному процессу с учетом дискретности состояния в особо малых системах (маятниковые маршруты) и его влияния на фактические технико-эксплуатационные показатели.

При определении суточной производительности за рабочий день ( $U_c$ ,  $W_c$ ) необходимо учитывать дискретный характер выполнения транспортной работы, когда она завершается одновременно с завершением ездки, число которых, следовательно, может быть только целым. Таким образом, для увеличения объема работы транспортного средства необходимо так изменять эксплуатационные условия, чтобы добиться увеличения числа целых ездок. Графически изменение количества транспортной продукции во времени представлено на рисунке.

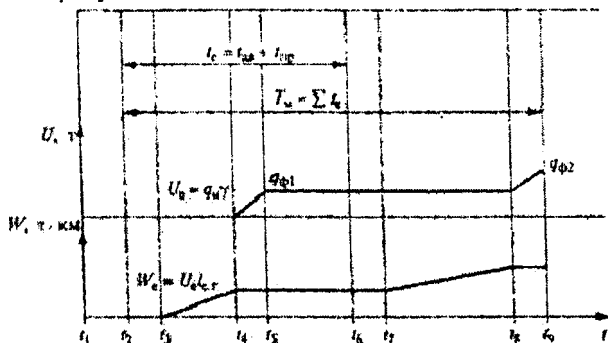


Рисунок. Изменение транспортной продукции во времени

Количество доставленного груза может быть определено только в пункте разгрузки, и пока он не будет выгружен, нельзя говорить об объеме перевезенного груза. Таким образом, количество перевезенного груза и выполненной транспортной работы не является линейной функцией от времени работы автомобиля.

УДК 656.056.4

### Логика и принципы работы автоматизированной системы управления светофорами

Бублик Р.П.

Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского

Рассматриваются некоторые принципы, на основе которых будет строиться разрабатываемая система автоматизированного управления транспортными потоками. Эти принципы берут во внимание динамическое изменение состояния транспортного потока. Транспортный поток рассматривается как с использованием подходов макро моделирования, так и моделей следования за лидером. Управление транспортными потоками напрямую связано с реализацией светофорного управления. В местах пересечения значительных транспортных потоков отсутствие светофорного

регулирования может привести к неблагоприятным последствиям. В то же время, исходя из самих принципов светофорного регулирования, оно в некой степени затрудняет движение транспорта. Это связано в первую очередь с присутствием в цикле регулирования запретительной фазы, которая приводит к уменьшению пропускной способности. Еще больше этот факт становится заметным при недостаточно качественной разработке режимов. Но даже если учесть, что для перекрестков города накоплены значительные объемы данных по изменению транспортных потоков на протяжении времени суток, дней недели и сезонов, и на их основе рассчитаны разные режимы работы светофорной сигнализации (что само по себе является задачей очень емкостью как в плане человеческих, так и временных ресурсов), эти данные будут лишь усреднено характеризовать состояние потоков в определенном отрезке времени. Поэтому разумным представляется разработка автоматизированной системы управления светофорами. Она позволит повысить качество функционирования транспортной сети города, уменьшить непродуктивные простои на перекрестках, увеличить пропускную способность пересечений. Рассматривается несколько основных параметров (категорий) на основе которых будет разрабатываться собственная система автоматизированного управления светофорами.

Изложены основные принципы при разработке автоматизированной системы управления дорожным движением с помощью светофорной сигнализации. Используя мощности современных компьютеров, возможен расчет и корректировка режимов светофорной сигнализации для большого количества светофорных объектов в режиме *on line*. При этом роль человека в этом случае смещается с активной позиции (участие в натурных наблюдениях, ручной расчет и согласование режимов) к пассивной (контроль за функционированием системы). Это позитивно скажется на функционировании всей системы, так как человеческий фактор зачастую приводит к неточностям в работе такой сложной системы.

УДК 629.113

### **Влияние элементов принудительного снижения скорости на автотранспортное средство**

Кравченко А.П.<sup>1</sup>, Осипов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Дала  
<sup>2</sup>Луганский строительный колледж

Нанесение дорожной разметки и установка дорожных знаков, ограничивающих скорость движения автотранспортного средства, не всегда даст желаемого эффекта. Требуется дополнительные принудительные мероприятия на отдельных участках автомобильных дорог, особенно на пере-

сигнализируемых пешеходных переходах. Опираясь на мировой опыт предложено использовать повышенные пешеходные переходы, изготавливаемые из резины. Устройство повышенного пешеходного перехода заставит водителей снижать скорость транспортных средств. Предложение выглядит перспективным на участках, где дорогу пересекают люди с ограниченными физическими свойствами (отсутствие зрения). Существующие звуковые сигнализаторы, которые устанавливаются на пешеходных переходах вместе со светофорами, через рассеивание звука в городском шуме не могут в полной мере указать правильную траекторию пересечения проезжей части автодороги. По этой причине возрастает вероятность попадания в ДТП инвалидов зрения. А повышенный пешеходный переход задает правильную траекторию, выполняя роль направляющего бордюра, который используют инвалиды для передвижения.

При изготовлении и устройстве повышенного пешеходного перехода необходимо учитывать процесс наезда и съезда транспортных средств на повышенную неровность и физико-механические особенности резинового покрытия. Современные нормативные документы Украины позволяют оборудовать разметкой повышенные наземные пешеходные переходы - ДСТУ 2587:2010 имеет разметку 1.23, предупреждающую о приближении к элементу принудительного снижения скорости и разметку 1.14.4, обозначающую нерегулируемый пешеходный переход в местах перехода слепых.

Учитывая большое количество ДТП с участием пешеходов на наземных нерегулируемых пешеходных переходах, предложено принудительно снижать скорость транспортных средств путем применения повышенных переходов. С целью обеспечения безопасного пересечения пешеходного перехода пешеходами и автомобилями теоретически обоснован выбор материала, его основные геометрические параметры и его влияние на транспортное средство.

УДК 681.3.01

### **Динамическая модель доставки грузов в условиях случайных процессов**

Кравченко А.П., Истомин Л.Ф., Панайотов К.К.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Одно из направлений при постановке задачи снижения затрат при обслуживании погрузочно-разгрузочных бункеров объектов угледобывающих предприятий автомобильным грузовым транспортом включает в себя задачу определения оптимального режима перевозки грузов.

Под управлением здесь подразумевается направленные изменения режимов тяги и торможения при движении по технологическому маршруту с



учетом технических ограничений по каждому типу автомобилей и ограничений, связанных с характеристикой маршрутов.

Для решения этой задачи необходимо рассмотреть динамическую модель перевозки грузов с учетом основных факторов, которые носят случайный характер: время погрузки  $t_{м,р}$ , время разгрузки  $t_{р,р}$ , скорость движения с грузом  $v_{сг}$  и без груза  $v_{б,сг}$  по технологическому маршруту и значению фактической загрузки.

Учитывая относительно малые скорости движения автомобилей на маршруте (менее 20 км/ч) и факт того, что силы сопротивления движения определяются конкретными участками маршрута ( $\Delta L$ ), технологической скоростью движения  $v(t)$ , массой груза ( $M$ ) и дорожными условиями на маршруте  $\mu$ , а также то, что силы торможения при управлении автотранспортом зависят от местоположения на маршруте и скорости движения получаем динамическую модель доставки грузов по одной фазовой координате:

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{(M+m)v(t)} \left\{ f_0(t,v) - (M+m)g \frac{dz}{dt} - f_i(t,v(t), M, \mu) - f_r(t,v(t)) \right\} \quad (1)$$

при  $v(0) = v(t_f) = 0$ .

Следующим шагом является двухэтапное решение задачи оптимизации обслуживания автотранспортом непрерывного производства, связанного с вывозом груза для обеспечения бесперебойной работы. На первом этапе разрабатывается оптимальный режим работы на маршруте единичного транспорта с заданным грузом  $M$ , а на втором – с учетом производительности производства находится оптимальное число единиц транспорта и их загрузку  $M^*$ .

УДК 332.13:05, 656.225

### **Инфраструктурный подход к созданию региональной транспортно-логистической системы**

Стрельникова И.А., Медведев Е.П.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Транспортно-логистическая система региона является необходимым фактором эффективного функционирования экономики и важнейшей инфраструктурной основой его устойчивого роста. Инфраструктура представляет собой физические компоненты транспортной системы, которые занимают фиксированное положение в пространстве и создают транспортную сеть, включающую связи (сегменты автомобильных и железных дорог, трубопроводы и т.п.) и узлы (пересечения сегментов дорог, терминалы

различного назначения и т.д.). Инфраструктура носит обеспечивающий и организующий для организации перевозок и безопасности движения характер. Развитая инфраструктура транспортно-логистической системы позиционирует регион как конкурентоспособную территорию для организации, управления и распределения транспортных потоков. От строительства, модернизации и развития инфраструктуры зависит скорость и безопасность движения грузо- и пассажиропотоков.

Таким образом, приоритетными направлениями развития инфраструктуры транспортно-логистической системы региона, являются: развитие железнодорожного транспорта (усовершенствование подвижного состава; наращивание скорости как пассажирских, так и грузовых поездов; увеличения протяженности электрифицированных линий и т.д.); развитие и модернизация автомобильных дорог; усовершенствование нормативно-правовой базы относительно обеспечения равноправных условий для предприятий, осуществляющих перевозку пассажиров; усовершенствования системы финансирования перевозок пассажирского транспорта, тарифной политики и т.д.

В современных условиях возникает потребность в развитии и модернизации транспортной инфраструктуры, как базиса создания транспортно-логистической системы региона.

УДК 656.13

### **Качество перевозок на маршрутах городского пассажирского транспорта**

Вакуленко Е.Е.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Показатели качества работы городского пассажирского транспорта (ГПТ) используются перевозчиками для управления производственными процессами с целью обеспечения конкурентных преимуществ. Показатель качества транспортных услуг определяет рыночную привлекательность того или другого маршрута МПТ. Поэтому качество обслуживания пассажиров является приоритетным направлением при организации транспортного обслуживания пассажиров.

В работах ученых качество транспортного обслуживания пассажиров определяется, как совокупность свойств перевозочного процесса и системы перевозок пассажиров, которые обуславливают соответствие их нормативным требованиям. Свойства перевозочного процесса и системы перевозок определяют уровень организации и осуществления перевозок пассажиров и влияют на удовлетворение транспортных потребностей

пассажиров. К показателям качеств перевозок пассажиров относятся: коэффициент заполнения салона транспортного средства, времени затрачиваемое пассажиром на передвижение, регулярность движения транспортных средств, тяжесть дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Некоторые из перечисленных факторов объективно влияют на функциональное состояние пассажира и, в зависимости от условий поездки, на степень утомляемости, что приводит к снижению уровня работоспособности пассажира, особенно в первые часы работы. Определение транспортной утомляемости пассажира позволяет не только определить функциональное состояние пассажира, но и оценить качества перевозок на маршрутах городского пассажирского транспорта.

УДК 656.11

### **Индикаторы, характеризующие удельную тяжесть последствий отдельных категорий участников дорожного движения**

Сушко А.А.

Академия МВД Республики Беларусь

В соответствии со статьей 3 Закона Республики Беларусь «О дорожном движении» к участникам дорожного движения относятся: водитель транспортного средства, самоходной машины; пешеход; пассажир; всадник; погонщик скота; лицо, обучаемое управлению механическим транспортным средством, самоходной машиной и находящееся в них; лицо, сдающее квалификационный практический экзамен на право управления механическим транспортным средством, самоходной машиной.

Количество раненых или погибших людей применительно к отдельным категориям участников дорожного движения зависит от того какая часть населения ездит в качестве водителя, какая в качестве пассажира, а какая остается пешеходом.

Тяжесть последствий от дорожно-транспортных происшествий (далее ДТП) оценивается как абсолютным числом раненых и погибших в них, так и относительными показателями на 100 тыс. населения. Безразмерным показателем, является коэффициент тяжести последствий.

Анализ статистических данных приведенных в таблице показывает, что с 2000 по 2010 г., включительно, общее значение  $k_{тнж}$  снизилось с 20 до 15 т.е. на 25% при среднеарифметическом значении  $k_{тнж}$  за рассматриваемый период 17. У водителей механических транспортных средств  $k_{тнж}$  снизился с 21 до 14 т.е. на 33%. при среднеарифметическом значении за рассматриваемый период 17, у пассажиров – с 15 до 10 т.е., на 33% при среднеарифметическом значении  $k_{тнж}$  за рассматриваемый период 13. В то же время в

ДТП с участием велосипедистов  $k_{тжж}$  снизился с 25 до 24 т.е. на 4%, при арлеанрифметическом значении за рассматриваемый период 25. Давя количественную оценку уровня безопасности дорожного движения коэффициент тяжести последствий не позволяет установить за счет каких категорий участников дорожного движения произошло это снижение и как это повлияло на риск их вовлечения в ДТП.

С этой точки зрения предлагается рассмотреть в качестве индикаторов:

- число пострадавших (погибших и раненых) участников дорожного движения, например, в 100 ДТП;
- число раненых участников дорожного движения, которое приходится на 10 погибших.

Анализ данных таблицы показывает, что за анализируемый период времени:

1. общее число пострадавших в ДТП остается примерно одинаковым - 127±1 человек на 100 ДТП, при этом идет снижение  $k_{тжж}$  за счет роста числа раненых с 101 до 107 и падении числа погибших участников дорожного движения с 25 до 19 человек на 100 ДТП;

2. неизменным остается число пострадавших в ДТП с участием гужевого транспортного средства – 1 человек на 100 ДТП. Среднее значение  $k_{тжж} = 20 \pm 6$ ;

3. наблюдается рост числа пострадавших водителей с 31 до 37 за счет опережающего роста числа раненых водителей и некоторого снижения числа погибших (как уже отмечалось  $k_{тжж}$  снизился с 21 до 14 т.е. на 33%);

4. наблюдается рост числа пострадавших пассажиров с 34 до 40 человек на 100 ДТП за счет роста числа раненых - с 34 до 40 человек на фоне незначительного падения числа погибших с 5 до 4 человек;

5. наметилась устойчивая тенденция снижения числа пострадавших пешеходов – с 51 до 41 человека на 100 ДТП, при этом снизился коэффициент тяжести  $k_{тжж}$  с 21 до 18. Это стало возможно за счет общего снижения числа пострадавших в этом виде ДТП с 3232 до 2638, т.е. на 18%. В ситуации с пешеходами наблюдается опережающее снижение на 27% числа погибших по сравнению с меньшим темпом (на 15%) снижения числа раненых;

6. величина  $k_{тжж}$  в ДТП с участием велосипедистов не имеет выраженной тенденции к росту или падению -  $k_{тжж} = 26 \pm 3$ . Число погибших и раненых велосипедистов остается практически неизменным.

Анализ графических зависимостей показывает, что в общей массе доля пострадавших водителей и пассажиров составляет более 50%. За анализируемый период этот показатель вырос с 51,9% до 60,7% при общем практически неизменном числе пострадавших в ДТП.

Таким образом, если сохранится наметившаяся в последние три года тенденция, при неизменном числе пострадавших в одном ДТП будет наблюдаться рост числа пострадавших водителей и пассажиров механических транспортных средств за счет падения числа пострадавших в ДТП с участием пешеходов при практически неизменном числе пострадавших велосипедистов и водителей гужевых транспортных средств.

УДК 656.11

### **Оценка тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий в период с 2000 по 2010 гг.**

Сушко А.А., Вечерский Д.А.  
Академия МВД Республики Беларусь,  
Белорусский государственный университет

Основопологающая составляющая ущерба от дорожно-транспортного происшествия (далее – ДТП) – это потерянное здоровье и сама человеческая жизнь.

В предыдущих работах нами было предложено оценивать ущерб от гибели или ранения человека в ДТП в зависимости от величины валового внутреннего продукта – ВВП по следующим соображениям.

ВВП на душу населения – относительный показатель, выражающий величину произведенных товаров и услуг, приходящихся на одного жителя страны.

Ущерб в результате гибели и ранения людей в ДТП уменьшает величину ВВП страны. Следовательно, назначая стоимость ущерба от гибели в ДТП («готовность платить») страна объявляет, сколько человек готовы отказаться от своей доли ВВП, т.е., сколько человек готовы лишиться товаров и услуг в результате гибели в ДТП одного жителя страны.

Отношение «готовности платить» к ВВП на душу населения показывает число жителей страны, лишенных своей доли ВВП в результате ущерба от гибели одного человека в ДТП.

Регрессионный анализ данных о ВВП на душу населения и данных о стоимости жизни погибшего в ДТП в отдельных странах позволили построить регрессионную модель.

Анализ данных показывает, что для незащищенных участников дорожного движения – велосипедисты, пешеходы, водители гужевых транспортных средств – наблюдается превышение доли приходящегося ущерба над долей в общем числе пострадавших. Это косвенно характеризует большую тяжесть последствий от ДТП у незащищенных участников дорожного движения.

В среднем за последние 5 лет около 28% ущерба от гибели и ранения в ДТП приходилось на водителей механических транспортных средств, около 30% - на пассажиров механических транспортных средств, около 35% - на пешеходов, 6,5% - на велосипедистов и 0,5% - на водителей гужевых транспортных средств.

УДК 656.13

### **Экономичная транспортная система городской перевозки пассажиров**

Шуть В.Н., Касьяник В.В.

Брестский государственный университет

Интеллектуальные Транспортные Системы (ИТС) – комплекс взаимосвязанных автоматизированных систем, решающих задачи управления дорожным движением, мониторинга и управления работой всех видов транспорта (индивидуального, общественного, грузового). Как правило, основными задачами, решаемыми ИТС, являются: повышение качества транспортного обслуживания населения, обеспечение безопасности дорожного движения и перевозок, расширение возможностей общегородской системы автоматизированного управления дорожным движением по удовлетворению возрастающего спроса на пассажирские и грузовые перевозки на всех видах транспорта. Так, для повышения эффективности и безопасности пассажирских и грузовых перевозок предлагается интеллектуальная рельсовая транспортная система. Основная идея такой системы заключается в том, чтобы, планируя размещение жилых районов в зоне посадочных площадок, использовать скоростные возможности рейсового транспорта для достижения максимальной технически возможной скорости на всей трассе без процессов торможения и разгона подвижного состава, не препятствуя в то же время посадке и высадке пассажиров на остановочных пунктах. Рельсовая транспортная система для перевозки пассажиров содержит рельсовый путь, парковочные площадки и подвижной состав, состоящий из вагонов с боковыми и торцевыми дверями, приводами движения, при этом каждый вагон дополнительно снабжён компьютером, к системной шине которого подключён радиомодуль, блок фиксации входящих/выходящих пассажиров, блок фиксации переходящих пассажиров, блок управления приводом движения. Основной активной действующей единицей транспортной системы является вагон, установленный на рельсы. Он полностью автономен в плане самостоятельных активных действий. Компьютерный модуль обеспечивает управление всеми функциями вагона и «общение» с другими вагонами, входящими в систему.

**К вопросу о разработке критериев оценки транспортных заторов**

Лагерев Р.Ю., Михайлов А.Ю., Зедгенцов А.В.

Иркутский государственный технический университет

Статистические данные интенсивности движения на магистральных улицах США и Европы свидетельствуют о том, что именно на магистральных улицах сосредотачиваются основные транспортные потоки, выполняется принцип «концепции концентрации», что вызывает в последнее время существенный интерес к совершенствованию управления транспортными потоками именно в условиях плотного движения. Ежегодное увеличение транспортной нагрузки на магистральные улицы приводит к устойчивому снижению скорости движения транспортного потока и образованию заторовых ситуаций. Появление заторов, даже при наличии запаса пропускной способности, в первую очередь объясняют нечеткой и несогласованной работой светофорной сигнализации, что ведет к увеличению длин очередей транспортных средств, ожидающих обслуживания на перекрестках.

Острая необходимость в разработке методов оценки эффективности управления дорожным движением в условиях плотных транспортных потоков становится все более очевидной. В связи с этим в России начинают проводиться научные исследования ([www.transport.istu.edu](http://www.transport.istu.edu)), целью которых является создание критериев качества организации движения на отдельных элементах транспортной сети и их использование в качестве целевой функции задачи управления системой регулируемых пересечений. Первостепенной задачей является выбор такого критерия, который можно в дальнейшем использовать как параметр управления транспортными сетями в условиях затора, что позволит сформулировать математическую постановку задачи управления.

В качестве оценочного критерия вместо «транспортной задержки» предлагается использовать показатель «уровень загрузки перегонца». Показатель «транспортная задержка», широко используется на малонасыщенных регулируемых пересечениях, для оценки уровня обслуживания транспортных единиц, но в условиях перенасыщения теряет свой смысл и практически не поддается оценке.

Представляется, что наилучшее определение «транспортного затора» в случае рассмотрения управления системой регулируемых пересечений состояние количественно оцениваемое длиной очереди транспортных средств в линейных единицах. Предложенное авторами определение полностью совпадает с понятием перенасыщения, предложенное D. C. Gazis: и в дальнейшем развитое авторами Abu-Lebdeh, Ghassan и Rahim F. Venekahal. Предлагаемое определение затора позволяет использовать ко-

количественный критерий управления загруженными магистральными улицами, который формулируется как длина перегона минус длина очереди. Данный критерий дает возможность математической постановки задачи управления городской магистралью с целью снижения вероятности образования транспортных заторов. Длина очереди – это количество транспортных средств, скапливающихся у подходов к регулируемому пересечению. В англоязычной литературе и программах микромоделирования транспортных потоков используют понятия очереди: *back of queue*, *maximum back of queue*, *average back of queue*, которые отличаются по своему содержанию и методике расчета.

Поскольку, длина очереди тесно коррелирует со средней задержкой, интенсивностью движения транспортных средств и параметрами режима регулирования, ее вполне можно использовать в качестве показателя степени насыщения: «При достижении состояния насыщенных потоков, когда задачей управления становится минимизация вероятности возникновения затора, длина очереди считается наиболее информативным оценочным параметром». Предлагаемый критерий оценки величины затора позволяет использовать количественный критерий управления насыщенной сетью, который формулируется как длина перегона минус длина очереди. Данный критерий делает возможной математическую постановку задачи управления УДС с целью снижения вероятности образования транспортных заторов. Следующий этап исследования транспортной лаборатории НИ ИргТУ ([www.transport.istu.edu](http://www.transport.istu.edu)) – математическая постановка задачи оптимизации управления магистральной сетью, основанной на расчете длин очередей.

УДК 156.13

### **Перспективы развития транзитного потенциала России**

Альметова З.В., Ларин О.Н.

Южно-Уральский государственный университет

Развитие транзитного потенциала транспортных систем обеспечивает реализацию инновационно-активного сценария социально-экономического развития Российской Федерации, направленного на повышение темпов экономического роста за счет перехода отечественной экономики от экспорта сырья к экспорту готовой продукции и услуг. Увеличение объемов транзитных грузопотоков через транспортные системы регионов улучшит состояние транспортных коммуникаций и будет способствовать развитию внешней торговли и международного туризма. Формирование международных транспортных коридоров будет ориентировано на решение транспортных проблем регионов, содействие развитию новых территорий, в том числе путем вовлечения их во внешнеэкономическую деятельность.



Глобализация экономики и сопровождающие ее процессы развития внешнеторгового обмена требуют новых подходов к развитию транспорта, поиску новых технологий и рациональных путей освоения транзитных перевозок. Располагая системой морских портов на Балтийском, Азово-Черноморском, Каспийском, Северном и Дальневосточном бассейнах, развитыми сетями железных дорог и внутренних судоходных путей, протяженной сетью автомобильных дорог, воздушными трассами, Россия обладает огромным транспортным потенциалом, который способен реализовать национальный транзитный ресурс для обеспечения евроазиатских связей и потребности страны в перевозках во всех видах сообщений. Для более полного использования преимуществ географического положения страны, обеспечения возрастающих объемов внешнеторговой деятельности, укрепления роли России в мировой хозяйственной системе необходимо формирование и планомерное развитие российских международных транспортных коридоров, как важных элементов создаваемой международной евроазиатской транспортной инфраструктуры. Основные грузопотоки внешнеторговых и транзитных перевозок концентрируются по осям Запад – Восток и Север – Юг и совпадают с главными направлениями перевозок в межрегиональном сообщении внутри России, в районе прохождения которых сосредоточено свыше 80% населения и промышленного потенциала Российской Федерации. Из этого следует, что развитие международных транспортных коридоров отвечает как внешним, так и внутренним экономическим интересам Российской Федерации. Результаты формирования и развития международных транспортных коридоров на территории Российской Федерации выходят за рамки только транспортных проблем. Они окажут позитивное влияние не только на показатели работы транспортной системы страны, но и на макроэкономические показатели в целом. Это будет касаться дополнительных доходов государства от увеличения объемов международных перевозок по территории России, включая увеличение транзита, а также повышение использования производственного потенциала транспортной инфраструктуры.

УДК 656

### **Исследование и применение методов определения прочности дорожных одежд**

Бертулене Лина, Лауринавичюс Алфредас, Роландас Огинкас  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

Постоянно увеличивающаяся в Литве потребность усиливать прочность конструкций дорожных покрытий способствует внедрению новых технологий по реконструкции автомобильных дорог, поиску новых вари

литов создания слоев конструкций дорожного покрытия, исследованию конструкций в реальных условиях их эксплуатации. С целью установить и сравнить точность результатов исследований, проведенных статическим и динамическим методами, в Научной лаборатории автомобильных дорог Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса были произведены сравнительные измерения на опытном участке дороги. На основании этих измерений был произведен обзор методов измерения, экспериментально разными методами с применением приборов статического и динамического измерения была исследована прочность конструкций дорожного покрытия автомобильных дорог Литвы. Результаты исследования опытного участка, их анализ и оценка позволяют подобрать лучший метод измерения для разных слоев дорожных конструкций.

Исследования произведены и результаты обработаны на основании измерений, осуществленных на экспериментальном участке дороги Каунас Мариямполь–Сувалкай (16,10–16,40 км) и опытном участке в Паиляй. Измерения проводились статическими и динамическими методами измерений с применением следующих приборов: статическая балка „Strassentest“, динамический дефлектометр падающего груза FWD „Dynatest 8000“, LWD „Prima 100“ и динамический ZORN ZSG 02. На основании произведенных измерений можно утверждать, что все названные приборы пригодны для определения модулей деформации земляного полотна и морозозащитного слоя.

На основании результатов исследований, полученных при проведении испытаний на Каунасском участке дороги, можно отметить, что для определения прочности дорожного покрытия приборы и методы должны применяться с учетом того, с какой целью будут применяться результаты измерения: статическая балка – наиболее применима для определения модулей деформации поверхности слоев сыпучих материалов; дефлектометр – для детального исследования состояния всей конструкции покрытия.

Результаты исследования деформаций экспериментальных слоев конструкции дороги, произведенных статическими и динамическими приборами, показали, что прочность слоев конструкции дороги, определенная дефлектометром падающего груза, близка к прочности, установленной статической балкой. Между модулями E, определенными статическим и динамическим методами, существует прямая зависимость. Корреляция модулей деформации, определенных разными методами, показывает, что дефлектометр падающего груза может применяться для определения прочности исследуемых конструкций с применением коэффициентов релаксации, установленных экспериментальными исследованиями.

На основании анализа и оценки результатов исследования земляного полотна можно утверждать, что достоверные результаты получаемы с по-

мощью всех приборов измерения. Для определения прочности морозо- и щитного слоя лучше всего подходят статическая балка и динамический прибор ZORN ZSG 02. Проанализировав и оценив результаты исследования, коэффициент редукиции  $k^*$ , предназначенный для сравнения результатов, полученных статическими и динамическими методами измерения, можно предложить применять по предложенной математической формуле:

На основании результатов произведенного исследования предлагается продолжить дальнейшие научные исследования по измерению прочности слоев основания и слоев покрытия дороги с учетом толщины слоя, состава материала и температуры. Исследования следует проводить в аналогичных условиях, оценить коэффициент Пуассона для каждого материала слоя конструкции дороги. Говоря о слое основания покрытия, следует уточнить применяемый в вычислительной методике коэффициент распределения нагрузки, оказывающий влияние на величину модуля деформации.

УДК 656.13.05

### **Определение параметров остановочного пункта маршрутных пассажирских транспортных средств**

Самойлович Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

В крупных городах остановочные пункты маршрутного пассажирского транспорта (ОП МПТ) обслуживают, как правило, несколько маршрутов пассажирского транспорта. Расписание движения (или интервал движения) составляется для каждого маршрута отдельно в зависимости от пассажиропотока и затем указывается в информационной таблице на остановочном пункте для всех маршрутов. На основании информации из таблицы можно определить интервал движения маршрутных пассажирских транспортных средств (МПТС), проходящих через ОП МПТ. Но, как правило, даже при большом интервале движения, на ОП МПТ часто останавливаются 2 и более МПТС одновременно. Это обусловлено «пачкованием» ТС на УДС ввиду светофорного регулирования, а так же наличием других способов организации движения (снижение скорости, проезд перекрестков) и психологией водителей. От количества МПТС, стоящих на ОП МПТ, зависят геометрические параметры ОП. При недостаточной длине ОП МПТ возникает очередь, в то же время при слишком длинном ОП МПТ замедляется процесс посадки. В статье исследуется вероятность прибытия на ОП МПТ более одного МПТС одновременно в зависимости от интервала движения. При проведении исследования сделано 32 замера по 15 мин на ОП МПТ, обслуживающими разное количество маршрутов в часы пик и

межпиковые периоды. Фиксировались вид, тип МПТС, время начала остановки, время открытия дверей (если не совпадало со временем начала остановки), время закрытия дверей. Количество полученных данных - 493. Данные обрабатывались в приложении Excel MS Office и программе SPSS Pasw Statistic 18. Как правило, между фактическим интервалом движения и интервалом движения по расписанию существует разница. Определим значимость этой разницы. Для этого воспользуемся критерием Стьюдента.

В ходе выполнения исследований была определена однородность данных интервала движения по информационным таблицам и фактического интервала движения МПТС на ОП МПТ. Определена зависимость количества случаев остановки более 1 МПТС на ОП МПТ от интервала движения МПТС. Определена зависимость остановки маршрутных такси на ОП МПТ при стоящем МПТС от доли маршрутных такси на ОП МПТ. Предложена формула расчета длины остановочной площадки, приведен пример расчета длины ОП МПТ.

УДК 656.13

### **Мировая практика снижения уровня дорожной аварийности**

Андреев А.Я., Лукьянчук А.Д., Кот Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Все разнообразие мер, применимых в международной практике в качестве основных инструментов для снижения количества аварий в населенных пунктах, подразделяется на три основные группы:

1. Инструменты, формирующие безопасный стиль поведения участников дорожного движения. Объект воздействия – человек.
2. Инструменты, повышающие безопасность транспортных средств и снижающие тяжесть аварий в случае их возникновения. Объект воздействия – транспортное средство.
3. Инструменты, повышающие безопасность улично-дорожной инфраструктуры и, в первую очередь, для пешеходов как самой уязвимой категории участников дорожного движения. Объект воздействия – дорожная инфраструктура.

*Инструменты, формирующие безопасный стиль поведения участников дорожного движения.* Данная группа инструментов предназначена для проведения мероприятий в рамках воспитательной, образовательной, законопослушательской, политической, общественной деятельности, нацеленной на формирование безопасной модели поведения участников дорожного движения посредством воспитания желательного и корректировки нежелательного поведения. Главная цель – профилактика аварий по вине «человеческого фактора».

*Инструменты, повышающие безопасность транспортных средств и снижающие тяжесть аварий в случае их возникновения.* Данная группа инструментов предназначена для проведения мероприятий в рамках деятельности, направленной на повышение безопасности транспортных средств, как для водителя и пассажиров, так и для снижения тяжести последствий аварий «автомобиль – пешеход». Главная цель – профилактики аварий и снижение их тяжести по вине «технического фактора».

*Инструменты, повышающие безопасность дорожной инфраструктуры и, в первую очередь, для пешеходов.*

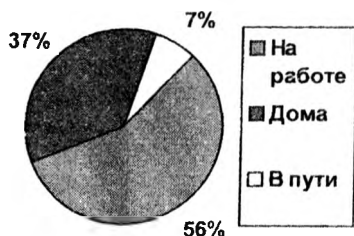
Данная группа инструментов предназначена для проведения мероприятий в рамках деятельности, связанной с планированием, проектированием, строительством, содержанием и эксплуатацией, как отдельных объектов улично-дорожной инфраструктуры, так и целых сетей. Главная цель – профилактика всех аварий по вине «фактора инфраструктуры» с особым акцентом на повышение ее безопасности для самых уязвимых категорий дорожных пользователей.

УДК 656

### Минимизация «потерянного» времени в дорожном движении

Грабауров В. А., Матвеев Д. Д.

Белорусский национальный технический университет



По данным корпорации Microsoft, люди проводят 56% времени на работе, 37% - дома и 7% в автомобиле или в автобусе, совершая разнообразные поездки.

Человек всегда пытается сократить время, проводимое в пути, или, по крайней мере, провести это время с максимальным комфортом и безопасно-

стью.

Для промышленности время транспортировки товаров или услуг - потерянное время. Например, в США, производственные потери из-за низкой производительности транспорта составляют 230 млрд. долларов ежегодно.

Время, которое требуется на поездку, зависит от:

- расстояния;
- скорости движения;
- задержек в пути.

На расстояние можно влиять, выбирая оптимальный маршрут.

Предел скорости движения выбирается в зависимости от состояния автомагистрали и транспортного средства.

Задержки в пути:

- поиск маршрута;
- аварии;
- возникновение неисправностей;
- пробки на дорогах;
- остановки для заправки;
- поиск места для парковки;
- остановки для уплаты дорожных пошлин;
- остановки по требованию дорожной полиции.

Вывод: сокращая "потерянное" время на каждом из этих элементов можно способствовать повышению производительности транспорта, а, следовательно, сокращению экономических потерь.

УДК 656

### Телематика в дорожном движении

Грабауров В.А., Матвеев Д.Д.

Белорусский национальный технический университет

Телематика (Telematics) - система связи в соединении с автоматической обработкой данных, одно из наиболее важных средств в современной логистике. Это понятие означает комбинацию телекоммуникации и информации. Оно увязывает в единую систему транспортное средство и автомагистраль с целью повышения производительности и безопасности транспортных перевозок.

Благодаря телематике уменьшается объем работы с бумагами, открываются совершенно новые возможности принятия решений. Например, при помощи спутников и вычислительной техники можно следить за транспортными средствами в реальном времени, с помощью электронных таможенных деклараций осуществлять быстрые грузовые перевозки.

Концепция системы современных автомагистралей, которые будут способны осуществлять такие перевозки, получила название Информационные автомагистрали IVHS - Intelligent Vehicle Highway System или ITS - Intelligent Transportation Systems. Эта концепция впервые появилась в США, которая и является лидером в данной области. 10 января 1996 года Секретарь Транспорта США представил новую государственную программу, которую можно считать руководством к созданию IVHS. Эта про-

грамма рассчитана на 10 лет. Конечная цель программы - уменьшить среднее время поездки для каждого американца по крайней мере на 15%.

*Девять ключевых пунктов программы:*

Системы информационного обмена между транспортным средством и автомагистралью должны наблюдать плотность движения в реальном времени и автоматически управлять им. Это улучшает плавность потока, уменьшает частые остановки при движении в потоке на 40% и столкновения - на 30%.

Системы управления автомагистралью вычисляют плотность движения в реальном времени на автомагистралях и информируют водителей об условиях движения через информационные табло. Такие системы, установленные в штате Миннесота, увеличили среднюю скорость на автомагистралях на 35% и пропускную способность на 22%, одновременно уменьшив аварии на 25%.

Управление транзитными перевозками. В настоящее время 11000 и 60000 автобусов США оснащены системами спутникового слежения, что позволяет диспетчерским центрам обеспечивать точное и своевременное движение автобусов и слежение за их маршрутами.

Системы контроля аварийных ситуаций (системы дорожного мониторинга) должны выявлять неисправные транспортные средства на трассе и обеспечивать вызов аварийных служб, восстанавливая как можно быстрее нормальный ритм движения после аварии.

Электронные системы дорожных платежей для автоматизированного взимания платы за проезд без остановки транспортного средства. Такая система, применяемая в Оклахоме, уменьшила затраты на взимание платы на 91%.

Электронные билетные системы. Необходимо интегрировать билетные системы таким образом, чтобы путешественник оплачивал парковку, проезд на автобусе или поезде с помощью одной и той же электронной карты.

На железнодорожных переездах должны быть введены электронные системы для координации движения поезда и потока машин. Кроме того, каждое транспортное средство должно иметь бортовую систему, предупреждающую о приближении поезда.

Аварийные медицинские службы и службы правопорядка должны быть связаны с системами управления дорожным движением. В частности, в Хьюстоне машины скорой помощи и полиции могут управлять сигналами светофоров на перекрестках.

Региональные информационные системы предоставляют путешественникам необходимые сведения с помощью разнообразных средств аудио-визуальной информации (информационные табло, радио, электронные информационные киоски) и помогают планировать поездки.

## Понимание транспортной логистики

Холупов В.С., Холупов О.В.,  
Белорусский национальный технический университет

“Логистика – процесс планирования, выполнения и контроля эффективного перемещения и хранения сырьевых материалов в процессе движения оборотных средств, готовой продукции, услуг и связанной информации из точки производства в точку потребления с целью удовлетворения нужд потребителя” [Council of Logistics Management, CLM].

“Логистика – процесс стратегического управления движением и хранением материалов, частей и готовой продукции от поставщиков через производственные мощности предприятия к потребителю” [Bowersox et al].

“Логистика – сочетание средств, оборудования, людей и производственной политики, делающее возможным перемещение товаров и информации о них от приобретения сырьевых материалов через производство и распределение среди потребителей” [Shapiro & Heskett].

“Логистика – планирование, организация, контроль движения товаров от закупок, через производство, до распределения среди конечных потребителей, удовлетворяя запросы рынка с минимальными затратами и минимальными капиталовложениями”.

Стратегические цели логистики:

- снижение затрат;
- уменьшение использования капитала;
- улучшение сервиса.

Тактические цели:

- уменьшение времени доставки; уменьшение запасов;
- улучшение использования оборотных средств;
- минимизация рассеивания производства;
- минимизация общих затрат на производство (операционных затрат) и затрат на материально-техническое снабжение;
- контроль качества продукции.

### Основные принципы повышения безопасности дорожного движения

Капский Д.В.  
Белорусский национальный технический университет

Разработанная методология объединяет в систему методологические принципы, методы и способы организации деятельности по повышению безопасности движения. Она построена на шести основных методологиче-



ских принципах, из которых один (первый) общеизвестный и пять специальных (в т. ч. два существующие и три (последние) новые):

- достоверность и достаточность результатов оценки, применяется при оценке существующего положения на объекте, при оценке зависимостей решений и мероприятий;

- максимизация опасности при выборе первоочередного объекта исследования;

- минимизация суммарных потерь при оценке качества и выборе решений;

- сбалансированный учет аварийных и экологических потерь при выборе решений в «неясных» ситуациях, применяется в случаях равенства суммарных и неравенства аварийных и экологических потерь конкурирующих вариантов – предпочтение отдается варианту с наименьшими аварийными и, затем, экологическими потерями;

- минимизация суммарной народно-хозяйственной стоимости функционирования объекта при выборе и разработке мероприятий, в которую входят суммарные потери, приведенные к году капитальные вложения и затраты на эксплуатацию;

- обязательная оперативная контрольная оценка аварийной эффективности внедряемых мероприятий, позволяющая оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений, выбора, разработки и внедрения мероприятия.

УДК 656.13.05

### **Научно-методическая система повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности**

Капский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Научно-методическая система, под которой понимается «совокупность методов и способов осуществления чего-либо» состоит из 18 элементов и включает четыре этапа работ. В качестве элементов («методов») системы выступают методы и методики, а в качестве «способов» – этапы работ, представляющие объединенные целевые группы приемов. Разработанная система рассматривает не только теоретическую, но и практическую стороны деятельности по повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности. К элементам научно-методической системы относятся: 1) разработанный авторский метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности; 2) усовершенствованный метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям; 3) адаптированный к городским условиям Республики Беларусь в части установки искусственных

неровностей статистический метод прогнозирования аварийности; 4) комплекс методик прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон», включающий 6 авторских методик прогнозирования аварийности, в том числе 1 – на регулируемых перекрестках и 2 – на искусственных неровностях; 5) новая методика определения расчетной социально-экономической стоимости аварий; существующая методика расчета аварийных потерь; 6) комплекс методик расчета экономических потерь для расчета потерь на регулируемых перекрестках и для расчета потерь на искусственных неровностях; 7) усовершенствованная методика расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках; 8) новая методика очагового анализа аварийности; 9) усовершенствованная методика прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям; 10) усовершенствованная методика проведения экспериментальных исследований дорожного движения.

Научно-методическая система включает следующие этапы работ:

выбор объекта исследования, производится на основе топографического анализа, при этом в качестве первоочередных принимаются наиболее «тяжелые» по аварийности или наиболее «важные» по значимости объекты в транспортной системе города;

– оценка существующего положения на объекте, включает четыре процедуры: натурное обследование, определение исходных данных, расчет потерь, прогнозирование аварийности по методам «Конфликтных зон» и конфликтных ситуаций с целью определения погрешности прогноза;

– поиск и выбор решений, включает три процедуры: очаговый анализ аварийности, предварительный поиск и выбор решений, оценка качества по величине потерь и выбор наилучших решений;

выбор и внедрение мероприятий, производится исполнительной (эксплуатирующей) организацией на основе переданных ей наилучших решений, а также материально-технических, финансовых, организационных и иных возможностей этой организации. В процессе внедрения производится оперативная контрольная оценка аварийной эффективности внедряемого мероприятия, позволяющая оперативно выявить и устранить возможные недоработки или ошибки.

УДК 656

### **Оценка работы общественного транспорта**

Седюкевич В.Н., Мозалевский Д.В., Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Основные параметры и характеристики, влияющие на оценку услуг городского пассажирского транспорта: способствование стабильному развитию общества (экономическому, социальному, техническому); безопас-

ность и комфортность перевозок общественным транспортом, являющимися наименее аварийным вследствие качественной организации дорожного движения, более высокой квалификации обслуживающего персонала, четкого планирования и обеспечения маршрутов и пр.; скорость перевозок, Пассажиры заинтересованы в уменьшении длительности поездок. Только общественный пассажирский транспорт, движущийся по специально отведенным полосам движения, может успешно конкурировать с индивидуальным автомобилем в часы «пик»; увеличение провозной способности общественного транспорта, гарантирующее перевозку всех пассажиров желающих осуществить поездку именно в данное время; оптимальность расписаний движения транспортных средств, обеспечивающих возможность пассажиру осуществлять поездку в наиболее удобное для него время при минимальной затрате времени на ожидание транспортного средства; регулярность движения транспортных средств или точное выполнение расписания движения. По материалам опросов, проведенных в разных странах, наиболее значимым фактором выбора вида транспорта является «цена времени»; свобода передвижения и уверенность в том, что люди, не имеющие собственного автомобиля, будут иметь равные возможности передвижения; оказание минимального воздействия транспорта на окружающую среду (например, усиление роли общественного транспорта в рамках системы способствует достижению этой цели, т.к. поездка одного пассажира в общественном транспорте требует меньше энергии, а следовательно, вызывает меньшее загрязнение окружающей среды, чем поездка одного пассажира на легковом автомобиле); учет всех видов транспорта и обеспечение легкости комбинированных поездок (т.е. обеспечение транспортной цепочки из нескольких видов транспорта и легкость пересадок с одного вида на другой, минимум времени ожидания на остановках, для того чтобы сделать пересадку); интегрирование транспортных сетей (совмещение расписаний городского транспорта и внешних видов транспорта: железнодорожного, водного, автобусов дальнего следования, воздушного); оказание положительного воздействия на экономику (доставка рабочей силы к месту производства точно вовремя, доставка покупателей к местам сосредоточения торговли).

УДК 656

## **Планирование транспортных систем**

Ступенев А.М., Кот Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Развитие современного общества требует изменения подхода к планированию, применявшегося ранее. Вместо планирования отдельных связей и

инфраструктуры следует принимать во внимание весь комплекс транспортных перевозок, включая инфраструктуру. Планирование транспортной системы охватывает все виды транспорта (частные легковые автомобили, общественный транспорт, легкий транспорт и грузовое движение) и все возможные комбинации видов, которые используются для того, чтобы совершить поездку или цепочку поездок. Сюда включается также планирование таких структур как: терминалы для пересадки с одного вида транспорта на другой, транспортные сети, парковочные мощности и т.д. Принимается в расчет также районная структура (административное деление на районы) и политика землепользования.

Планирование транспортной системы означает составление долгосрочного стратегического плана, предусматривающего комплексное развитие систем, связанных с обеспечением поездок.

УДК 656

### **Привлекательность общественного транспорта**

Рожанский Д.В., Ступенев А.М.

Белорусский национальный технический университет

Исходя из опыта европейских стран, необходимо разрабатывать меры по предоставлению общественному транспорту таких приоритетов как специальные полосы движения, приоритетный пропуск общественного транспорта (в т.ч. с применением соответствующих алгоритмов управления светофорными объектами) и другие меры, поощряющие людей пользоваться общественным транспортом (меры «поощрения»), а там, где это приемлемо, вводить меры по сокращению использования личных автомобилей (меры «притеснения»). Можно выделить следующие меры «притеснения»:

финансовые инструменты, применяемые в общем (например, повышение налогов на топливо), или на проблемных участках транспортной системы (например, введение пошлин за въезд в исторический центр города, более высокая стоимость парковки);

– технические или меры регулирования (запрет на использование автомобилей в определенных зонах, перенос зон парковки, изменение маршрутов движения, ухудшение условий движения (в т.ч. за счет светофорного регулирования, например, предложением фазности светофорного регулирования, дающего больше возможности для движения в объезд центральной части города, введением «анти»-координации и т.д.).

Конечно, использование только мер «притеснения» или только мер «поощрения» не всегда приводит к удовлетворительным изменениям в рамках города. Наилучший эффект, как показывает практика, дает сочета-

ние этих мер. Критерии, которые должны приниматься в расчет при сочтении мер «притеснения» и «поощрения»: снизится ли уровень перегруженности (время поездок)?; возникают ли качественные улучшения в работе системы общественного транспорта?; каковы последствия повышения приоритетности общественного транспорта?; присутствует ли гибкость для соответствия колебаниям транспортного движения (суточным, недельным, сезонным)?; достигается ли достаточная массовость и обеспечения экономичности услуг транспорта? и т.д.

Меры "притеснения" тесно связаны с использованием адекватного налогообложения на всех видах транспорта (а именно, трансформация внутренних издержек факторов внешнего воздействия транспорта). Например: возложение на транспортного пользователя большей части реальных издержек (включая издержки загрязнения окружающей среды, аварийное содержание инфраструктуры) по их поездкам, безусловно, сократит использование личных автомобилей в городских зонах, страдающих транспортной перегруженностью. Этот вопрос жизненно важен для разгрузки городов, снижения загрязненности и аварийности.

УДК 656

### **Автоматизированные системы управления общественным транспортом**

Рожанский Д.В., Кот Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Различают системы, основанные на принципе моделирования транспортных потоков. Принцип компьютерного моделирования транспортных потоков был разработан еще в 1960 году в Великобритании. На этом принципе основано действие системы TRANSYT, разработанной Исследовательской Лабораторией Транспорта и Дорог (TRL), Великобритания. Цель – выбрать оптимальную схему фиксирования времени сигналов движения и остановок. Этим положено начало новой эры в планировании и регулировании движения. Версия TRANSYT 9 модернизирована и обеспечивает дополнительными возможностями оценки затрат, вызванных непредвиденными задержками движения. Версия BUS TRANSYT специально проектирована для обеспечения бесперебойного движения общественного транспорта, не создавая помех движению частных автомобилей. Но возможности систем прогнозирования транспортных потоков на основе компьютерной генерации моделей ограничены и зависят от своевременного поступления данных от многочисленных дорожных служб. При большом количестве транспортных пробок возникают непредвиденные потоки дви-

• Система контроля не успевают регулировать движение. Учитывая быстрый рост интенсивности движения в городах необходимо каждые несколько лет пересматривать системы контроля и изменять интервалы времени между фиксированием сигнала.

Системы контроля движения, основанные на принципе "реального времени" имеют следующий принцип действия: идет непрерывное поступление данных о состоянии транспортного потока в компьютер, который рассчитывает время смены сигналов. Такие системы совместимы со средствами контроля движения и способны регулировать транспортный поток при любых неожиданных обстоятельствах. Широко известны две подобные крупные системы городского контроля движения (UTC) – Австралийская SCATS и Британская SCOOT.

УДК 656

### **Повышение привлекательности общественного транспорта в крупнейших и крупных городах**

Седюкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Нет такого города или отрасли экономики, которые нормально функционировали бы без общественного транспорта, равно как и люди не могут обойтись без передвижений. Таким образом, для общественного транспорта характерно выполнение следующих миссий.

Миссия 1: «Общественный транспорт – одна из основных частей системы производства». Качество инфраструктуры является предпосылкой здоровой экономики. Инфраструктура с хорошим содержанием поддерживает процесс производства, поставляя необходимые ресурсы (энергия, материалы, информация, труд) к месту их переработки в продукцию и услуги. Общественный транспорт – основная часть транспортной инфраструктуры, обеспечивающая производство трудовыми ресурсами, доставляя их в нужное место, в нужном количестве и точно во время. Он также доставляет покупателей на рынки, обеспечивая реализацию произведенной продукции и пополнение бюджета.

Миссия 2: «Общественный транспорт – важнейшая часть социальной сферы». Именно общественный транспорт является средством, обеспечивающим, путем повышения мобильности, реализацию таких конституционных прав граждан как: право на образование, здравоохранение, культуру и другие права, гарантированные государством. Общественный транспорт также играет ключевую роль для поддержания единства жителей города, доставляя их на культурные массовые и социальные мероприятия, обеспе-

чивая достаточное общение среди населения и душевный комфорт. Также, общественный транспорт является лицом города для приезжающих, и его состояние и работа формируют общее представление о городе.

Миссия 3: «Общественный транспорт – средство повышения безопасности транспортного движения». Практика других стран показывает, что общественный транспорт может успешно сдерживать резкое увеличение количества личных автомобилей и появление связанных с этим проблем (транспортная перегруженность, уличные пробки, недостаточность парковочных возможностей, аварийность) и повышать транспортную безопасность, предлагая транспортные услуги по приемлемой цене, с обеспечением комфорта и надежности.

Миссия 4: «Общественный транспорт – основная связующая нить» в рамках транспортной инфраструктуры как международной, так и республиканской». Как известно, Беларусь находится в центре Европы, через нее проходят несколько международных транспортных коридоров, соединяющих Европу и Азию. Именно общественный транспорт играет связующую роль (интермодальную) роль, связывая внешние виды пассажирского транспорта (железнодорожный, воздушный и автобусы дальнего сообщения). Для того, чтобы организовать плавные транспортные цепочки, все виды общественного транспорта (трамвай, троллейбус, автобус) должны работать в рамках одной интегрированной системы

Миссия 5: «Общественный транспорт – основное средство улучшения состояния окружающей среды города». Способность общественного транспорта оказывать сдерживающий эффект на возрастание использования личных автомобилей смягчает стресс на окружающую среду, вызываемый интенсивным транспортным движением. Поездка в общественном транспорте, из расчета на одного пассажира, требует меньше энергии, а автобус занимает только 5% от пространства улицы, требующегося для легковых автомобилей, перевозящих такое же количество пассажиров. Следовательно, перевозка одного пассажира осуществляется с меньшими издержками для окружающей среды, чем перевозка одного пассажира легковым автомобилем. В связи с этим, все решения, направленные на совершенствование системы общественного транспорта, означают меры, направленные на улучшение городской окружающей среды.

# **Экономика и управление на транспорте**



**Логистический подход к управлению производством**

Антюшеня Д.М.

Белорусский национальный технический университет

Конкурентные преимущества товаров и услуг, основанные только на ценовых и потребительских свойствах, постепенно утрачивают ведущее значение, а на первое место выходят гибкость, ограниченные сроки выполнения заказа, надежные и качественные поставки, возможность выбора. От рынка производителя экономика переходит к рынку покупателя, где способность производителя совместить индивидуальные покупательские предпочтения с гибким производством и системой планирования становится решающим фактором в конкурентной борьбе.

В условиях растущей глобализации логистические подходы управления производством и товарными потоками являются центральным звеном конкурентоспособности любой компании, планирующей серьезно работать не только на международном, но и на национальном уровне. Сегодня логистический процесс должен соответствовать основному правилу логистики - правилу «7R»: нужный товар необходимого качества и в необходимом количестве должен быть доставлен в нужное время и в нужное место нужному потребителю с требуемым уровнем затрат. Невыполнение хотя бы одного из условий может привести к потере клиентов и, соответственно, определенной доли рынка.

Только при соблюдении баланса на всех указанных этапах обеспечивается сокращение запасов и связанного капитала, высокая готовность товара к поставке, сокращение времени выполнения заказа и повышение его качества, повышение гибкости производства, снижение себестоимость продукции, ускорение оборачиваемости капитала. Как следствие, снижение себестоимости продукции и улучшение качества поставок — решающего конкурентного преимущества в условиях рынка.

Задачу развития транспортного комплекса, складской, терминальной инфраструктуры, таможни, системы страхования грузов и их информационного сопровождения, а также взаимной увязки всех этих компонентов для скоординированной работы можно решить только в рамках транспортно-логистических центров (ТЛЦ).

Создание общенациональной сети ТЛЦ на территории Беларуси является составной частью государственной транспортной политики. Только государство может на должном уровне выполнить функции инициатора и координатора развития национальной логистической системы, поддерживая этот процесс и экономически.

## Белорусский транзит – «сильное звено» в системе международного транспорта

Божанов П.В.

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

Показателем интегрирования национальной транспортной системы в мировую экономику является рациональное использование транспортных сетей, реализация преимуществ их географического расположения и коммуникационной способности. Глобализация сделала географическое положение не менее ценным для страны, чем наличие природных ресурсов. Усредненная раскладка себестоимости товаров говорит сама за себя – 60-75 % «съедают» издержки на их перемещение.

Треугольник «США-Европа-Азия» превращается в место сосредоточения финансовых и товарных потоков мира, причем в XXI в. основной поток транзита идет между ЕС и АТР. Объем торгового оборота в этом треугольнике составляет свыше 600 млрд. долларов США в год, объем контейнерных перевозок превышает 6 млн. единиц. Темпы роста торговли транспортно-коммуникационными услугами в мире вдвое опережают темпы роста торговли товарами. На второй Европейской конференции по транспорту в 1994 г. определены 9 трансъевропейских коридоров, из них 3 предусматривают «заход» в Беларусь – № II «Берлин-Варшава-Минск-Москва-Нижний Новгород», № IX «Хельсинки-Санкт-Петербург/ Москва-Киев-Кишинев» и его ответвление – № IXB «Калининград/Клайпеда-Вильнюс-Минск-Киев-Кишинев». Увеличение транзитных перевозок является важной составляющей стабильности национальной экономики, одним из эффективных видов экспорта транспортных услуг, а инвестиции отличаются быстрой отдачей. Это подтверждают исследования Национальной Академии наук и Минтранса Беларуси.

В связи с этим целью государства является развитие транзитных перевозок, изучение их значения в транспортной системе и влияния на экономику Беларуси, а также совершенствование дорожной инфраструктуры. Для реализации возможностей Беларуси проводится согласованная правовая, социально-экономическая и техническая государственная политика, что обеспечивается Государственной программой развития транзитного потенциала Республики Беларусь на 2011-2015 гг. Действительность мер по развитию транзитного потенциала республики подтверждается доходом от транзита, который по данным Минтранса Беларуси за 2011г. предварительно составил 2650 млн. долларов США и возрос к 2010 г. на 9 %.

**Совершенствование системы оценки финансовой устойчивости  
построений промышленного производства**

Гайнутдинов Э.М., Поддергина Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Проблема финансовой устойчивости отечественных предприятий имеет свои особенности в условиях превалирования государственной системы управления предприятиями страны с пониманием необходимости принятия мер по сокращению их убыточности.

Известные методы экономической оценки финансовой устойчивости предприятия необходимо корректировать с учетом социальных последствий возможных мер рыночного воздействия на предприятия с целью ухода от явлений убыточности.

При этом не следует путать явление банкротства с санацией. Основным их отличием является ликвидация предприятия как организационно-административной единицы общественного производства в первом случае и сохранение статуса такого предприятия с принятием мер по его экономическому оздоровлению.

К сожалению зачастую путаница с указанными подходами приводит к незавершенности мер оздоровления предприятия.

Рассматривая вопрос о банкротстве, необходимо, прежде всего, исходить из права собственности на предприятие – государственное или частное.

В Республике Беларусь подавляющее большинство предприятий имеют государственную форму собственности, поэтому рыночные законодательные основания не могут быть использованы для регламентации отношений банкротства применительно к ним.

При этом могут сложиться различные варианты взаимных претензий между частными собственниками, частными и государственными, между государственными собственниками. Во всех случаях взаимоотношения должны строиться по отличающимся регламентам. Ныне существующий единый регламент осложняет рассмотрение претензий и приводит его в тупик.

Рассмотрение взаимных претензий государственных собственников между собой нецелесообразно рассматривать в судебном порядке. Они могут быть рассмотрены в административном порядке.

Процедуры санации должны рассматриваться вне судебных разбирательств, в порядке хозяйственных проектов под руководством административных органов страны.

## Реализация системы оценки конкурентоспособности отечественной продукции

Гайнутдинов Э.М., Поддерегина Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Проблема конкурентоспособности отечественной продукции в настоящее время является исключительно важной в условиях существующих экономических катаклизмов, касающихся инфляции, курса валюты, девальвации, которые либо напрямую, либо косвенно зависят от реализации белорусской продукции в своей стране и за рубежом.

Серьезным аспектом, затрудняющим положительное решение указанной проблемы является отсутствие должного понимания реальной конкурентоспособности отечественной продукции на различных рынках, с которыми приходится иметь дело.

Указанные рынки условно могут быть разделены следующим образом: рынок Беларуси, рынки России, СНГ, Европы, мировые. Безусловно на всех рынках требования к белорусской продукции разные, и отреагировать на них однозначными сертификатами принятого в Беларуси нормативного образца невозможно.

Все больше видов продукции получают белорусские сертификаты, однако это не приводит к основательному росту объема их реализации.

Европейский стандарт рекомендует делать «как в Европе», но он не говорит о том, как адаптировать эти рекомендации к отечественным условиям. Остается единственный критерий – продукция Европы, для нас недостижимый как прежде так и сегодня. Однако указанное обстоятельство не исключает необходимости позитивного движения к европейским стандартам.

Представляется, что причиной такого положения является отсутствие понимания набора стандартов, которым должна соответствовать продукция, предназначенная для реализации на определенном конкретном рынке.

В связи с этим возникает необходимость разработки таких стандартов. Для каждого вида продукции набор стандартов будет отличаться в зависимости от ориентации продукции на конкретный рынок: для белорусского рынка стандарты первой категории, соответствие которым не ориентировано на рынки мирового либо европейского уровня, продукция для которых должна соответствовать высшей категории стандартов. Представляется, что в условиях Беларуси целесообразно использовать стандарты 5 уровней: для Беларуси, России, СНГ, Европы и дальнего зарубежья.

## **Проблемы формирования транспортно-логистических систем в Республике Беларусь**

Зубрицкий А.Ф., Пашкевич Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Как показывает международный опыт, не предоставляется возможным разработать типовые логистические системы. Поэтому нами были изложены общие подходы к разработке логистических систем основного звена экономики Республики Беларусь, а также изучен опыт уже функционирующих логистических систем.

Прежде всего, следует отметить, что существуют толкающие и тянущие системы продвижения материальных потоков. Толкающая система характерна для традиционной организации производства, на ее базе с использованием принципов логистики была разработана система планирования потребности в материалах MRP. Главной задачей данной системы является обеспечение гарантии наличия необходимого количества требуемых материалов в любой момент времени в рамках срока планирования, наряду с возможным уменьшением постоянных запасов, а следовательно, с разгрузкой склада. Дальнейшая трансформация системы привела к созданию MRP-2, включающая планирование в том числе и финансовых, и кадровых ресурсов.

Наиболее полно принципы логистики воплощены в производственных системах тянущего типа, основанных на логике цепи. Она позволяет предотвращать распространение колебаний спроса или объема производства от последующего производственного процесса к предыдущему, сводить к минимуму колебания запасов на производственных участках, децентрализовывать управление производственными запасами. На такой базе создана система DRP, конечной функцией которой является планирование транспортных перевозок. Основой базы системы данных является информация о перевозимой и складированной продукции, получаемой от фирмы-изготовителя, и информация со складов.

Среди отечественных логистических систем следует отметить комплексную систему оптимального транспортного обслуживания (КСОТО). Наличие устойчивых транспортных связей – её необходимое условие, а достаточное – организационное единство управляющей структуры транспортного обслуживания.

Рассмотрение действующих систем демонстрирует вариативность их применения в условиях развития логистики в Республике Беларусь.

## Оценка конкурентоспособности транспортно-логистических услуг

Зубрицкий А.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Конкурентоспособность можно определить как комплексную многоаспектную характеристику продукции или услуг, определяющую их предпочтение на рынке по сравнению с аналогичными изделиями или услугами-конкурентами как по степени соответствия конкретной общественной потребности, так и по затратам на её удовлетворение, которое и обеспечивает возможность реализации данной транспортно-логистической услуги в определённый момент времени на конкретном рынке. Отсюда следует, что конкурентоспособность обуславливается качественными и стоимостными особенностями транспортно-логистических услуг, которые учитываются потребителем согласно их непосредственной значимости для удовлетворения потребностей. Оценка конкурентоспособности автомобильных перевозок осуществляется следующим образом.

После выбора конкретного транспортно-логистического центра, для которого проводится оценка, на основе изучения рынка и требований клиентов-потребителей определяется перечень качественных, экономических и организационно-экономических показателей, подлежащих исследованию.

Далее инструментом оценки является единичный параметрический показатель, характеризующий уровень исследуемого параметра по сравнению с базой сравнения.

На основе единичных показателей проводится подсчёт групповых показателей, которые в количественной форме выражают различие между сравниваемыми услугами и позволяют судить о степени удовлетворения потребности. Затем проводится расчёт интегрального показателя, представляющего собой численную характеристику конкурентоспособности анализируемой транспортно-логистической услуги по всем группам параметров.

В настоящее время существует ещё один метод оценки конкурентоспособности транспортно-логистических услуг – интегральная оценка. Она основана на том, что в рыночных условиях, для которых характерна жёсткая конкуренция, каждый показатель, характеризующий перевозки, имеет существенную значимость и выделять какой-то из них нельзя.

## Практика перевозки сборных грузов

Ивуть Р.Б., Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Перевозка сборных грузов – доставка в одном автомобиле грузов от нескольких заказчиков – услуга, востребованность которой постоянно растет. Ощутимый толчок к своему развитию услуги по доставке сборных грузов получили на фоне мирового кризиса 2008-2010 гг.: озабоченным падением оборотов, желая сократить складские запасы и ускорить оборачиваемость капитала, заказчики стали чаще обращаться к возможности доставки товаров небольшими партиями. Однако многие грузовладельцы до сих пор не знают, как правильно использовать этот тип перевозки, чтобы добиться существенной экономии.

Проанализируем особенности работы со сборными грузами.

Во-первых, при фактической кооперации грузов должен быть соблюден принцип совместимости, предполагающий возможность перевозки в одном грузовом помещении разнородных грузов с целью исключения их взаимодействия, которое может привести либо к обесценению и снижению качества этих грузов или одного из них, либо к пожару, взрыву, выделению ядовитых газов. Вель, есть скоропортящиеся грузы, требующие особого температурного режима транспортировки, есть опасные грузы, которые требуют особенной перевозки, есть особо хрупкие грузы, есть срочные грузы, есть особо ценные грузы и др. Все эти моменты необходимо учитывать при формировании очередности загрузки автотранспортного средства и маршрута следования грузопотоков.

Во-вторых, этот сегмент рынка грузоперевозок отличается от традиционного необходимостью расчета и организации пространства автотранспортного средства, таким образом, чтобы все грузы с разными характеристиками (вес, габариты) могли быть совместно перевезены, как как при распределении груза в машине решающее значение может иметь любой из параметров груза.

В-третьих, при организации совмещенных маршрутов движения требуется определить эффективность применения данного вида перевозки. Преимуществом здесь является то, что каждый из участников консолидированной поставки сокращает свои расходы на транспортировку. Однако в большинстве случаев увеличивается срок доставки груза, а для многих товар должен быть доставлен в соответствующее спросу время. Несмотря на это, конкуренция на рынке сборных перевозок только увеличивается, что в дальнейшем поможет доставлять сборные грузы с той же скоростью, что и комплектные.

## О перспективах развития государственного сектора экономики Республики Беларусь

Тозик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Величина государственного сектора экономики в каждой стране мирового сообщества различна и определяется рядом взаимосвязанных факторов - исторически сложившимися условиями хозяйствования, качественным состоянием экономики на данном временном этапе ее функционирования, местом в народнохозяйственных связях, конкурентоспособностью национальной экономики и т.д.

В Республике Беларусь в настоящее время доминируют предприятия государственности, на их долю приходится подавляющая часть производственных активов, более 60% общего объема промышленного производства, почти 90% земли принадлежит государству или колхозам, что в наших условиях почти одно и то же. Высока доля государства и в собственности частично приватизированных предприятий. В среднем государству принадлежит порядка 40-50% акций акционерных обществ.

Анализ ситуации в государственном секторе экономики в настоящее время дает основания утверждать, что в своем большинстве госпредприятия оказались неспособными к оперативной структурной перестройке, и как результат – их низкая экономическая эффективность.

На современном этапе развития рыночной экономики госсектору необходимы новые подходы с целью повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности госсектора в целом и каждого отдельно предприятия.

С нашей точки зрения, новые подходы должны заключаться в следующем: обновление технической базы предприятий с учетом использования прогрессивных ресурсосберегающих технологий, снижение материалоемкости и энергоемкости выпускаемой продукции, восстановление и расширение инновационной инфраструктуры различных отраслей, приближаясь к достижениям мировых технологий, развитие приоритетных отраслевых производств, имеющих реальные перспективы освоения мирового рынка, профессиональное кадровое обеспечение, эффективное использование бюджетных средств и т.д.

Для повышения конкурентоспособности национальных брендов необходимо реализовывать меры по повышению экспортного потенциала налогооблагающих предприятий путем продвижения продукции через создания СП, сборочных производств, сервисного обслуживания, дальнейшего развития товаропроводящей сети за рубежом.



Тозик А.А.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития Республики Беларусь частный бизнес является важным компонентом нашей экономики.

Развитие негосударственного сектора экономики в любой стране, в том числе и в нашей, способствует решению таких достаточно важных и серьезных задач, как демонополизация, формирование рыночной структуры экономики и конкурентной среды, насыщение рынки конкурентоспособной продукцией, занятость населения, создание новых рабочих мест, экономический рост, увеличение налоговых поступлений и пополнение бюджета и, что может быть самое главное, формирование среднего класса, который, как правило, выполняет функции стабилизирующего фактора в обществе.

По состоянию на 01.01.2012 г. на учете в налоговых инспекциях состояло почти 85 тыс. организаций малого бизнеса, из которых около 60 тыс. представляют негосударственный сектор, а также почти 220 тыс. ИП.

Численность предпринимательских структур хоть и медленно, но растет. Такая тенденция во многом обусловлена деятельностью Правительства Республики Беларусь по либерализации условий осуществления экономической деятельности, проводимой с целью создания более благоприятного делового климата и инвестиционной среды в Беларуси. Тем не менее, несмотря на определенные успехи и предпринимаемые меры, данный сектор экономики в нашей стране свой потенциал использует далеко не в полную силу.

Для повышения эффективности бизнеса и сохранения их конкурентоспособности необходимы современные подходы к управлению новейшие технологии, инвестиции, инновации, а также создание условий для более равномерного распределения частного бизнеса по всей территории страны. В ближайшей перспективе необходимо формирование в регионах многоуровневой инновационной инфраструктуры, которая включала бы региональные образовательные комплексы: филиалы вузов, НИИ, научных центров, консалтинговых и обучающих компаний, в т.ч. мобильного типа, которые должны быть ориентированы в первую очередь на подготовку высококвалифицированных специалистов, а также генерацию идей и разработок. Воплощение в жизнь данных мероприятий даст возможность задействовать в экономике страны, на наш взгляд, дополнительно несколько десятков тысяч инициативных творческих граждан Республики Беларусь.

Краснова И.И.

Белорусский национальный технический университет

Анализ различных сегментов страхования показывает, что в республике сложилась и функционирует модель страхового рынка. производственная база которого сформирована и в значительной степени подвержена влиянию обязательного страхования. Введение в 1998-1999 гг., массовых видов обязательного страхования, доказав конкретную пользу страхования для каждого гражданина республики, стимулировало заинтересованность и спрос на соответствующие услуги по видам добровольного страхования, главным образом относящимся к имущественному страхованию. Тем не менее, дальнейшее развитие рынка требует необходимого обеспечения оптимального сочетания обязательного и добровольного страхования. При этом развитие добровольного страхования не должно рассматриваться как следствие развития обязательного, для его развития требуется научно обоснованная постановка и решение задач, прежде всего исходя из оценки взаимосвязи спроса на страховые услуги и экономического роста. Актуальность данного вопроса подтверждается невыполнением целевых показателей развития, предусмотренных Республиканской программой развития страховой деятельности в Республике Беларусь. В частности, выполнение показателей развития рынка страховых услуг Республики Беларусь в 2007-2009 гг. по всем видам страхования составило от 80,2% до 98,1%, в том числе по обязательным видам страхования – от 84,9% до 107,6% по видам добровольного страхования - от 73,6% до 89,1%. Выполнение целевого показателя отношения страховых взносов к ВВП составило в 2007 г. – 71,4%, в 2008 г. – 67,0%, в 2009 г. - 62,1%.

В Программе социально-экономического развития Республики Беларусь поставлена задача по развитию системы институтов, обеспечивающих мобилизацию финансовых ресурсов для модернизации экономики. Возможность полноценной реализации поставленной задачи, а также компенсационной функции страхования определяется финансовыми возможностями страховых компаний. По состоянию на 01.01.2010 собственный капитал страховых компаний республики составил 1 871 млрд. рублей, увеличившись по сравнению с 2008 г. на 35,3%. В структуре собственного капитала уставный фонд составляет 1 656 млрд. рублей, или 88,5%. В 2009 г. страховыми компаниями получен финансовый результат в сумме 118,5 млрд. рублей, что на 44,8 млрд. рублей или на 60,8% больше, чем в 2006 г.

## **О реализации транспортно-логистического потенциала Республики Беларусь**

Краснова И.И., Черкас В.С., Скоркин Д.А.  
Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь является основным транспортным мостом между странами Азиатского региона, Европы и СНГ. Беларусь с хорошо развитой системой логистики может получить дополнительный источник дохода и бюджет государства.

Высокая степень транзитивности нашей страны связана с тем, что через ее территорию проходят 2-й и 9-й международные транспортные коридоры. В странах со схожим геоположением логистика обеспечивает примерно 20-30% ВВП. В Беларуси же за счет логистических услуг формируется всего 7-8% ВВП.

По данным Всемирного Банка по индексу логистики Беларусь в 2011 году занимает 91 место, в то время как Украина – 66, а Российская Федерация – 95.

В последнее время государство все большее внимание начало уделять развитию транспортной отрасли. Были приняты ряд документов: Государственная программа развития транзитного потенциала республики Беларусь на 2011 – 2015 годы, Программа «Дороги Беларуси», Стратегия развития транзитного потенциала Республики Беларусь на 2011 – 2015 годы, также Программа развития логистической системы Беларуси до 2015 и др.

Для строительства логистических центров, расширения и улучшения дорог привлекаются иностранные инвесторы в ходе проведения международных выставок, конгрессов, форумов, семинаров транспортной логистической тематики. Однако по-прежнему существует тенденция к переориентации транзитных товаропотоков, минуя территорию нашей страны.

В Беларуси существует ряд проблем - это и недостаточное информационное обеспечение, и сервисное обслуживание, сложности таможенных процедур, проблемы создания и обустройства транспортных коридоров, размещение складов, в общем – отсутствие хорошо налаженного механизма регулирования транспортного потока.

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что предстоит еще большая работа по созданию надлежащих условий дорожного сервиса, поиску источников финансирования и механизмов реализации разработанных программ и мероприятий.

## Повышение конкурентоспособности работы электрического транспорта

Шилипук Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

За прошедшие 37 лет предприятие «Белкоммунмаш» развивалось рекордными темпами, реорганизовывалось, набирало мощь, приобретало известность в своем секторе рынка. Сегодня их продукция хорошо известна в странах постсоветского пространства и Западной Европы.

Успешному развитию экспортных отношений способствует высокое качество техники и известная торговая марка предприятия, а также отличное соотношение цены и качества продукции. «Белкоммунмаш» у своих партнеров заслужил репутацию надежного европейского партнера.

Стабильная работа предприятия обеспечивается непрерывным совершенствованием технологий действующего производства, инвестированием средств в новые технологии, внедрением энерго- и ресурсосберегающих технологий, позволивших значительно снизить затраты на производство продукции, высокому профессионализму и компетентности коллектива предприятия.

Набранные предприятием темпы, те заделы, которые имелись в 2011 году, когда предприятие было признано самым крупным производителем троллейбусов в мире, позволяют «Белкоммунмашу» ритмично работать в 2012 году.

Конечно, происходящие на мировом рынке процессы не могли не затронуть предприятие, политика которого ориентирована на постоянное наращивание доли экспорта. Выросла конкуренция, условия сотрудничества стали более жесткими.

Но те возможности, которые имеет коллектив, умение мобилизоваться, высочайший профессионализм специалистов служб маркетинга позволили предприятию не только осуществлять поставки техники в города Беларуси и на экспорт, но и в значительной степени сохранить темпы и объемы работ по реконструкции и модернизации производства, поддержанию и развитию социальной сферы. Серьезных сбоев в функционировании производства и цехов удалось избежать. Предприятие работало и продолжает работать с достаточно высокой загрузкой производственных мощностей.

Итоги работы предприятия в 2011 году говорят о его динамичном развитии. Темпы роста производства товарной продукции составили 109,0%. Темп роста реализации продукции по сравнению с предыдущим годом -113,0%.

## Современная тенденция развития городского пассажи́рского транспорта

Пилипук Н.Н., Король В.М.

Белорусский национальный технический университет

«Белкоммунмаш» - ведущий производитель электротранспорта Республики Беларусь, разработки которого соответствуют требованиям экологии, оснащены электрическими и механическими пандусами, имеют низкий пол.

ОАО «Белкоммунмаш» находится в постоянном поиске новых инновационных решений, стремится быть все время на шаг впереди конкурентов.

Основной принцип работы -- найти индивидуальный подход к каждому потребителю и удовлетворить все его пожелания. Поэтому при производстве продукции учитываются все пожелания заказчика, и каждый потребитель может получить свой, индивидуальный троллейбус. Например, троллейбус для Минска отличается от троллейбуса для Москвы, у которого входная передняя дверь двустворчатая для рационального распределения пассажиропотока при входе-выходе из салона в связи с их спецификой организации пассажироперевозок. Троллейбусы для северных регионов России оснащены дополнительной системой отопления, а также электрооборудованием, способным выдерживать серьезные перепады температуры.

Жесткая конкуренция на рынке производителей городского электротранспорта диктует необходимость постоянного технологического обновления.

С этой целью на предприятии разрабатывается автобус среднего класса с гибридным приводом. Причем, если на обычный автобус и на гибридный устанавливать двигатель экологического стандарта Евро-4, то последняя машина будет работать, как если бы на нее установили двигатель Евро-5.

Сочетание электрического и дизельного (а в перспективе водородного) топлива увеличивают экономичность и экологичность транспорта. Опытный образец гибридного автобуса, исполненный на базе троллейбуса модели 42003, появится в конце 2013 года, испытания которого запланированы на 2012 год.

Именно инвестирование в производство в виде новых технологий и оборудования является залогом ценовой конкурентоспособности «Белкоммунмаша».

## Микрологистическая система функционирования АТП на рынке транспортно-экспедиционных услуг

Краснова И.И., Скоркин Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Чем больше на отечественном рынке появляется иностранных фирм, использующих логистический инструментарий, тем больше интерес отечественных перевозчиков к использованию логистики в своей деятельности. Микрологистических концепций много, но методики их внедрения на современном этапе развития нет.

Тем не менее, все понимают, что развитие логистической инфраструктуры и внедрение телекоммуникаций дают огромный резерв для экономического роста. Иностранный опыт показывает, что использование микрологистических концепций занимает существенное место в управленческой идеологии. Безусловно, надо учитывать специфику сегодняшней действительности: отставание инфраструктуры и экономики от среднемирового уровня, низкий уровень развития сбыта и снабжения на отечественных предприятиях, отсутствие стратегии развития и бизнес-процессов. Но, несмотря на отставание, процесс логистизации АТП все же идет.

При выборе микрологистической системы следует отталкиваться от результатов диагностики деятельности предприятия (от нее напрямую зависит эффективность внедряемой системы) и учитывать стратегию и цели своего предприятия. Как правило, такой выбор состоит из нескольких шагов.

Исторически сложились четыре фундаментальные парадигмы логистики: аналитическая, технологическая, маркетинговая, интегральная. Каждая из парадигм означает уровень логистического развития предприятия, которому соответствуют свои критерии.

Аналитическая парадигма не способна формализовать адекватным способом сложные динамические системы. Технологическая парадигма не способна приспособиться к изменяющимся условиям бизнеса. Применение маркетинговой парадигмы хотя и позволяет получить отдельные оптимальные решения, но генерирует новые проблемы, не обеспечивая конструктивного интегрального подхода. Сущность интегральной парадигмы заключается в рассмотрении логистики как некоего инструмента менеджмента, интегратора различных функций, связанных материальным потоком, для достижения целей бизнеса.

Поэтому при создании методики внедрения микрологистических систем на АТП нужно применять комплексный подход.

## Перспективы развития логистики авиаперевозок

Полько О.Л.

Белорусский национальный технический университет

Спектр грузов для авиаперевозок достаточно широк, он может включать как мелкие вещи, так и крупногабаритные грузы. Но в основном авиатранспортом перевозят особо ценные грузы, скоропортящиеся продукты, требующих соблюдения особых условий транспортировки и специального температурного режима, а также почту.

Преимущества транспортировки товаров любых типов воздушным транспортом совершенно бесспорны. Например, в том случае, когда требуется экспресс-доставка груза из Минска в страны ближнего или дальнего зарубежья, авиаперевозка становится единственно приемлемым вариантом, максимально сокращающим время доставки груза.

В связи с этим совершенно понятно, что основные преимущества, которые дает перевозка грузов воздушным транспортом, заключаются в максимальной скорости доставки. Но о скорости можно говорить, если речь идет о доставке груза по наиболее оптимальной схеме, такой как «аэропорт-аэропорт».

Большое значение следует уделить развитию и организации перевозок экспортных грузов воздушным транспортом из различных регионов Беларуси, к примеру, доставка срочных грузов из областных регионов в страны дальнего зарубежья. В данном случае необходимо организовывать доставку грузов от отправителя до аэропорта, что требует привлечения автомобильного транспорта. На сегодняшний момент, активное участие в осуществлении таких перевозок принимают транспортно-экспедиционные фирмы, которые организывают доставку груза путем заключения договоров, во-первых, с владельцем транспортного средства для перевозки груза до аэропорта, и с авиакомпанией для доставки в аэропорт назначения. Данная схема доставки приносит прибыль собственникам таких фирм.

В настоящее время в Республике Беларусь находится семь аэропортов. Национальный аэропорт Минск, аэропорты Минск-1, Гомель, Брест, Гродно, Могилев и Витебск. Предлагается создать при каждом из аэропортов логистические авиационные центры с собственным парком автомобилей, что позволит собирать грузы для авиаперевозки по всей территории Республики Беларусь и исключит посредников, оплата услуг которых увеличивает стоимость перевозки для грузоотправителей.

## Особенности перевозки сборных грузов

Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Перевозка сборных грузов – одно из наиболее перспективных направлений на рынке логистических услуг, когда заказчик получает возможность доставки товара небольшими партиями без существенного увеличения стоимости перевозки. Уже сам по себе этот фактор способен заметно улучшить экономические показатели предприятия, поскольку позволяет не замораживать оборотные средства в складских запасах, более гибко реагировать на рыночный спрос, оптимизировать расходы на расширение товарного ассортимента. Основной вопрос – сроки доставки. Ведь комплектация сборного груза требует больше времени и усилий по сравнению с загрузкой комплектного груза от одного грузоотправителя – появляется дополнительный этап консолидации грузов от нескольких заказчиков. Вот на этот период времени – забрать груз от отправителя, привезти на консолидационный склад, укомплектовать автомобиль – и увеличивается срок доставки груза, на который, в свою очередь, оказывают влияние ряд факторов. Во-первых, состояние сети консолидационных складов компании. Конечно, количество и географическая широта сети консолидационных складов не означает автоматически увеличение скорости доставки, но указывает на степень «проникновения» компании-экспедитора на мировой рынок логистических услуг и широту ее возможностей. Во-вторых, регулярность рейсов с консолидационных складов в регион грузополучателя. Если у компании отсутствует график регулярных отправок с консолидационных складов, то значит, что, скорее всего, машины уходят по мере комплектации полного полуприцепа. Для заказчика это означает отсутствие четкой даты доставки груза. Наличие графика отправок позволяет заказчику достаточно точно представлять сроки доставки грузов и планировать свою деятельность в соответствии графиком получения товара. Понятно, что уровень сервиса логистических компаний, гарантирующих регулярную еженедельную отpravку автомобилей со своих консолидационных складов, на порядок выше, чем у предприятий, работающих без графика.

К тому же сборные грузы – это принципиально более сложный процесс перевозки, соответственно и риск возникновения проблемных ситуаций по пути следования заметно выше. Тем не менее, в последнее время интерес к услугам доставки сборных грузов стал расти. Уровень развития этого вида услуг уже достиг той степени, что позволяет порой доставлять сборные грузы с той же скоростью, что и комплектные.



## Безрисковая ставка в условиях гиперинфляционной экономики

Трифонов Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Неотъемлемым атрибутом инвестиционного анализа какого-либо проекта или определения стоимости доходным подходом является ставка (норма) капитализации. Её значение возможно определять методом рыночной выжимки либо (чаще всего) методом накопления рисков.

В основе метода накопления лежит выделение из ставки капитализации так называемой "безрисковой" ставки. В этом случае ставка капитализации  $R$  записывается в виде суммы безрисковой ставки  $R_0$  и премии за риск  $R'$ :

$$R = R_0 + R', \quad (1)$$

где  $R_0$  – минимально возможный на рынке риск потери капитала безотносительно исследуемого объекта, а  $R'$  – связанную с рассматриваемым объектом оценки добавку. При расчётах в мировых валютах ставка  $R_0$  определяется на основе анализа доходности застрахованных от риска ценных бумаг, таких как долгосрочные правительственные обязательства стран развитого рынка. Напр., на 16.01.2012 номинальная ставка государственных ценных бумаг казначейства США с 30-летним сроком погашения была равной 2,89%.

При оценке в местной денежной единице (например, в нашей стране – белорусских рублях) безрисковую ставку следует определять, исходя из наименее рискованных альтернативных денежных вложений внутри страны. В случае недвижимости это может быть ставка капитализации для свободной земли. Тем не менее, часто в качестве безрисковой ставки используется ставка рефинансирования Национального банка Республики Беларусь. Конечно, ставка рефинансирования наверняка меньше гипотетической наименьшей ставки вложения в Республике Беларусь, но прямое использование ставок Нацбанка представляется неверным, т.к. субъекты хозяйствования не могут получать денежные средства от Нацбанка.

Кроме того, ставка рефинансирования по своей природе – учётная ставка, в то время как ставки в ф-ле (1) – процентные. Процентная ставка  $i$  и учётная ставка  $d$  на одном и том же рынке связаны формулой

$$i = d/(1-d). \quad (2)$$

Разница в значениях учётной и процентной ставок в нынешних условиях Республики Беларусь может сильно влиять на результаты расчёта. Напр., действовавшей в январе 2012 г. ставке рефинансирования в 45,0% будет соответствовать почти в два раза превышающая её процентная ставка в 81,8% годовых.

## Классификация дорожно-транспортных средств как метод оценки их ликвидационной стоимости

Шабека В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Известные из разных сфер системы классификации дорожных транспортных средств (ДТС) естественным образом отражают потребности этих отраслей. Уже на этапе разработки критериев классификации проявляется специфика отрасли, закладываемые разработчиками цели и достигаемые от использования классификаций результаты. Соответственно осуществленная систематизация одних и тех же объектов для разных целей может сформировать достаточно различный «орнамент» внутренней структуры классификация, отражающий одни особенности объекта исследования и затеняющие другие аспекты [1].

Таким образом, если не осуществлена классификация объектов в контексте определенной сферы, то иные классификации могут быть или ограниченно применимы (оптимистичный сценарий), или вообще вредны для освоения предмета исследования конкретной сферы.

В сфере оценки объектов гражданских прав и, в частности в оценке ДТС, опыт разработки профильных классификаторов отсутствует, если не принимать во внимание разделение объектов оценки в системе национальных стандартов оценки Беларусь. Фактически эта ситуация характеризует уровень развития оценки как науки, что по формальному признаку соотносится с состоянием химии на заре разработки периодической системой элементов. Имея свою «периодическую систему» оценщик, интерполируя и экстраполируя свойства известных объектов, мог бы решать целый ряд методических и практических вопросов, например обоснование величин корректировок для оценки ликвидационных стоимостей [2].

### Литература

1 Шабека, В.Л. Использование классификации ДТС для целей их оценки // Материалы II Международной научно- практической конференции «Перспективы развития оценочной деятельности»: научн. изд., Минск, 6-7 февраля 2012 г. – [Электронный ресурс]// Официальный сайт Госкомимущество.– Режим доступа: <http://gki.gov.by/>. Дата доступа: 02.2012. Минск, 2012. – 13с.

2 Шабека, В.Л., Саяпина, Л.Г. Определение рыночной и ликвидационной стоимости дорожных транспортных средств // Экономический бюллетень НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь.– 2011.– №11.– с. 70-76.

## **Проблемы конкурентоспособности отечественной продукции**

Карасёва М.Г., Седнина М.А.

Белорусский национальный технический университет

Под конкурентоспособностью продукции предлагается понимать совокупность потребительских свойств данной продукции, отражающих ее отличие от продукции конкурентов по степени соответствия конкретным потребительским требованиям и по затратам на их удовлетворение.

Для производственно-хозяйственной деятельности предприятий важным значение имеют оценка не только конкурентоспособности в целом, но и качества в отдельности. При этом систематической оценке должны подвергаться не только качество и конкурентоспособность производимой предприятием продукции, но должна оцениваться и конкурентоспособность самого предприятия.

Значимость оценки качества и конкурентоспособность обусловлены рядом причин, среди которых следует отметить необходимость разработки мероприятий по повышению конкурентоспособности продукции, выбор предприятием партнера для организации совместного выпуска продукции, привлечение средств инвестора для организации соответствующего производства, разработка и производство новых и модернизированных изделий, расширение и создание производственных мощностей.

Значительная роль в оценке конкурентоспособности продукции отводится анализу нормативных параметров и условий, в рамках которого следует определить принципиальные возможности продаж товара на конкретном рынке. К нормативным параметрам и условиям конкурентоспособности следует относить патентно-правовые показатели качества продукции.

В результате оценки конкурентоспособности и анализа организационно – коммерческих показателей делается вывод о конкурентоспособности изделия по сравнению с базовыми образцами и формируется политика предприятия в отношении оцениваемого изделия. В случае положительной оценки предприятие принимает решение в соответствии с поставленными целями анализа и оценки происхождения выработка технико-экономических решений по повышению конкурентоспособности продукции.

Проблема качества и конкурентоспособности продукции является комплексной и требует системного подхода к ее решению.

## Совершенствование инновационной деятельности на автотранспортном предприятии

Якубовская Т.Л., Алимова В.В.

Белорусский национальный технический университет

Инновационная деятельность предприятия - вид деятельности, связанный с трансформацией идей в новый или усовершенствованный продукт, процесс, использующийся в практической деятельности. Предприятия, которые формируют стратегию своего развития на основе инновационного подхода, имеют возможность завоевать лидерские позиции на рынке, сохранить высокие темпы развития, сократить уровень издержек, добиться высоких показателей прибыли. Для этого необходимо модернизировать не только сам процесс оказания услуг автотранспортным предприятием, а все происходящие на предприятии процессы.

Рассмотрим возможные пути усиления инновационного потенциала на примере автотранспортного предприятия ОАО "АТЭП-5", направленные на укрепление позиции на рынке и улучшение конкурентоспособности оказываемых услуг. Одним из возможных направлений усиления позиции предприятия на рынке является оказание аутсорсинговых логистических услуг - инновации в сфере логистики. Словосочетание "логистический аутсорсинг" обозначает приобретение у третьей стороны услуг по управлению запасами, транспортировке товара, его складированию и всем связанным с этими операциями бизнес-процессам. Данное мероприятие позволит увеличить доходы за счет оказания дополнительных услуг. Инновации в области маркетинга - маркетинговый аутсорсинг. Он предполагает передачу функций по разработке маркетинговой политики внешним организациям, что позволит более эффективно использовать высвобожденные материальные и трудовые ресурсы, а также разработать качественную маркетинговую политику.

Следующее направление - внедрение систем слежения за транспортными средствами. Благодаря этому возможны исключение нецелевого использования автотранспорта; экономия горюче-смазочных и других ресурсов, связанных с эксплуатацией автотранспорта; повышение дисциплины персонала.

Важнейшим элементом повышения эффективности работы предприятия является внедрение системы электронного документооборота, то есть такого способа организации работы с документами, при котором основная масса документов предприятия используется в электронном виде и хранится централизованно в электронных архивах.

## Оптимизация маршрутов как антикризисная мера управления автотранспортным предприятием

Якубовская Т.Л., Богданова-Ползунова Л.Н.

Белорусский национальный технический университет

Антикризисное управление – это такой вид управления, при котором развиты механизмы предвидения и мониторинга кризиса, анализа его природы, вероятности, признаков, применения методов снижения отрицательных последствий кризиса и использования его результатов для будущего более устойчивого развития. На автотранспортном предприятии важным антикризисным направлением является использование логистических подходов, которые позволяют минимизировать издержки или сохранить их на заданном уровне при доставке продукции (услуги информации) в нужное место, в определенном количестве и ассортименте и максимально подготовленными к потреблению.

При формировании логистических подходов, разрабатывается несколько вариантов транспортных моделей. Каждый из них выделяется издержками, типом транспорта, скоростью поставки, надежностью, ритмичностью, оригинальностью упаковки и складирования. Принимается во внимание не только цена грузоперевозки, но и время транспортировки, возможность непредвиденных расходов, задержек в пути и вероятности повреждения груза. Обусловливается и реализуется оптимальный из сформировавшихся на данный момент условиях вариант. При изменении условий, повлекшем за собой трансформирование расчетных показателей субъекты логистических систем должны иметь возможность использовать другие варианты транспортных моделей. После определения оптимального варианта маршрута экспедитор выбирает участников перевозки и заключает необходимые договоры.

Современная логистическая практика транспортировки связана с все большей экспансией перевозок, осуществляемых одним экспедитором из одного диспетчерского центра и по единому транспортному документу. При мультимодальной перевозке грузовладелец заключает договор на весь путь следования с одним лицом (оператором). Оператором может быть экспедиторская фирма, которая, действуя на всем протяжении маршрута перевозки груза различными видами транспорта, освобождает грузовладельца от необходимости вступать в договорные отношения с другими транспортными предприятиями. Критериями отбора перевозчиков являются: затраты на перевозку груза, надежность времени доставки, сохранность груза при перевозке и другие показатели.

## Анализ признаков проявления форм конкурентоспособности производственных предприятий

Карасёва М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Сравнительный анализ базовых признаков проявления форм конкурентоспособности производственных предприятий позволяет выявить и сопоставить отличительные особенности подходов, отражающих в отечественной и зарубежной литературе условия формирования экономического механизма обеспечения конкурентоспособности коммерческих организаций и фирм, занятых производством товаров, услуг.

Обращение к структуре формирования отличительных элементов механизма обеспечения конкурентного преимущества коммерческих организаций и фирм относительно конкурентов позволяет сделать следующие обобщения:

Во-первых, отличительным ключевым элементом экономического механизма обеспечения конкурентного преимущества зарубежных фирм в конкурентной среде является ценовое преимущество как результат реализации маркетингового подхода, что косвенно выражено в производственно-экономическом подходе при выявлении преимущества отечественных коммерческих организаций в уровне качества товара и сервисного обслуживания.

Во-вторых, выявленная сравнительная структура ключевых элементов экономического механизма обеспечения конкурентного преимущества в деятельности отечественных коммерческих организаций и зарубежных коммерческих фирм не может претендовать на ее завершенность, ибо нуждается в уточнении и дополнении.

В-третьих, важнейшим условием формирования эффективного экономического механизма реализации конкурентных преимуществ предприятий, функционирующих в конкурентной рыночной среде, следует признать целесообразность разработки и применения достаточно корректной классификации их конкурентных преимуществ.

В-пятых, ценовое преимущество фирмы является важнейшим ключевым признаком обеспечения ее конкурентного преимущества, отражая проявление маркетингового подхода.

Между тем деятельность предприятия в условиях рынка будет, с одной стороны, подчинена объективным экономическим законам, действующим в рыночной экономике, а с другой стороны тем субъективным условиям, которые формируются на национальном и международном уровне.

**Внешнеторговая деятельность Республики Беларусь**

Ивуть Р.Б., Кисель Т.Р.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь имеет торговые отношения со 18 странами мира (без учета стран, товарооборот с которыми составляет менее 100 млн долларов США). В общем объеме товарооборота Республики Беларусь 11 стран имеет удельный вес более 1%. Общий объем товарооборота с этими странами за 1-ое полугодие 2011 г. составил 31,9 млрд. долларов США – 77,4% всего внешнеторгового оборота Республики Беларусь. Экспорт составил 15,2 млрд. долларов США, или 83,2% общего объема экспорта, а импорт – 8,2 млрд. долл. США, или 76,2% общего объема импорта Республики Беларусь.

Основными внешнеторговыми партнерами Республики Беларусь среди стран СНГ являются Россия и Украина, суммарный товарооборот с которыми составил 49,4% общего товарооборота Республики Беларусь и 93,2% товарооборота со странами СНГ.

Основными партнерами среди стран вне СНГ являются Нидерланды – 6,9% общего объема внешней торговли Республики Беларусь и 14,7% товарооборота со странами вне СНГ, Германия – 5,1% и 10,9%, Латвия – 3,6% и 7,7%.

В товарной структуре белорусского экспорта удельный вес нефтепродуктов составляет 30,6% общего объема экспорта Республики Беларусь, калийных удобрений – 9,7%, тракторов и седельных тягачей – 3,8%, нефтесырья – 3,6%, грузовых автомобилей – 3,2%, прутков из железной или легированной стали – 1,5%, шин и покрышек новых – 1,6%, сыров и творога – 1,5%, молока и сливок сгущенных – 1,4%, мяса КРС – 1,1% и др. Если же рассматривать импорт, удельный вес нефти сырой составляет 21,2% общего объема импорта, газов нефтяных – 11,1%, легковых автомобилей – 9,4%, нефтепродуктов – 5,6%, лекарственных средств – 0,9%.

Создание и развитие логистической системы в конечном результате позволит повысить не только транзитную привлекательность республики и увеличить приток валютных средств в бюджет страны, но и снизить издержки доставки товарной продукции потребителям. Снижение удельного веса транспортных издержек в цене товарной продукции является одним из важнейших факторов, способствующих развитию взаимных торгово-экономических связей, экономическому росту и повышению конкурентоспособности национальных товаров на зарубежных рынках.

# **Коммерческая деятельность и бухгалтерский учет на транспорте**



## Особенности использования экономического потенциала автотранспортных предприятий

Догиль Л.Ф.

Белорусский национальный технический университет

В реальной действительности по-прежнему существует разрыв между используемым экономическим потенциалом автотранспортных предприятий (далее АТП) и возможностями его более полного эффективного вовлечения в хозяйственный оборот. Это и раскрепощение творческой энергии персонала, мобилизация использования основного и оборотного капитала, финансовых ресурсов, информационной базы.

Исходя из требований всеобщего закона экономии времени, все эти целевые задачи должны достигаться при оптимальных затратах живого и овеществленного труда. Кроме того, его действие распространяется и на ту часть внерабочего времени, которая связана с выполнением семейно-бытовых обязанностей, передвижением на транспорте вне рабочего времени. Его сокращение ведет к увеличению свободного времени, которое, оказывает многостороннее воздействие на рабочее время, делает его более плодотворным и эффективным. Социальная составляющая эффективности экономического потенциала АТП характеризует степень достижения нормативного уровня жизни населения в соответствии с принятыми социальными стандартами.

Для объективной оценки хозяйственной деятельности АТП применяется система следующих показателей: потенциалоотдача, потенциалоємкость, потенциалотоварность, потенциалоотдача по валовому доходу, потенциалорентабельность, коэффициент и норматив использования экономического потенциала предприятия, отрасли, региона.

Обобщающий измеритель – коэффициент использования экономического потенциала предприятия – рассчитывается как отношение фактической потенциалоотдачи к нормативной ( $K_{\text{Эп}} = \text{ПОФакт.} / \text{ПОнорм}$ ). Параметры данного измерителя могут располагаться в диапазоне от 0 до 1 и выше. Если значение показателя приближаются к единице, то организация использует экономический потенциал на уровне норматива. Если выше 1 – то достигнутый уровень потенциалоотдачи предприятия принимается за новый норматив производственного использования наличных ресурсов.

Эффективное использование экономического потенциала АТП должно быть направлено на перспективный уровень возможностей данной хозяйственной системы, соответствовать требованиям закона преимущественной эффективности планомерного управления.

**Механизм выявления резервов экономического развития  
автотранспортных предприятий**

Макар И. Н., Догиль Л.Ф.\*

Горещкий исполнительный комитет Могилевской области  
Белорусский национальный технический университет\*

В рамках мобилизации внутренних ресурсов предприятия можно выделить 6 основных видов источников резервов его экономического развития: анализ финансово-экономических показателей, переход к эффективному собственнику; реструктуризация стоимости активов; реструктуризации и диверсификации производственной деятельности; привлечение инвестиционных ресурсов и оборотных средств; развитие конкурентных начал. Потенциал резервов предприятия максимально раскрывается при определении степени соответствия между факторами производства при оказании услуг, выполнении работ.

Экономической службе предприятия, при переходе к эффективному собственнику, целесообразно уделить внимание налаживанию управленческого учета и проведению комплексного анализа финансово-экономических показателей на каждом этапе его развития, обеспечивающего получение чистого дохода, как показано в таблице 1.

Таблица 1. Чистый доход на разных этапах развития предприятия

Этапы	Формула чистого дохода
Слияние	$ЧД = \sum A_i + Пс$
Присоединение	$ЧД = A_{оп} + \sum A_i + Пп$
Разделение	$ЧД = A_i + Пi; \sum A_i = A_0$
Выделение	$ЧД = A_0 - \sum A_i + Пв,$
Преобразование	$ЧД = A_0 + Ппр,$
Учреждение дочерних обществ	$ЧД = A_0 + П_0 + \sum П$

где ЧД – чистый доход после реорганизации;  $A_{оп}, A_i$  - амортизация на основном и реорганизуемых предприятиях;  $П_0, Пс, Пп, Пв, Ппр, Пд$  – прибыль на основном и реорганизуемых предприятиях.

Выполненные расчеты используются при разработке долгосрочных стратегических и текущих планов на основе приведения параметров работы предприятия в соответствие с требованиями внешней среды, объемов привлекаемых инвестиционных ресурсов и оборотных средств, а также с учетом развития конкурентных начал при перевозке грузов и пассажиров.

## Формульное моделирование воспроизводства основных средств

Грицук Е. В., Догиль Л. Ф.

Белорусский национальный технический университет

Решению проблемы мобилизации и эффективного использования внутренних источников производственных инвестиций, необходимых для обновления основных средств организаций отрасли, может способствовать построение и практическая реализация формульных моделей. Так, условие простого воспроизводства любого инвентарного номера основных средств логично выразить:

$$\Phi = \sum_{t=1}^T \frac{\text{ЧД}_t}{(1+E)^t},$$

где  $\Phi$  - первоначальная балансовая стоимость объекта основных средств;

$T$  - полезный срок службы фондов в годах;

$E$  - норма дисконта.

$\text{ЧД}_t$  - часть чистого дохода предприятия, реинвестируемая в воспроизводство основного капитала на  $t$ -ом году эксплуатации фондов, которая в свою очередь выражается по формуле

$$\text{ЧД}_t = A_t + \Pi_t,$$

где  $A_t$  - амортизационные отчисления в  $t$ -м году эксплуатации объекта основных фондов;

$\Pi_t$  - часть прибыли, направляемая на воспроизводства основного капитала и распределенная на рассматриваемый объект фондов.

Финансирование основных средств - это порядок предоставления денежных средств, система расходования и контроля за целевым и эффективным их использованием. Для обеспечения воспроизводства первоначальных инвестиций, предприятию необходимо осуществлять вместе с амортизацией, реинвестиции чистой прибыли в восстановление, модернизацию и обновление его основных средств.

Реализация структурного соотношения между собственными источниками воспроизводства основного капитала может осуществляться путем стоимостной реструктуризации основных средств предприятия на базе их переоценки.

**Минимизация рисков при анализе финансовой отчетности**

Горбачева А.И.

Белорусский национальный технический университет

Существенное возрастание влияния финансовых рисков предприятия на результаты хозяйственной деятельности – неотъемлемая черта современных предприятий. Нестабильность внешней среды: экономическая ситуация в мире, появление новых инновационных финансовых инструментов, расширение сферы финансовых отношений, изменчивость конъюнктуры финансового рынка и ряд других факторов. Поэтому идентификация, оценка и отслеживание уровня финансовых рисков являются одной из актуальных задач в практической деятельности финансовых менеджеров.

Информационной базой при оценке финансовых рисков безусловно является бухгалтерская отчетность предприятия: бухгалтерский баланс, отражающий имущественное и финансовое положение предприятия на отчетную дату; отчет о прибылях и убытках, представляющий результаты деятельности за отчетный период. Основные финансовые риски, оцениваемые предприятиями: риски потери платежеспособности; риски потери финансовой устойчивости и независимости; риски структуры активов и пассивов.

Благодаря интернет-технологиям, возникла возможность анализа и обобщения громадных баз данных, назрел переход от чисто аналитических способов описания предприятия к вероятностному описанию посредством имитационного моделирования денежных потоков. Для минимизации рисков предлагается использовать многогрנדовую финансовую модель, позволяющую прогнозировать динамику денежных потоков и оценивать их колебания, в том числе вероятности их отклонений от минимально допустимых значений.

Предложенный подход к построению моделей прогнозирования для оценки перспектив развития и риска наступления неплатежеспособности может использоваться не только руководством предприятия, но и внешними структурами, в том числе вышестоящими организациями (например, в рамках холдингов, корпораций), банками, инвестиционными и страховыми компаниями.

Данные модели – это специальный инструментарий финансового прогнозирования последствий предпринимаемых действий для развития предприятия, долгосрочного изменения его стоимости. Поэтому органичным элементом создания таких моделей прогнозирования является проведение статистического анализа.

**Разработка финансового плана автотранспортного предприятия  
Республики Беларусь**

Горбачева А. И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время задача разработки финансового плана предприятия выходит за рамки финансового анализа, как отдельных проектов, так и портфеля проектов автотранспортного предприятия. В условиях динамично меняющейся внешней среды возникает необходимость применения системного подхода к анализу рисков и финансовому проектированию стратегического развития предприятия в целом.

Разработка финансового плана должна осуществляться на 3 уровнях: отдельного инвестиционного проекта, портфеля проектов и предприятия в целом. Это обусловлено различием задач на каждом из уровней:

1. Отдельный инвестиционный проект: всестороннее исследование ожидаемых выгод, затрат и рисков проекта;

2. Портфель инвестиционных проектов: в ранжирование проектов по степени их приоритетности для последующего отбора и распределения капитала между проектами;

3. Предприятие в целом: оценка величины и устойчивости денежных потоков текущего бизнеса; оценка влияния новых проектов и стратегий на финансовое положение предприятия.

Методы количественного анализа рисков проекта играют ключевую роль в обеспечении руководства предприятия этой информацией. Базой для этого выступает модель его денежных потоков, т.е. определение структуры доходов и расходов проекта, прогноз их значений с учетом динамики изменений в течение горизонта планирования.

Модель денежных потоков служит основой для расчета показателей эффективности: чистой приведенной стоимости, дисконтированного периода окупаемости, индекса прибыльности и других. Получаемые величины данных показателей отражают прогнозируемую выгодность проекта для предприятия в условиях, когда все параметры принимают свои наиболее вероятные (нормативные) значения.

Оценку суммарного риска проекта или портфеля проектов следует проводить с использованием результатов имитационного моделирования. Важнейшим элементом исходных данных в модели прогнозирования является описание трендов изменяемых параметров. Наиболее универсальным и гибким методом задания изменений параметров является прямой ввод их значений по периодам, что позволяет прогнозировать динамику денежных потоков и их изменчивость.

## Развитие смешанных перевозок в рамках ЕЭП

Захаров Е.А.

Белорусский национальный технический университет

С увеличением международного товарооборота между ЕС и странами Евразийского экономического союза Беларусь получает хорошую возможность упрочить положение важной транзитной страны и усилить позиции в сфере оказания транспортных услуг. Чтобы воспользоваться этой возможностью, нашей стране необходимо развивать предложение, ориентированное на спрос, а также активнее внедрять передовые идеи развития смешанных перевозок. Во всем мире контейнерные перевозки рассматриваются как закономерный процесс преодоления конкуренции между автомобильным и железнодорожным транспортом.

Контейнерным перевозкам присущи следующие преимущества:

- сочетание качеств двух видов транспорта – маневренности, оперативности и скорости автомобильного транспорта и большой производительности, всепогодности и безопасности железнодорожного транспорта;
- сокращение времени простоя автопоездов в очередях на пограничных автомобильных переходах (с нескольких суток до нескольких часов и даже минут); жесткий график доставки груза получателю;
- упрощение таможенных процедур на госграницах;
- контроль и слежение за продвижением груза;
- сокращение срока доставки груза;
- создание комфортных условий для отдыха водителям автопоездов, охрана и обеспечение безопасности в пути следования;
- уменьшение расхода автомобильного топлива;
- значительное снижение загрязнения окружающей среды;
- продление срока службы автомобиля;
- обеспечение сохранности автомобильных дорог;
- снижение вероятности дорожно-транспортных происшествий, связанных с движением большегрузных автотранспортных средств;

Контейнерные перевозки крайне упрощают кооперацию железнодорожного и автомобильного транспорта (в частности, передачу грузов), но сопряжены с рядом технических проблем. Контейнеры с колесами, размещенные на железнодорожной платформе, создают сопротивление воздушным потокам, могут вызвать перегрузку состава и его повреждение. С другой стороны, передвижные контейнеры (трейлеры) легко перегружаются на средства водного транспорта, что, разумеется, расширяет возможности организации смешанных перевозок.

**Автоматизированные информационные технологии  
в аудиторской деятельности**

Корсик Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня без компьютерных программ аудитору попросту не обойтись. И дело не только в том, что электронные редакторы существенно упрощают работу с базой данных. Ведь программные продукты позволяют систематизировать информацию, полученную в ходе аудиторских проверок, а значит сводят к минимуму вероятность возникновения ошибок и неточностей.

Эффективность аудиторских процедур может быть повышена благодаря использованию компьютеров при проведении аудита для получения и оценки некоторых аудиторских доказательств в тех случаях, когда: проверке подвергаются большие однородные массивы данных по участкам и операциям бухгалтерского учета; проверяемый экономический субъект использует унифицированную стандартную систему оформления бухгалтерских операций; имеется и применяется информационная поисковая система для расшифровки и подтверждения наличия соответствующих первичных документов, регистров бухгалтерского учета используется автоматизированная система контроля исполнения утвержденного регламента решения соответствующих учетных задач.

Внедрение средств компьютерной обработки бухгалтерских данных имеет свои преимущества: компьютерная информационная система намного более информативна по содержанию и прозрачна для пользователей, что уменьшает риск системы внутреннего контроля. Такая система позволяет формировать «свои» разнообразные (неунифицированные) информационные отчеты для разных пользователей (руководители высшего уровня, менеджеры среднего и низшего звеньев управления, разнообразные аналитические и контролирующие службы). Доступность информации обеспечивается наличием общей компьютерной сети и системой паролей.

Компьютерные информационные системы позволяют группировать и классифицировать данные бухгалтерского учета по разным основаниям, таким образом в единой системе возможно совмещение форм финансового и управленческого учета; средства компьютерной обработки данных снижают до минимума степень риска неправильного арифметического подсчета, ошибочного разнесения проводки по регистрам бухгалтерского учета, в определенных ситуациях - изменения содержания хозяйственной операции и т.д.

## Маркетинговая стратегия как фактор выживания на рынке

Корсик Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Маркетинговая стратегия – важнейшая составляющая успешного развития любого бизнеса. По сути своей маркетинговая стратегия объединяет большинство ключевых решений, касающихся жизни компании на рынке в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

К маркетинговой стратегии относят все: от вопросов по изменению перечня выпускаемой продукции до решений о слиянии-поглощении или открытии нового направления бизнеса. В итоге маркетинговая стратегия должна быть адекватной текущей ситуации, так, чтобы обеспечить компании стабильное развитие и успешную деятельность на рынке.

В зависимости от ситуации необходимо всегда думать над выбором маркетинговой стратегии, потому что ситуация в мире бизнеса постоянно изменяется, и правильная стратегия маркетинга поможет минимизировать риски и максимизировать прибыль.

Результаты, которые может принести организации эффективная маркетинговая стратегия: усиление позиций компании на рынке, увеличение доли рынка, увеличение числа лояльных клиентов/потребителей, рост продаж выше чем у конкурентов и в среднем по рынку, выход на новые рынки сбыта, расширение географии продаж, вывод на рынок новых успешных продуктов и услуг.

В зависимости от ситуации можно попробовать различные типы маркетинговых стратегий:

- Стратегия доминирования на рынке. Этот тип стратегии используется организациями для того, чтобы взять контроль над каким-либо бизнесом.

- Инновационная стратегия. Эта стратегия ориентирована на развитие организации новых продуктов, а также инноваций.

- Стратегия роста. Эта маркетинговая стратегия направлена на то, чтобы заставить компанию расти и развиваться.

- Боевая стратегия. Конкуренты не дремлют. И иногда вашей организации придется быть агрессивной и нападать на конкурента или защищаться для того, чтобы уберечь организацию от убытков.

Грамотно выстроенная маркетинговая стратегия не просто позволит компании «выжить», но и откроет дополнительные возможности для сбыта продукции, новые каналы оптимизации затрат, возможно, даст старт для работы в новом перспективном направлении, которое оставалось незамеченным во времена экономической стабильности.



## Инструментарий прогнозирования спроса на АТТ в ходе предпроектных работ

Макаревич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

В ходе предпроектных маркетинговых исследований из-за нестабильности рыночной конъюнктуры прогнозирование заказов автотранспортной техники (АТТ) является задачей трудоемкой, поскольку оно связано с необходимостью производить громоздкие статистические расчеты. Методы прогнозирования спроса по Z-образной диаграмме (таким как «сглаживание» и «скользящее») применяются для АТТ, уже выпускаемой самим предприятием или его конкурентами. Маркетолог располагает статистическими данными об объемах продаж в предыдущие периоды и на их основании строит тренды, руководствуясь формулами:

- среднего сглаживающего – для прогноза абсолютного потенциала рынка (количества АТТ, которое будет воспринято им за определенный период времени при установленном уровне цены);
- оптимистического среднего скользящего – для прогноза текущего потенциала рынка (количества АТТ, которое будет воспринято им за определенный период времени при установленном уровне цены с учетом давления конкурентов) при положительном тренде заказов;
- пессимистического среднего скользящего – для прогноза текущего потенциала рынка АТТ при отрицательном тренде заказов.

Чаще всего для расчета прогнозных показателей сбыта применяются формулы различных средних величин.

При этом маркетологи используют известное в статистике правило мажорантности, согласно которому основные средние величины выстраиваются по возрастанию в строгий ряд: среднее гармоническое, среднее геометрическое, среднее арифметическое, среднее квадратическое, среднее кубическое, среднее биквадратическое.

Это свойство постепенного возрастания средних величин также используется маркетологами при предпроектных исследовательских работах для построения пессимистических, оптимистических или усредненных прогнозов продаж в зависимости от стадии экономического кризиса, но предоставляет гораздо больше возможностей для описания ситуации.

Таким образом, маркетолог имеет в своем распоряжении два инструмента для оптимистического прогнозирования спроса, два – для пессимистического прогнозирования и два – для усредненного.

## Совершенствование складского хозяйства в рамках логистической системы

Павлова В.В.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с Программой развития логистической системы Республики Беларусь до 2015 года планируется создание в нашей стране 18 крупных транспортно-логистических центров. Необходимым условием успешного функционирования транспортно-логистических центров является наличие развитого складского хозяйства.

О недостаточном развитии складских хозяйств и их числе в нашей стране говорит такой показатель как количество квадратных метров складской площади, приходящейся на тысячу жителей ( $ПС_{\text{кв.м}/1000}$ ). Так, в Республике Беларусь (г. Минск)  $ПС_{\text{кв.м}/1000} = 0,158 \text{ м}^2/1000 \text{ жит.}$ , в то время как в Российской Федерации (г. Москва)  $ПС_{\text{кв.м}/1000} = 120 \text{ м}^2/1000 \text{ жит.}$ , в Венгрии (г. Будапешт) и в Польше (г. Прага, г. Варшава) – 360 и 720 соответственно. Основная часть функционирующих на территории Республики Беларусь складов по степени оснащенности и техническому состоянию может быть отнесена к складам класса «С» и «D». Западные же производители привыкли работать со складами класса «А», как минимум – класса «В». Эта тенденция уже характерна и для восточных компаний – китайских, корейских и вьетнамских.

Как пример современной складской инфраструктуры в республике можно привести крытый склад класса «В» (площадь 14,2 тыс. кв. метров) городской товарной станции Степянка, г. Минск; складские помещения Грузового двора станции Центролит, г. Гомель, – цех механический ангарного типа площадью 8,5 тыс. кв. метров – склад класса «А», склад грузовой прирельсовый площадью 2,8 тыс. кв. метров – класса «В»; склад класса «В» ОАО «Брестская областная база «Бакалея» – 21,9 тыс. кв. метров и др. Тем не менее в Республике Беларусь пока не получили достаточного развития современные складские комплексы класса «А» и «В», работающие по логистическим технологиям товародвижения. Организации оптовой торговли не имеют своевременного технологического и программного обеспечения, ориентированного на потребителя.

Таким образом, повышение эффективности использования складской инфраструктуры возможно за счет: реконструкции и строительства новых складов, обновления средств механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ и складских операций; улучшения использования складских площадей за счет привлечения дополнительных товаропотоков.

**Обоснование выбора перевозчика производственной или торговой фирмой в инновационной экономике**

Павлова В.В.

Белорусский национальный технический университет

Для того чтобы уменьшить вероятность ошибки при выборе перевозчика и повысить качество транспортировки, необходимо использовать специальные логистические методики. Предполагается, что кроме транспортного тарифа, имеют значение условия перевозки (соответствие транспорта виду груза, предполагаемые сроки доставки, время прибытия под погрузку, контроль во время движения, замечания транспорта при возникновении в этом необходимости), партнерские отношения (наличие договора, порядок оплаты, ответственность сторон), позиции на рынке (финансовая устойчивость, свой опыт, отзывы от клиентов) и целый ряд других факторов.

Процедура оценки выбора перевозчика клиентом предусматривает несколько этапов:

1) присваивается ранг ( $r_j$ ) конкретному показателю по степени важности для клиента.

В западной практике при выборе перевозчиков часто используется специально разработанные ранговые системы показателей (проездной мощности, финансовой стабильности перевозчика, наличия договоров страхования ответственности, характер работы с возникающими претензиями, возраст парка подвижного состава, дисциплинированность и квалификация водителей и др.);

2) определяется вес (весовой коэффициент)  $a_j$  для каждого показателя, полученного из расчета общего количества факторов  $n$ , поделённого на соответствующий ранг;

3) производится оценка каждого показателя  $V_{ji}$  независимыми экспертами по пятибалльной шкале: 1 – «отлично», 2 – «хорошо», 3 – «удовлетворительно», 4 – «плохо», 5 – «очень плохо, неудовлетворительно»;

4) вычисляются рейтинги перевозчиков по каждому фактору с учетом весовых коэффициентов, рангов и оценок;

5) составляется таблица, производится суммирование расчетных индексов, их сравнение и собственно выбор перевозчика. Простейшая схема выбора перевозчика с помощью ранжированных систем критериев заключается в прямом сравнении суммарного рейтинга перевозчиков.

## **Инфраструктурные облигации как эффективный механизм модернизации транспортной инфраструктуры**

Попкова А.С.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе посткризисного формирования экономики многие страны вынуждены проводить жесткую бюджетную политику посредством секвестирования государственных расходов.

Многие запланированные инвестиционные проекты не получают достаточного финансирования из бюджетных источников. В тоже время замораживание строительства, реконструкции и модернизации транспортной инфраструктуры является нецелесообразным, так как её активное развитие является необходимым условием формирования базы для последующего экономического роста.

Существует объективная необходимость внедрения в практику новых финансовых инструментов, позволяющих привлекать частные инвестиции для реализации проектов на транспорте. В мировой экономической системе для этой цели используется механизм инфраструктурных облигаций.

Инфраструктурные облигации представляют собой ценные бумаги с длительным сроком погашения, выпускаемые в рамках конкретного инвестиционного проекта по созданию объектов транспортной инфраструктуры. Долгосрочный период обращения облигаций зависит от срока строительства (реконструкции) объекта и периода его эксплуатации (окупаемости).

В качестве инфраструктурных ценных бумаг могут выступать и корпоративные облигации. Потенциальный эмитент инфраструктурных облигаций - это компания, которая победила на концессионном конкурсе и получила права на объект в соответствии с договором концессии.

Данные ценные бумаги представляют интерес для институциональных инвесторов. В отличие от традиционной схемы облигационного займа, выплаты по инфраструктурным облигациям осуществляются за счет поступлений от эксплуатации объекта транспортной инфраструктуры.

Выпуск инфраструктурных ценных бумаг в Республике Беларусь позволит сэкономить бюджетные средства, будет способствовать развитию фондового рынка и привлечению долгосрочных частных инвестиций для строительства и модернизации объектов транспортной сферы. Целесообразно создание благоприятных условий для эмиссии и обращения инфраструктурных облигаций, оказания при необходимости государственной поддержки фирмам-концессионерам.

## Фонды прямых инвестиций как источник финансирования инвестиционных проектов на транспорте

Попкова А.С.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития экономики привлечение внешнего кредитования становится затруднительным в виду ужесточения требований к заемщикам, сокращения возможных источников финансирования проектов, повышения ставок по привлекаемым ресурсам. С другой стороны, реализовать масштабные программы модернизации транспортной системы за счет средств субъектов хозяйствования и государственных ресурсов невозможно. Приемлемым вариантом реализации инвестиционных проектов на транспорте могло бы стать привлечение средств фондов прямых инвестиций.

Фонды прямых инвестиций (ФПИ) привлекают средства физических и юридических лиц для последующего вложения в перспективные проекты. ФПИ предоставляют долгосрочные ресурсы, по которым не нужно платить ежемесячные проценты. Возврат денег происходит за счет прибыли и роста рыночной стоимости предприятия. Большинство ФПИ рассматривают компании, где они получают 25–49% уставного капитала т.е. блокирующий, но не контрольный пакет. ФПИ могут осуществлять и комплексное финансирование – акционирование и предоставление заемного капитала.

Существует несколько разновидностей ФПИ: это зарубежные фонды частного капитала (private equity), прежде всего фонды Азии; оффшорные фонды, а также кэптивные фонды прямых инвестиций, существующие при финансово-промышленных группах. В современных условиях данные фонды располагают достаточным объемом капитала для инвестиций.

Национальные ФПИ в Беларуси пока находятся в стадии формирования. Беларусь может активно привлекать средства международных ФПИ. Пока вложения иностранных фондов на белорусском рынке – это единичные проекты в сфере торговли, банковской и страховой деятельности. Еврокомиссия создала фонд прямых инвестиций «Соседские инвестиционные возможности» для инвестирования в страны, соседствующие с Европейским союзом. Страны ЕС с помощью выдачи грантов европейскими финансовыми институтами будут осуществлять инвестиции в разные сектора экономики. Беларусь, располагаясь в центре Европы, могла бы принять активное участие в общих европейских транспортных проектах и привлечь значимые средства международных ФПИ для модернизации транспортной инфраструктуры.

## Управленческий учет в управлении платежеспособностью организации

Силакова Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Современные организации - это открытые экономические системы, функционирующие в неопределённой внешней среде. Чтобы успешно функционировать в условиях жесткой конкуренции необходима эффективная и результативная стратегия, которая может быть сформирована и реализована только при наличии оптимальной информационной базы внутри самой организации. Управленческий учёт, являясь инструментом исследования деятельности организации, понимается как обеспечиваемое теми или иными способами регулярное соблюдение необходимого количества процессов, по заранее определённым набору показателей, способное сформировать информационную основу для принятия управленческих решений.

Результаты в любой сфере бизнеса зависят от наличия и эффективности использования финансовых ресурсов. Показатели платёжеспособности и ликвидности занимают одно из ключевых мест в анализе финансового состояния. В процессе построения системы информационного обеспечения организации результативностью финансово-производственной деятельности организации управленческий учёт формирует группы показателей, отражающих результаты деятельности, а также сумму и состав затрат. Основная цель построения логической модели управления платёжеспособностью – добиться такой оптимальной структуры активов и пассивов, при которой организация будет находиться в состоянии устойчивой платёжеспособности. Структура логической модели представляет собой систему обработки информации и формирования информационно-аналитической информации для управления платёжеспособностью.

Многие руководители используют только прямые финансовые показатели деятельности для принятия решений. Но с их помощью нельзя предсказать будущее, они в большей степени ориентированы на прошлое. Одним из механизмов опережающего, повседневно-стратегического управления является методология стратегического управления Balanced Scorecard – учётно-аналитическая модель Сбалансированной Системы Показателей, которая направлена, прежде всего, на увязку показателей в едином выражении с операционными измерителями таких аспектов деятельности организации, как удовлетворённость клиента, корпоративные хозяйственные процессы, инновационная активность, а также по улучшению финансовых результатов.

## Сущность управленческого учета в грузовых автотранспортных организациях

Силакова Е.П.

Белорусский национальный технический университет

В условиях рынка перед автотранспортными организациями стоит задача повысить эффективность своей работы и быть конкурентоспособными в стремительно изменяющейся внешней среде. Наряду с поиском путей эффективного использования ресурсов транспортные организации сталкиваются с проблемой создания интегрированной модели управления организацией на основе современной системы информационного обеспечения. Основу информационно-аналитического обеспечения принятия управленческих решений в части повышения результативности финансово-производственной деятельности организации составляет информация управленческого учёта.

Постановка управленческого учёта во многом зависит от существующей в организации учётной практики. Организации важно определить, какие процессы будут являться объектами планово-учётной деятельности, что позволит выделить центры ответственности, которые исходя из объёма полномочий и ответственности необходимо подразделять на:

1) центры доходов (центры финансовой ответственности) – центры ответственности, менеджеры которых контролируют доходы и несут за них ответственность. В автоколонне как центры ответственности могут быть выделены: автобусы, контейнеровозы, еврофуры и др.;

2) центры затрат – структурные подразделения организации менеджеры которых отвечают только за затраты. В рамках такого центра организуется планирование, нормирование и учёт затрат факторов производства с целью контроля, анализа и управления процессами их использования. Можно создать следующие центры затрат: директорат вместе с финансово-экономическим отделом, выполняющим функции бюджетного комитета; бухгалтерия, планово-производственный и диспетчерский отделы; вспомогательное производство; служба механика, автозаправочная станция и др.

Проект внедрения аналитической системы управленческого учёта – это адаптированная учётная модель, имеющая задачей поддержку процесса принятия управленческих решений. Развитие управленческого учёта и анализа позволит оптимизировать функционирование транспортного сервиса, а также будет способствовать реализации комплекса технических, организационных и технологических решений.

## Проблемы внедрения автоматизированных систем управления предприятием

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Внедрение автоматизированной системы управления предприятием (АСУП, по-английски ERP), является сложным процессом. Некоторые проблемы, возникающие при внедрении системы, достаточно хорошо изучены, формализованы и имеют эффективные методологии решения. Одновременное изучение этих проблем и подготовка к ним значительно облегчают процесс внедрения и повышают эффективность дальнейшего использования системы.

Основные проблемы и задачи при внедрении АСУП:

- отсутствие постановки задачи менеджмента на предприятии;
- необходимость в реорганизации структуры предприятия;
- необходимость изменения технологии бизнеса в различных аспектах;
- сопротивление сотрудников предприятия;
- увеличение нагрузки на сотрудников во время внедрения АСУП;
- необходимость в формировании квалифицированной группы внедрения и сопровождения системы, выбор руководителя группы.

Исходя из рассмотренных проблем внедрения автоматизированных систем управления предприятием, можно сделать следующие предложения:

- перед тем, как осуществлять проект внедрения необходимо максимально формализовать его цели;
- никогда не жертвовать стадией предпроектного анализа;
- привлекать профессиональных консультантов для обследования предприятия и постановки задач менеджмента;
- старательно подходить к выбору программного обеспечения для построения автоматизированных систем;
- устанавливать высокий приоритет процессу внедрения системы, среди остальных организационных и коммерческих процессов;
- наделять высокими полномочиями руководителя проекта;
- создавать среди всех сотрудников предприятия атмосферу неотвратимости внедрения, повышать темп освоения новых технологий;
- помнить, что внедрение АСУП никогда не закончится, система должна все время совершенствоваться в процессе своей эксплуатации вместе с прогрессом информационных технологий и методологий управления деятельностью предприятия.



## Критерии выбора автоматизированных систем управления предприятием

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Выбор автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) - дело ответственное по некоторым причинам.

Во-первых, обычно приобретаются на достаточно долгий срок.

Во-вторых, чтобы АСУП приносила ожидаемый эффект, она должна соответствовать возможностям и уровню развития данного предприятия.

В-третьих, стоимость АСУП для крупных предприятий достаточно высока и ошибка при выборе АСУП может обойтись очень дорого.

Поэтому все больше предприятий при выборе АСУП обращаются за помощью к специализированным консалтинговым компаниям. Но даже в случае привлечения сторонних консультантов, на предприятии должны быть специалисты, принимающие активное участие в процессе выбора.

Критериев выбора систем автоматизации существует много. Какие из них крайне важны, какие-то могут отражать очень индивидуальные потребности.

Выбирая систему автоматизации, необходимо обратить внимание на следующее:

- функциональность системы автоматизации;
- совокупная стоимость приобретенной системы с запуском ее в эксплуатацию и поддержанием в рабочем состоянии;
- эффективность и возможные сроки окупаемости внедряемой автоматизированной системы;
- гарантии успешного завершения проекта внедрения и полноценного ввода системы в эксплуатацию;
- насколько система надежна, долговечна, производительна, современна;
- возможность сопровождения и развития системы силами специалистов предприятия.
- гарантии безопасности, возможности надежного удаленного режима аппаратная платформа;
- перспективы системы, будет ли она развиваться и поддерживаться поставщиком в будущем.
- уровень и качество сервиса в послепродажный период.

Рассмотренные выше критерии, не исчерпывают все возможные параметры выбора, но они охватывают ряд основных, важнейших моментов, которые обязательно нужно учитывать.

## Инновационная методика анализа статистических наблюдений : о минимальном объеме выборки

Шило А. Ф.

Белорусский национальный технический университет

С целью уменьшения материальных и трудовых затрат широко применяется выборочное наблюдение с последующим распространением результатов анализа выборки на всю генеральную совокупность. При этом отобранные единицы как, например, при испытаниях деталей на прочность, подвергаются порче и возврату в генеральную совокупность не подлежат. Поэтому актуальным является ответ на вопрос о минимальном объеме выборки.

В источниках по статистике указанные моменты игнорируются, расчет объема выборки проводится “на глазок”, превышающий минимальный в разы.

Сложность заключается в том, что искомая величина  $n$  – объем выборки, которая обычно находится из формул предельной ошибки, содержится еще в неявной форме в дисперсии  $D$  и сомножителе  $t(y, n)$ .

Математический анализ показал, что с изменением объема выборки дисперсия изменяется незначительно, так что ее величину условно можно принять постоянной. Чего нельзя сказать о сомножителе  $t(y, n)$ . Его вариация в широком диапазоне зависит не только от доверительной вероятности, но и от объема выборки  $n$ . При этом зависимость от  $n$  аналитически не выражается.

Предлагается следующая методика минимизации объема выборки, апробированная практически и дающая хорошие результаты. Сначала находится дисперсия исследуемого признака при небольшом объеме выборки от 6 до 20. Количество отобранных единиц определяется условием задачи. Рассчитывается предельная ошибка выборки по соответствующей формуле типа и вида выборки.

Затем в формуле предельной ошибки она заменяется на ошибку, учитывающую предельное значение  $t$  по прилагаемой таблице 1.

Таблица 1. Статистические характеристики

$\gamma$	0,68	0,70	0,80	0,90	0,95	0,954	0,997	0,999
$t$	1,00	1,04	1,34	1,64	1,96	2,00	3,00	3,29

Полученное равенство разрешается относительно параметра  $n$ . Таким образом, данный метод расчет минимального объема выборки позволяет избежать многих допущений.

Карпенко Е.В.

Национальный транспортный университет (г. Киев, Украина)

Серьезные, массовые масштабы процесс тенизации приобрел в 90-ые годы, когда работодатель понял, что серьезные санкции ему не грозят, а выгода огромная, поскольку стоимость «обналичивания» (переведении денежных средств со счета предприятия в наличные) – около 10% – намного ниже общего налога на фонд оплаты труда. Уже в 90-ые заговорили о детенизации, расширении базы налогообложения.

Детеннизация зарплаты имеет несколько важных аспектов. Во-первых зарплата «в конвертах» и скрытая занятость делают невозможным получение работниками в полной мере социальных гарантий. Детеннизация является законным резервом для существенного увеличения налоговых поступлений, прежде всего, налога на прибыль, который имеет наибольший удельный вес в общих поступлениях местного бюджета. Это также существенное увеличение поступлений в Пенсионный фонд.

Единого рецепта борьбы с «тенью» не существует. Но, все же определенная норма есть. Она – в готовности разделить риски социального партнера. Бизнес готов уступить, понимая, что государство рискует не обеспечить минимум социальных стандартов, государство признает, что бизнес – это всегда риск, поэтому выстраивает систему поощрений и наказаний так, чтобы легальная деятельность была выгодней теневой. Строгие требования к нарушениям компенсируются стимулированием «белого» предпринимательства: налоговые льготы, государственные заказы, ослабление госконтроля для тех, кто декларирует свою деятельность и так далее. Часто государству приходится делать непростой выбор между снижением налогов и социальных платежей и их неуплатой а бизнесу – между искушением сверхдоходами и возможностью остаться «у разбитого корыта».

Наиболее трудный вопрос – определить меру, которая, с одной стороны, обеспечит возможности государства, а с другой конкурентоспособность предпринимательства.

Тенезация и детенизация заработной платы – термины, применяемые экономистами Украины. Слово широко используется в газетах, в текстах и выступлениях экономистов, политиков и предпринимателей

Тенизация (сущ) - перевод предпринимательской деятельности в тень, доля теневой экономики Украины.

Есть Указ Президента Украины от 25 января 2010 года «О мерах по детенизации экономики».

# **Физическая культура и спорт**

**Методика тестирования общей физической подготовки студентов-гандболистов**

Бельский И.В., Сыманович П.Г., Хатиновский А.А.,  
Ермилов В.В., Пильневич А.А.

Белорусский национальный технический университет

Занятия физической культурой, проводимые в высших учебных заведениях технического профиля, в значительной мере содействуют подготовке студентов к будущей профессиональной деятельности, способствуют развитию таких необходимых инженеру физических качеств, как сила, выносливость, скоростно-силовые и координационные способности и др.

Современный гандбол определяется возрастающей интенсивностью выполнения технико-тактических действий в условиях жесткого единоборства, быстрыми переходами от оборонительных действий к атакующим и наоборот, большими объемами групповых тактических взаимодействий.

Все это предъявляет повышенные требования, как к уровню физической подготовленности, так и к уровню специальной работоспособности, основывающейся на функциональных возможностях организма занимающихся.

С целью разработки методического обеспечения физической подготовки студентов-спортсменов специализации гандбол мы протестировали с помощью «Карты здоровья» 23 студента, поступивших на первый курс университета в 2010 году и 25 студентов – первокурсников 2011 года.

У каждого студента по данной методике, был определен индивидуальный уровень физических кондиций (ИУФК) и общий уровень физических кондиций (ОУФК).

Полученные экспериментальные данные позволяют:

- определить исходный уровень физической подготовленности и проследить её в динамике, как по годам поступления, так и в процессе всего обучения в вузе;
- определить приоритетные средства общей физической подготовки спортсменов-гандболистов;
- совершенствовать специальную физическую подготовку и техническое мастерство спортсменов в целом;
- в значительной мере оздоровить студентов, создавая у них положительную мотивацию к систематическим занятиям физическими упражнениями, в частности, гандболом.

## **Эффективные средства воспитания координационных способностей студентов технического университета**

Дражина И.В., Пашкова Н.А., Дубойская М.В., Вечорко А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Одной из важнейших задач физического воспитания является развитие двигательных функций и умения управлять своими движениями.

Координационные способности человека выполняют в управлении его движениями важную функцию.

Одним из основных и общедоступных средств воспитания координационных способностей являются физические упражнения повышенной координационной сложности, содержащие элементы новизны. Осваивая новые упражнения, студенты не только пополняют свой двигательный опыт, но и развивают способность образовывать новые формы координации движений.

Уровень сложности физических упражнений можно увеличивать за счет изменения пространственных, временных и динамических параметров, а так же за счет изменения внешних условий; комбинируя двигательные навыки; выполняя упражнения по сигналу или в ограниченное время, используя зрительную информацию.

Наиболее широкую и доступную группу средств воспитания координационных способностей составляют общеразвивающие упражнения гимнастической направленности (упражнения без предмета и с предметами: мячами, гимнастическими палками, скакалками и др.); акробатические упражнения, выполняемые из различных исходных положений, в различные конечные положения; с изменением направления; упражнения в равновесии.

Для воспитания координационных способностей высокоэффективными средствами служат подвижные и спортивные игры, кроссовый бег; передвижение на лыжах по пересеченной местности.

Особую группу средств составляют упражнения с преимущественной направленностью на отдельные психофизические функции, обеспечивающие управление и регуляцию двигательных действий. Это упражнения по выработке чувства пространства, времени, степени развиваемых мышечных усилий.

Упражнения, направленные на развитие координационных способностей, эффективны до тех пор, пока они не будут выполняться автоматически. Выполнение упражнений на развитие координационных способностей следует планировать на первую половину основной части занятия, т.к. они быстро ведут к утомлению.

## Проблемы физического воспитания студентов и пути их решения

Кривчик Н.А., Ходосок В.Д., Моисеенко В.С., Гуца Н.Л.  
Белорусский национальный технический университет

Сегодня физической культуре и спорту принадлежит значительная роль в воспитании молодого поколения страны. Но в жизнедеятельности современных детей и подростков физическая культура занимает недостаточное место.

Для того чтобы выяснить отношение студентов БНТУ факультета энергетического строительства и их родителей к спорту и здоровому образу жизни, был проведен анкетированный опрос в 2010-2011 учебном году. В исследовании принимали участие 200 студентов 1 и 2 курсов и их родители – 358 человек.

На вопрос «Придерживаетесь ли вы принципов питания?» ответили «Да» всего 5% студентов и 25% родителей. Выявили, что на сон в среднем студенты тратят 6 часов, а их родители 7 часов. На вопрос «Достаточно ли им этого времени для отдыха?» «Да» ответили 40% студентов и 75% родителей. На вопрос – «занимаетесь ли вы физическими упражнениями (шригрядка, пробежки, занятия в спортивных секциях, лыжи, коньки, плавание и т. д.)?» ответили «Да» 54% студентов и 36% родителей. Однако совместно с родителями физическими упражнениями занимаются 5-10% студентов. Выяснили, что за показателями функционального состояния наблюдают 16% студентов – за частотой сердечных сокращений; 28% студентов – за артериальным давлением; родители – 28% и 58% соответственно. Интересуются литературой по физической культуре и телевизионными спортивными программами 70% студентов и 50% родителей.

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что большинство родителей заинтересованы в физкультурной образованности своих детей, однако физическая активность в семье находится не на должном уровне.

Подводя итог, важно заметить, что необходимо проводить лекции по физической культуре для родителей в дошкольных, школьных учреждениях. Важно также организовывать обязательные совместные физкультурно-спортивные мероприятия.

Необходимо создать программу, которая бы определила положительное влияние физкультурного образования родителей на физкультурное образование детей в процессе совместной работы школы и семьи, разработать и ввести единую рейтинговую систему оценок, дифференцированную зачет по предмету «Физическая культура».

## Анализ результатов углубленного медицинского осмотра студентов МТФ

Петровская О.Г., Ивановская Л.В., Дубовик К.А.,  
Хатеновский А.А., Ширяев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Изучение дисциплины «Физическая культура» в Вузе направленно на формирование социально-личностных компетенций студентов, обеспечивающих целевое использование соответствующих средств физической культуры и спорта для сохранения, укрепления здоровья и подготовки к профессиональной деятельности. Практические занятия направлены на повышение уровня физической подготовленности, развитие физических навыков, освоение техники видов спорта, освоение и совершенствование навыков профессионально-прикладной подготовки.

Содержание учебной программы соответствует распределению студентов по четырем учебным отделениям: основному, подготовительному, специальному (включая группы ЛФК) и спортивному. Основными критериями при распределении студентов по учебным отделениям являются медицинские показания и результаты врачебно-педагогического контроля. Студенты, поступившие на первый курс, распределяются по учебным отделениям на основании информации справок формы 0-86 предоставляемой при поступлении в ВУЗ, в первом семестре проходят медицинский осмотр. Студенты 2-4 курсов ежегодно предоставляют медицинские справки о группе здоровья по физической культуре.

В процессе распределения студентов МТФ по учебным отделениям авторами были проведены сравнительная характеристика и анализ результатов углубленного медицинского осмотра студентов 2008–2011 г.г. поступления и справок формы 0-86.

Исходя из полученных данных среди студентов 1-4 курсов МТФ к основной медицинской группе с диагнозом «практически здоров» относятся 11,8%, а оставшиеся 47,2% имеют нарушения в состоянии здоровья той или иной степени тяжести. Особенностью диагнозов является их комплексный характер – у 53,6 % в анамнезе несколько заболеваний. По результатам медицинского осмотра 2011 года, к основной медицинской группе по состоянию здоровья могут быть отнесены 54,6 % студентов 1 курса; 52,5% - 2 курса; 51,7% - 3 курса; 51,6% - 4 курса.

Необходимо отметить отрицательную динамику медицинских показателей студентов с момента поступления: на 1 курсе 5,8%; на втором курсе 16%; на 3 курсе 11%; на 4 курсе 15,2%.



**Развитие координационных способностей как неотъемлемая и социально значимая часть физического воспитания студентов технического университета**

Дражина И.В., Пашкова Н.А., Красилев В.Ю., Мишенская Н.П.  
Белорусский национальный технический университет

В современных условиях значительно увеличился объем деятельности осуществляемой в вероятностных и неожиданно возникающих ситуациях которая требует проявления находчивости, быстроты реакции, способности к концентрации и переключению внимания, пространственной, временной, динамической точности движений и их биомеханической рациональности.

Объединяя целый ряд способностей, относящихся к координации движений, их можно разбить на три группы:

- 1) способности точно соизмерить и регулировать пространственные временные и динамические параметры движений.
- 2) способности поддерживать статическое (позное) и динамическое равновесие.
- 3) способности выполнять двигательные действия без изменений мышечной напряженности.

Координация движений имеет важное значение для многих видов трудовой деятельности. В связи с этим воспитание координационных способностей имеет строго специализированный характер.

Включение человека в сложную систему «человек-машина» ставит необходимое условие быстрого восприятия обстановки, переработки за короткий промежуток времени полученной информации и очень точных действий по пространственным, временным и силовым параметрам при общем дефиците времени.

Направленное развитие координационных способностей прежде всего на занятиях со студентами приводит к тому, что они:

- значительно быстрее и на более высоком уровне овладевают различными двигательными действиями;
- постоянно пополняют свой двигательный опыт, который затем помогает успешнее справляться с заданиями по овладению более сложными в координационном отношении двигательными навыками;
- приобретают умение экономно расходовать свои энергетические ресурсы в процессе двигательной деятельности;
- испытывают в психологическом отношении чувства радости и удовлетворения от освоения в совершенных формах новых разнообразных движений.

**Обучение технике движений в степ-аэробике**

Платонова Л.М., Крутых М.Е., Халло Г.В.

Белорусский национальный технический университет

Актуальность использования степ-аэробики обусловлена её эффективностью, возможностями развития работоспособности, силы и координации движений, улучшения таких показателей качества занятий, как новизна, разнообразие, эмоциональность, индивидуальный подход.

Изучение литературы, материалов международных конвенций по фитнес-аэробике и практический опыт проведения занятий позволяют выделить особенности, и сделать рекомендации по проведению занятий степ-аэробикой в различных аспектах: структура занятий, различная целевая и содержательная направленность, регулирование нагрузки и др. В том ряду особенно важны рекомендации по обучению технике.

Большинства студентов не знакомо со степ-аэробикой. Техника движений только на первый взгляд проста. Обучение и её коррекция в ходе занятий – первоочередная задача.

Правильная техника позволяет достигать нужного оздоровительного эффекта и избежать травмирования. Важен и эмоциональный компонент - гармония, легкость и свобода движений как результат освоения техники.

На наш взгляд, наиболее существенные рекомендации при обучении технике выполнения движений с использованием степов (скамеек) таковы: не расслаблять голеностоп и не шлёпать стопой; работать на всей ступне, не на носках (небольшой отрыв пятки – допускается); разгибание колен – не полное (переразгибание – не допускается); не топать, ступать мягко и уверенно, амортизируя встречу ноги с опорой. Это – типичная, не сразу устраняемая ошибка у новичков. Возникающая в этом случае ударная волна неблагоприятна для коленного и тазобедренного суставов и позвоночника и может вызвать головную боль. Наступать нужно на середину платформы (пятка не должна свисать со степа); при движении вниз ногу опускать на носок с перекатом на всю стопу; не колебать резко центр тяжести (как вверх – вниз, так и вперёд – назад); не выводить колено (по проекции) за пальцы стопы; не сгибаться и не выгибаться в пояснице, не сутулиться, напрягать ягодичы и живот (небольшой наклон вперёд – допускается); наступать сверху, а не толкать степ, держать его в поле зрения; угол в колене под нагрузкой не должен быть меньше 90 градусов.; не работать слишком близко или далеко от степа (25-35 см); не разводите носки и не смыкать стопы; располагать вес над находящейся впереди ногой; делать движения свободно и легко и др. Важно также обучить студентов регулировать нагрузку по самочувствию.

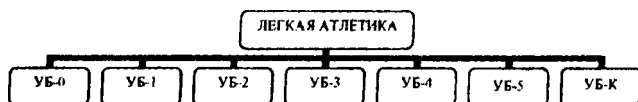
**Структура и содержание учебного модуля по легкой атлетике**

Бельский И.В., Сыманович П.Г., Фомочкина Г.И., Евсейчик Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Для оптимизации педагогического процесса по физическому воспитанию в техническом вузе, авторами разработана структура и содержание учебного модуля по легкой атлетике, содержащего следующие учебные блоки: введение; описание техники легкоатлетических видов спорта, в частности таких, как бег на короткие, средние и длинные дистанции, прыжки в длину с разбега; меры безопасности в процессе обучения и профилактики травматизма; оценка физического состояния и скоростно-силовой подготовленности студентов. Даются основы методики обучения этим видам легкой атлетики. В работе предложены комплексы упражнений для самостоятельной работы студентов.

Графическую структуру учебного модуля по легкой атлетике и краткое содержание учебного блока введение приводим ниже.



УБ-0. Введение

УБ-1. Спринт

УБ-2. Эстафетный бег

УБ-3. Бег на средние и длинные дистанции

УБ-4. Прыжки в длину

УБ-5. Меры безопасности в процессе обучения и профилактика травматизма

УБ-К.

УБ-К. Контроль по модулю

**УБ-0. Введение**

Учебный материал	Руководство по обучению
Техника спринтерского бега	Внимательно изучите представленный материал. В целях проверки своих знаний попробуйте ответить на предложенные в конце учебного элемента вопросы. Заключивайте изучение данного учебного элемента только после того, как сможете ответить на все контрольные вопросы.
Техника эстафетного бега	
Техника бега на средние и длинные дистанции	
Техника прыжков в длину способом «согнув ноги»	
Меры безопасности в процессе обучения и профилактика травматизма	
Оценка физического состояния и скоростно-силовой подготовленности студентов	
	В случае необходимости воспользуйтесь рекомендованной литературой

## Влияние экологической обстановки по регионам Республики Беларусь на заболеваемость студентов ФГДЭ

Усаченок О. А., Казакова Л. В., Полякова Т. В.  
Белорусский национальный технический университет

Состояние окружающей среды – одно из основных условий, во многом определяющих здоровье людей. Приоритетные экологические проблемы страны включают в себя радиоактивное загрязнение территории, загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение поверхностных и подземных вод, загрязнение и деградацию почв, образование и накопление отходов.

В структуре заболеваемости всего населения преобладают болезни органов дыхания и заболевания сердечно-сосудистой системы, а так же болезни глаз, эндокринной и мочеполовой систем, системы пищеварения.

Общая тенденция к росту первичной заболеваемости прослеживается во всех административных областях страны и в г. Минске. Столица выделяется наиболее высоким показателем заболеваемости.

Среди областей самое низкое значение указанного показателя выявляется в Гродненской области. Далее в порядке возрастания следуют Брестская, Могилевская, Витебская, Минская и Гомельская области.

Целью данной работы является соотношение экологической обстановки с уровнем заболеваемости по медицинским показателям.

Организация исследования:

В экспериментальную группу входили студенты 1-го курса ФГДЭ, проживающие в Гомельской области и контрольная группа - Минская область. Студенты 2-х групп были распределены по медицинским группам и заболеваниям.

Гомельская область: основная группа здоровья – 45%, подготовительная – 45%, СМГ – 10%, миопия – 15%, ССС – 40%, сколиоз – 40%, заболевания органов дыхания – 5%.

Минская область: основная – 30%, подготовительная – 40%, СМГ – 10%, ЛФК – 10%, миопия – 15%, ССС – 50%, сколиоз – 30%, нефроптоз – 1%.

Выводы: в результате нашего исследования было выявлено, что в Минской области уровень заболеваемости выше (70%), чем в Гомельской (55%), а прогрессирующим являются заболевания сердечно-сосудистой системы (50%), что соответствует данным Министерства здравоохранения за последние 5 лет.

Указанная тенденция посодействовала разработке практических рекомендаций для индивидуальных занятий студентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

## Динамика показателей уровня развития гибкости у студентов технического вуза

Слободняк Е.Н., Сорокин П.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является исследование уровня развития гибкости у студентов ПСФ. Основными методами оценки гибкости служат тесты, а также методы наблюдения и опроса.

В исследовании приняло участие 80 студенток второго, третьего и четвёртого курсов ПСФ, имеющих основную группу здоровья. Для определения уровня развития гибкости использовались тесты: а) комплексный тест ("складка"); б) подвижность в плечевых суставах ("выкрут") в) подвижность позвоночного столба ("мост"). Тестирование проводилось в начале и конце второго семестра. В течение всего семестра студентки выполняли специальный комплекс упражнений по улучшению подвижности в плечевых суставах и позвоночного столба. В таблице 1 приведены данные среднего арифметического значения результатов тестирования и их процентные изменения.

Таблица 1. Результаты тестирования студенток ПСФ

	"складка"			"выкрут"			"мост"		
	Среднее арифметическое		Проц. изменения, %	Среднее арифметическое		Проц. изменения, %	Среднее арифметическое		Проц. изменения, %
	нач. семестра, см	кон. семестра, см		нач. семестра, см	кон. семестра, см		нач. семестра, см	кон. семестра, см	
2 курс	16,00	16,55	3,43	77,8	76,7	1,43	52,95	52,15	2,51
3 курс	15,11	15,73	4,1	73,5	72,19	1,81	52,80	52,00	1,53
4 курс	16,89	17,48	3,49	74,68	73,89	1,06	60,2	59,34	1,44

Анализ полученных данных, выявил положительную динамику результатов. В конце семестра у студенток по тесту "складка" наблюдаются следующие результаты: 3,43% (2курс), 4,1% (3курс), 3,49% (4курс). Подвижность в плечевых суставах увеличилась незначительно: на 1,43% (2курс), 1,81% (3курс), 1,06% (4курс). По тесту "мост" также наблюдается положительная динамика в развитие подвижности позвоночного столба: 2,51% (2курс), 1,53% (3курс), 1,44% (4 курс).

Таким образом, можно считать целесообразным включение в учебный процесс специализированных блоков упражнений по развитию гибкости, т.к. при этом достигается не только поддерживающий, но и тренирующий эффект данного показателя физического развития, что непременно способствует гармоничному развитию личности человека.

**К вопросу о стандартизации физических упражнений  
при приеме тестов у студентов**

Тимошенкова Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Для объективного контроля деятельности человека в любой сфере, необходима стандартизация измерений. Учитывая то, что контрольные нормативы по дисциплине сдаются студентами в начале и конце каждого семестра – необходима стандартизация измерений для сопоставления результатов на протяжении всех лет обучения. Для стандартизации измерений в физической культуре необходимо остановиться на следующих направлениях:

1. Разработка сетевого графика планирования учебного процесса по физической культуре в вузе.
2. Описание контрольных нормативов (по основным физическим способностям).
3. Экспресс-контроль функционального состояния студентов перед сдачей контрольных нормативов по физической культуре.
4. Контрольные нормативы для оценки физической подготовленности студентов (юношей и девушек).

Применение сетевого графика планирования учебного процесса студентов по физической культуре для основного, специального и спортивного учебных отделений обеспечит более рациональное проведение учебных занятий. Предлагаемый экспресс-контроль обеспечит объективную информацию, за более короткий промежуток времени, о функциональном состоянии испытуемых, что особенно важно при массовом тестировании студентов. В целом стандартизация приема контрольных нормативов по физической культуре снижает риск отрицательного воздействия физических нагрузок на организм студентов: обеспечивает сопоставимость результатов измерений и выявление наиболее эффективной методики учебного и тренировочного процессов, применяемого профессорско-преподавательским составом для дальнейшего его внедрения.

Представленный подход позволит профессорско-преподавательскому составу более эффективно контролировать уровень функционального состояния и физическую подготовленность студентов на протяжении всех лет обучения в вузе. Более подробно вышеизложенный материал планируется рассмотреть в разрабатываемых нами методических рекомендациях «Стандартизация физических упражнений при приеме тестов у студентов».

**К вопросу о тестировании в специальном учебном отделении  
технического вуза**

Садовникова В.В., Казакова Л.В., Торшина Л.А.  
Белорусский национальный технический университет

Осознание и возможное нивелирование последствий заболеваний студентов в процессе физического воспитания специального учебного отделения крайне актуально в свете требований к обучению техническим специальностям и их будущей профессии. В связи, с чем комплексные показатели физической подготовленности и функционального состояния для специального учебного отделения должны обладать: а) достаточной информативностью; б) быть выполнимыми как для студентов, так и для педагогического состава; в) учитывать технические возможности проведения тестирования кафедрой «Физическая культура».

Цель проводимого нами исследования на базе БНТУ – разработка и внедрение в учебный процесс по физическому воспитанию студентов специального учебного отделения технического вуза, комплексного тестирования физического состояния. Цель исследования конкретизировалась в следующих задачах:

- проанализировать реалии физического воспитания в высшей школе в контексте его эффективности в формировании физической культуры личности;

- изучить динамику физического развития, физической подготовленности и функционального состояния студентов специального учебного отделения;

- разработать технологию комплексного тестирования физического состояния студентов и выявить ее эффективность в отношении адекватности и информативности при фактических заболеваниях в специальном учебном отделении.

Нами был проведен лабораторный эксперимент в течение 2011/2012 учебного года на базе БНТУ с участием студентов трех факультетов: информационных технологий, механико-технологический, горного дела и инженерной экологии. Обследовано в осеннем семестре 164 студента трех факультетов (n=164), занимавшихся физической культурой по типовой программе – два раза в неделю по два часа, относившиеся к следующим возрастным группам: 17 – 18 лет (1-й курс обучения), 18 – 19 лет (2-й курс). В весеннем семестре эта же выборка была обследована повторно (n=164). Результаты, полученные в ходе тестирования, заносились в протоколы и обрабатывались статистическими методами.

Полученные результаты планируется рассмотреть в разрабатываемых нами методических рекомендациях.

## Ретроспективный анализ физической подготовки студентов машиностроительного факультета

Фомочкина Г.И., Красько Н.Т., Кришталь С.А., Фомин А.В.  
Белорусский национальный технический университет

В последние годы значительно активизировалось внимание к здоровому образу жизни студентов, что связано с озабоченностью общества по поводу здоровья специалистов, выпускаемых высшей школой, а также последующим снижением работоспособности. Не существует здорового образа жизни как некой особенной формы жизнедеятельности вне образа жизни в целом. Основными составляющими здорового образа жизни являются: режим труда и отдыха; режим питания; организация двигательной активности и сна; закаливание, выполнение требований санитарии и гигиены; профилактика вредных привычек; культура межличностных отношений; психофизическая регуляция организма.

С целью внедрения в быт студентов основ здорового образа жизни, а также в осмысленном занятии физической культурой и спортом, было предложено оценить уровень физической подготовленности студентов I курса машиностроительного факультета 2005-2011 годов поступления. Исследования проводились с учетом специальностей, которыми овладевают студенты. В зависимости от особенностей предметов труда, все специальности машиностроительного факультета были разделены на 3 группы:

- технономические специальности (человек-техника) – технология машиностроения;
- сигномические специальности (человек-знаковая система) – компьютерные сенсорные системы;
- социометрические специальности (человек-человек) – маркетинг и экономика машиностроения.

Уровень физической подготовленности определялся и анализировался по результатам отдельных тестов, предложенных и обработанных по методике профессора Ю.В.Вавилова.

Результаты тестирования показали, что студенты, поступившие в 2005-2008 гг. имеют уровень физической подготовленности выше, чем студенты, поступившие в 2009-2011 гг.

При сравнении результатов тестирования на разных специальностях существенной разницы не выявлено. Лишь у студентов технономических специальностей этот уровень незначительно выше. Среднее значение составляет 6 баллов на всех специальностях машиностроительного факультета.



**К вопросу о моделировании соревновательной деятельности  
в настольном теннисе в условиях технического вуза с помощью  
«метода большого количества мячей»**

Масловский О.Е., Кныш О.А., Буцкевич Л.Н., Вечорко А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Введение. Выявлено, что во время игровых тренировок ЧСС составил ет, в среднем, 140-160 уд/мин, в то время как в соревнованиях ЧСС за счет психической напряженности существенно выше – 180-200 уд/мин. Это является для новичков одним из сбивающих факторов скорости и точности движений, что негативно влияет на обучение. Для решения этого противоречия китайскими специалистами предложен оригинальный «метод большого количества мячей».

Применение этого метода позволяет повысить моторную плотность занятия на 40-60%, а интенсивность нагрузки на 35-65%.

Цель исследования – научное обоснование средств и методов начального обучения студентов технического вуза настольному теннису на основе введения сбивающих факторов – с помощью «метода большого количества мячей».

Результаты исследования и их обсуждение. Технический прием «метод большого количества мячей» был использован нами в процессе обучения студентов спортивно-технического факультета в условиях технического вуза на протяжении одного семестра (сентябрь 2011 – январь 2012гг.) Это позволило представителям экспериментальной группы (ЭГ-20 чел.) где соблюдалось равное процентное соотношение времени (по 50%) на традиционное обучение и обучение с применением «метода большого количества мячей», существенно снизить психологическую и повысить функциональную нагрузку. Данный метод кроме этого позволяет моделировать соревновательные условия как в виде игровых тактических ситуаций, так и в виде игровой деятельности конкретного противника.

Выводы: Результаты формирующего педагогического эксперимента показали высокую эффективность предлагаемой методики с использованием «метода большого количества мячей». Студенты экспериментальной группы, обладая примерно одинаковым уровнем специальной физической подготовленности со студентами контрольной группы, за время проведения педагогического эксперимента добились более высоких соревновательных результатов в командных играх по настольному теннису, а также существенно снизили психологическую и повысили функциональную нагрузку.

**Периферическое зрение как фактор концентрации внимания и ориентации в двигательном пространстве и его стимуляция в условиях игровой деятельности студентов-футболистов БНТУ**

Масловский О.Е., Кривицкая Л.Э., Кузьмицкая Е.А.  
Белорусский национальный технический университет

Целью работы является научное и экспериментальное обоснование периферического зрения как фактора концентрации внимания, ориентации в двигательном пространстве и положительного переноса «тренированности» на основной двигательный навык в мини-футболе с привлечением сбивающих факторов.

Результаты исследования. Было проведено исследование с 25 студентами-футболистами. Задание заключалось в следующем: участники лабораторного эксперимента по команде преподавателя выполняли «пенальти» в нижний угол футбольных ворот. В момент удара по мячу помощник, стоящий в правой стороне ворот, показывал произвольную цифру (на секунду). Эту цифру должен был запомнить студент. Обязательным условием было – попадание точно в нижний левый угол ворот, отмеченного белым цветом 1,5-метровым коридором от боковой стойки. В случае непопадания, попытка повторялась. Из 25 участников лишь 17 студентов (64%) неправильно назвали цифры, что свидетельствовало о низком уровне концентрации внимания и ориентации в двигательном пространстве с помощью периферического зрения. Следующим этапом было включение тренировочных упражнений по освоению периферического зрения в аналогичных условиях эксперимента (20 минут в каждом занятии) в течение 3-х недель (3 раза в неделю). Кроме того, преподавателем была дана установка студентам – по возможности тренировать «идеомоторный» вариант запоминания цифр с переходом от центрально зрения к периферическому зрению ежедневно (также по 20 минут) в домашних условиях.

В результате эксперимента из 25 участников 20 студентов (80%) правильно назвали цифры, что свидетельствовало о существенном повышении уровня концентрации внимания и ориентации в двигательном пространстве с помощью «тренинга» периферического зрения. По мнению преподавателя это положительно отразилось на игровой практике студентов, связанной с ударами по воротам.

Заключение. Была доказана «управляющая» роль периферического зрения как фактора концентрации внимания, ориентации в двигательном пространстве и стимуляции приёмов в условиях игровой деятельности студентов БНТУ специализирующихся в мини-футболе.

**Релаксация и медитация как способ нормализации функционального состояния студентов специального учебного отделения после физической нагрузки**

Камыда Д.Е.

Белорусский национальный технический университет

Укрепление здоровья и повышение уровня физической подготовленности – важное условие обеспечения всестороннего и гармоничного развития студенческой молодежи.

Тестирование студентов в начале учебного года показало, что только 1% студентов имели нормальные функциональные показатели. В связи с этим необходимо было найти действенные методики, стимулирующие процессы самовосстановления организма. Эффективными методиками восстановления оказались релаксация и медитация.

Исследования проводились методом медико-социально-психологической диагностики (экспресс метод тест Кузьменко О.К.).

Измерения проводились до занятий физическими упражнениями, после основной части занятий и после релаксации и медитации в заключительной части. После физической нагрузки все студенты имели состояние обострения. У большинства это было обострение своего заболевания, а у студентов имеющих только диагноз «миопия» отмечалось напряжение в работе ССС и дыхательной систем.

После релаксации и медитации у 70% студентов показатели физиологического состояния нормализовались, ещё у 20% значительно улучшились и у 10% вернулись к исходному состоянию (как до физической нагрузки).

Эмоциональное состояние нормализовалось у 80% студентов, у 20% улучшилось. Энергетический баланс восстановился в 70% случаев, в 30% тенденция к улучшению.

У студентов контрольной группы после обычной заключительной части улучшились показатели только в 10% случаев. Это свидетельствует о замедленном восстановлении после физической нагрузки.

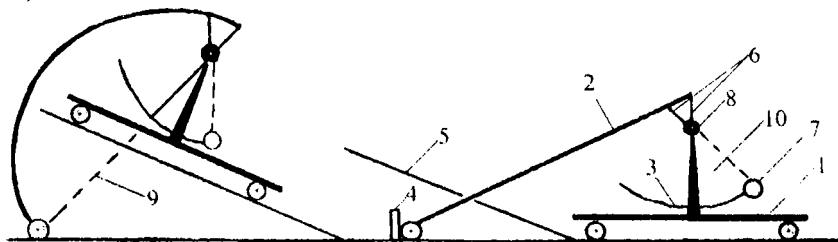
Таким образом, методика применения релаксации и медитации в заключительной части занятия позволяет ускорить физиологические процессы восстановления функций внутренних органов и систем у студентов имеющих различные отклонения в их работе, и тем самым повысить эффективность учебного процесса в специальном учебном отделении. Применение методики не ограничивается только рамками специального учебного отделения, она может быть полезна во всех видах спортивной деятельности.

## Моделирование фазы «вис-замах» и элемента движения «длинный мах» при помощи механической модели

Ворон А.В., Трошило П.П., Башко Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Выполнение фазы «вис-замах» в прыжках с шестом решает задачу подготовки к последующему маховому действию и продвижению системы «прыгун – шест» к вертикали. Для выявления влияния маховых движений прыгуна на успешность продвижения системы «прыгун – шест» к вертикали нами использовался метод моделирования. Нами была создана и экспериментально апробирована механическая модель «прыгун – шест» (рисунок).



Механическая модель «прыгун – шест»: 1 – подвижная тележка; 2 – эластичная пластина; 3 – маятник; 4 – упор; 5 – направляющая поверхность; 6 – стержни; 7 – отягощение; 8 – ось вращения; 9 – хорда шеста (проекция); 10 – зона перемещения маятника

Лучшие результаты в продвижении механической модели к вертикали были достигнуты при установке отягощения на маятнике в и. п. перед движением под углом 40–50°; зона активного воздействия на сгибающуюся пластину может быть наиболее эффективной для продвижения модели вперед в пределах 90° амплитуды маятникового движения до пересечения с хордой шеста; приближение отягощения маятника к оси вращения или понижение ее к отягощению не способствует продвижению механической модели вперед; эффективная зона воздействия на сгибающуюся пластину уменьшается при ее укорочении (при низких захватах); наиболее благоприятные условия для продвижения механической модели к вертикали при сгибании пластины возникли при понижении отягощения по отношению к оси вращения маятника. Эффективная техника движений в фазах «вис-замах» и «взмах» будет характеризоваться выполнением с большей амплитудой движений всего тела и укорочением взмаха (в момент пересечения тела хорды шеста), начиная с нижних звеньев тела.

## **Сравнительный анализ условий выполнения движений опорной части прыжка с эластичным шестом и больших оборотов на гимнастической перекладине**

Ворон А.В., Трошило П.П., Башко Н.И.  
Белорусский национальный технический университет

В целях технической подготовки прыгунов с шестом рекомендуется применять упражнения на гимнастических снарядах. Внешнее подобие, схожесть координационных механизмов, по нашему мнению, здесь еще недостаточна.

Сравнительный анализ условий выполнения движений опорной части прыжка с эластичным шестом и больших оборотов на гимнастической перекладине выявил следующие различия: опора, на которую воздействует прыгун, подвижна в двух плоскостях и претерпевает значительные перемещения во время взмаха (горизонтальное – около одного метра, вертикальное – до 50 см и более). Данное различие (в условиях воспроизведения движений) приведет к несоответствию подводящего упражнения соревновательному в отношении воспроизводимых траекторий вращательного движения общего центра масс прыгуна, распределения усилий во времени и по характеру их развития. В условиях понижающейся подвижной опоры взмах выполняется физически труднее за счет расходования части кинетической энергии взмаха на перемещение этой опоры; опора снаряда находится спереди, а не под снарядом. В условия выполнения амплитудных маховых движений данное несоответствие может существенно повлиять на структуру изучаемых движений и отразиться в несоответствии их параметрам динамики и кинематики соревновательной техники взмаха опоры, при воздействии на нее прыгуном, должна иметь определенную степень упругости. От данного условия зависят ее (опоры) резонансные свойства, которые должен научиться использовать прыгун для выполнения прыжков в соревновательных условиях со снарядами различной жесткости в соответствии с его индивидуальным уровнем развития скоростно-силовых качеств. При больших оборотах на перекладине резонанс опоры достигает значительно меньших величин, чем при прыжке. Возникает несоответствие: упругость опоры неизменна, в то время как подвержен изменениям двигательный потенциал прыгуна. Выявленные различия в условиях выполнения специальных и специально-подводящих упражнений на гимнастической перекладине и движений, выполняемых в соревновательных условиях, должны учитываться в процессе обучения и совершенствования движений опорной части прыжка с шестом, а также при разработке специальных тренажеров для прыгунов с шестом.

## Технико-тактические приемы в соревновательной деятельности ватерполистов

Ковель С.Г., Неженец И.С., Сорокин П.А.

Белорусский национальный технический университет

Объективная фиксация в соревновательной деятельности является одной из необходимых предпосылок эффективного управления тренировочным процессом и ходом игры в соревнованиях.

Для исследования технико-тактических приемов, определяющих результативность соревновательной деятельности в водном поло, было проведено наблюдение видеозаписей 14 игр сильнейших мужских команд (Испания, США, Германия, Венгрия, Хорватия, Сербия) участниц чемпионата мира по водному поло 2009г.

Фиксировались следующие технико-тактические приемы: технико-тактические приемы игры в нападении и защите; способы выполнения бросков по воротам, факторы, влияющие на их результативность: отборы мяча у соперника, блокирование бросков, наказания соперника переходом мяча; удаления. Проведен анализ показателей бросков по воротам, а также результативности различных способов их выполнения с игры и при розыгрыше численного преимущества.

В результате наблюдений установлено, что сильнейшие команды мира в большинстве случаев используют такие способы бросков по воротам, траекторию и момент исполнения которых практически невозможно предугадать (броски в одно касание, с лёта, с хода, броски по воротам, выполняемые со свободного броска из-за 5м отметки).

Наиболее эффективными способами бросков по воротам являются: основной бросок при перемещении (и на месте) с мячом в руке (с имитацией бросковых и без имитации бросковых движений), броски с лёта, в одно касание. Такие способы бросков по воротам, как: толчки, переводы и удары в соревновательной деятельности ватерполистов сильнейших команд мира используются редко. При игре в большинстве команд, как правило, используют перестроение игроков из тактической схемы, когда сначала широки становятся в расстановку с четырьмя нападающими в первой и двумя во второй линии атаки (4:2), затем перестраиваются в схему с тремя широкими в каждой линии (3:3). Реализация розыгрыша свободного броска из-за 5м отметки, попаданием в ворота, существенно увеличивает результативность проведения технико-тактических приемов с игры.

Таким образом, изменение правил соревнований повлияло на развитие тактических схем и использование технико-тактических приемов в различных игровых условиях.

## Специальные знания и интересы студентов БНТУ в области физической культуры

Ковель С.Г., Герасимчик М.С., Халло Г.В.  
Белорусский национальный технический университет

Приобщение студенческой молодежи к ценностям физической культуры через процесс образования должно способствовать реализации важной функции высшего образования: вооружению студентов физкультурными знаниями, укреплению здоровья и др.[1].

Задача нашего исследования выявить специальные знания и интересы в области физической культуры студентов БНТУ. Для изучения специальных знаний интересов в области физической культуры студентов, была разработана анкета. Студентам необходимо было ответить, какие двигательные способности и физические качества они знают, что бы они хотели узнать из области физической культуры, что такое профессионально-прикладная физическая подготовка, какие двигательные навыки и физические качества, необходимы для их будущей профессиональной деятельности и др. В анкетирование приняли участие 389 студентов 1-4 курсов при боростроительного факультета БНТУ (210 юношей и 179 девушек).

Анализ ответов показал, что большинство студентов, и девушки и юноши, не знают (1 курс-40%, 3 курс-78%), что такое двигательные способности и физические качества. В первую очередь, студенты интересуются методикой развития физических качеств, методикой регулирования массы тела (юноши - методикой наращивания мышечной массы, девушки методикой снижения массы тела), влиянием физических упражнений на организм человека. И лишь 10% студентов ничего не интересует. Ответы студентов старших курсов (3-4) свидетельствует о том, что некоторые из них не имеют представление, что такое профессионально-прикладная физическая подготовка и какие физические качества, необходимы для их будущей профессиональной деятельности.

Таким образом, результаты анкетного опроса показали, что студенты БНТУ, занимающиеся физической культурой в основном отделении, не владеют понятийным аппаратом и не имеют систематизированных знания по дисциплине «Физическая культура», студенты оказались не готовы методически грамотно ответить на простые вопросы. Полученные результаты нацеливают на необходимость планирования и проведения процесса физического воспитания в техническом вузе так, чтобы в ходе практических занятий по дисциплине «Физическая культура», заложить основы физкультурного образования, физкультурной деятельности, физической культуры личности студентов.

## Тренировочные устройства для повышения специальной выносливости лыжников-гонщиков БНТУ

Колтунова А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Применение тренажеров и тренировочных устройств для повышения общей и специальной физической подготовленности лыжников-гонщиков рассматривается в качестве следствия переноса тренированности двигательных навыков и вегетативных функций.

Цель исследования: разработать и экспериментально обосновать методику развития специальной выносливости лыжников-гонщиков БНТУ с использованием комплекса тренировочных устройств. Для разработки методики специальной выносливости у лыжников-гонщиков, нами применен блок тестов для определения исходных параметров нагрузки. В исследовании принимали участие спортсмены сборной команды БНТУ по лыжному спорту и спортсмены группы спортивной специализации, не имеющие разряда. Тестирование включало подтягивание в висе на перекладине, сгибание-разгибание рук в упоре лежа, сгибание-разгибание рук в упоре на брусьях, прыжок в длину с места, бег 100 м, 1000 м, кросс 5000 м, лыжную гонку 5000 м (коньковый ход), рост, масса тела. Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе исследований определялся исходный уровень развития специальных качеств лыжников. На втором этапе работы решались задачи увеличения эффективности нагрузок, различных по характеру, объему и интенсивности при развитии специальной выносливости в подготовительном и соревновательном периодах, с использованием кардиотренажеров «Орбитек» ВК 2003 Open и грузоблочных тренировочных устройств «Vasil gum»; проводилось повторное тестирование.

В результате исследований установлено, что использование тренажеров и тренировочных устройств оказывает положительное влияние на развитие специальной выносливости лыжников-гонщиков. Разработанная методика развития специальной выносливости лыжников-гонщиков, с использованием комплекса тренировочных устройств содержит средства, методы, планирование учебно-тренировочного процесса, условия выполнения упражнений, методы педагогического контроля. Методика развития специальной выносливости лыжников-гонщиков с использованием комплекса тренировочных устройств реализуется при следующих педагогических условиях: выбор адекватных возрастным особенностям средств и методов физического воспитания и их соотношения; определении оптимальных форм планирования занятий с использованием тренажеров и тренировочных устройств; осуществлении всех видов контроля при выполнении упражнений.



## Особенности инженерно-технического обеспечения учебно-тренировочного процесса студентов

Кочеров А.Л., Боровок О.А., Крутых М.Е., Ермилов В.В.  
Белорусский национальный технический университет

Учебно-тренировочный процесс наиболее эффективен в том случае, когда на тренировках моделируются условия соревнований. Особенно актуально это положение для игровых видов спорта, где инженерно-техническое обеспечение соревнования может повлиять на результаты спортсменов. Требования к инженерно-техническому обеспечению соревнований по настольному теннису сформулированы в Правилах соревнований. Как показывает опыт, наибольшее затруднение связано с восприятием освещения поверхности стола и игровой площадки в целом, соответствующих условиям соревнований. Согласно требованиям Правил соревнований освещенность игровой поверхности стола должна быть не менее 600 люкс, а освещенность любой другой части игровой площадки – не менее 400 люкс. Таким образом, требования Правил определяют минимальный уровень освещенности и ничего не говорят о спектральном составе излучения используемых источников света. В фотометрии спектральный состав источника света видимого диапазона принято оценивать цветовой температурой источника. Для используемых в настоящее время источников света она изменяется в широких пределах, придавая свету широтной оттенок от желто-оранжевого до голубого. Понятно, что существенная разница в условиях освещенности при тренировках и на соревнованиях может потребовать дополнительной адаптации. Учитывая, что на игровую разминку регламент соревнований отводит две минуты, становится очевидной актуальность методики экспресс анализа условий освещенности на предмет их соответствия условиям соревнований. Для решения данной задачи предлагается использовать методику оценки условий освещенности при проведении занятий по настольному теннису. Данная методика основана на сравнении и анализе двух серий фотоизображений тестовых объектов. Одна серия изображений получена путем экспозиции тестовых объектов на площадке соревнований, другая – на тренировочной площадке. Полученные изображения сравниваются участниками тренировочного процесса (субъективная оценка), а также анализируются экспозиционные параметры и гистограммы цветовых каналов соответствующих изображений (объективная оценка). Таким образом, по результатам проведенного анализа можно установить степень соответствия условий освещенности на соревнованиях и тренировках по настольному теннису, а также сформулировать предложения по устранению выявленных несоответствий.

## Анализ технического обеспечения соревнований по лёгкой атлетике

Трошило П.П.

Белорусский национальный технический университет

Основная обязанность судейской бригады обслуживающей соревнования различного уровня по легкой атлетике состоит в том, чтобы предоставить участникам соревнований все возможности для достижения наилучших результатов в данном соревновании. Правила соревнований разработанные ИААФ обеспечивают, насколько это возможно, равные условия для всех участников, исключая несправедливое отношение к кому бы то ни было. В целях эффективного проведения легкоатлетического соревнования используемое оборудование должно отвечать всем основным требованиям для проведения соревнований по легкой атлетике. Во время планирования и реконструкции легкоатлетических стадионов должно быть точно установлено расположение различных коммуникационных линий и других средств связи, учтены нужды этих служб. В работе представлен анализ технического обеспечения (инженерных и информационных систем), обслуживающих соревнования по лёгкой атлетике на чемпионате Республики Беларусь.

В результате установлено, что для обеспечения объективного старта в настоящее время применяется электронная аппаратура, фиксирующая время реакции на выстрел стартера, тем самым исключая субъективное решение судьи-стартера. Устройство подает сигнал в наушник стартера, и если время реакции, зафиксированное устройством, составляет менее 100/100 секунды фиксируется фальстарт. При регистрации фотофиниша применяется полностью автоматизированные системы электронного хронометража. В спринтерском беге (включая 200 м), а также при выполнении прыжков в длину, тройного прыжка, наблюдается обязательное присутствие судьи-оператора для измерения скорости ветра, владеющего правилами измерения скорости ветра. При регистрации результатов в технических видах (прыжки, метание) используются новые системы измерения результатов. Взамен рулетке, которая по правилам ИААФ натягивается без «перерывы», что очень сложно, устанавливается отметка на месте приземления и применяется лазер. Также установлено, что для проведения соревнований различного уровня (республиканского, областного и др.) в Республике Беларусь необходимо оптимальное количество судей. Соревнования областного, районного масштаба могут обслуживаться меньшим количеством судей, однако в этом случае они должны работать как одна слаженная команда.

**Развитие скоростно-силовой выносливости в баскетболе**

Баранова И.И.

Белорусский национальный технический университет

Ведущую роль в баскетболе играет не только уровень развития отдельных физических качеств, но и такое их соотношение в структуре физической подготовленности, которое позволяет достигать высокой эффективности соревновательной деятельности. В подготовленности баскетболисток специальной выносливости отводится первостепенная роль. В процессе игры спортсменке приходится многократно повторять скоростные перемещения, силовые единоборства, технические приемы. Способности спортсменки выполнять двигательные действия на протяжении игры от существенного снижения эффективности зависит от уровня развития специальной выносливости. Различают выносливость к скоростной, силовой, скоростно-силовой работе. В соответствии с объемом мышечной массы участвующей в работе, выносливость разделяют на локальную (в работе принимает участие менее 1/3 объема мышц), региональную (в работе участвуют мышцы от 1/3 до 2/3 мышц). Ведущим фактором, определяющим уровень выносливости, является энергетическая производительность организма. В ходе эксперимента спортсменкам была предложена методика тренировки скоростно-силовой выносливости с применением грузоблочных тренировочных устройств и отягощений. В исследовании принимали участие спортсменки с квалификацией 1 разряд и КМС (основной состав студенческой сборной БНТУ) в количестве 12 человек. После выполнения предложенной методики спортсменки выполняли контрольные упражнения: прыжок в длину с места и прыжок в высоту с места. Затем проводилось тестирование по этим двум упражнениям. Результаты теста в начале эксперимента показали, что уровень развития скоростно-силовых показателей прыжков в длину с места в среднем составил 185 см, прыжков в высоту с места 41 см. Прирост результатов в контрольных упражнениях составил: в прыжках в длину с места 197 см, прыжках в высоту с места 46 см. Факторный анализ структуры специальной физической подготовки баскетболисток позволил установить, что на различные виды выносливости приходится 41 % из 86% общей дисперсии выборки, а на скоростно-силовые качества, включающие стартовую, дистанционную скорость и взрывную силу—23,6%. Содержание других факторов в значительной степени дублируют вышеперечисленные. Таким образом, установлено, что использование грузоблочных тренировочных устройств в учебно-тренировочном процессе баскетболисток позволяет в ходе выполнения упражнений распределить нагрузку на конкретные мышечные группы и снизить травмирующий эффект при их выполнении.

## **Анализ технико-тактических показателей в баскетболе с помощью специализированной программы**

Волк Ю.В., Баранова И.И., Кравченко В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Интенсивное внедрение информационных технологий в области физической культуры и спорта, где компьютерная техника широко применяется в учебной, научно-методической, физкультурно-оздоровительной, соревновательной деятельности способствовало тому, что в 2011 году общественным объединением «Белорусская федерация баскетбола» было разработано программное обеспечение для ведения статистики и анализа технико-тактических баскетбольных показателей чемпионата Республики Беларусь.

В работе представлен анализ технико-тактических показателей в играх мужских команд чемпионата Республики Беларусь по баскетболу в сезоне 2011-2012 года с помощью специализированной программы.

Многофункциональное программное обеспечение позволило: создать полную организационную структуру всех баскетбольных соревнований в Республике Беларусь, начиная от Чемпионата Высшей лиги и заканчивая соревнованиями детско-юношеских команд; создать электронную базу всех клубных и детско-юношеских команд, всех игроков, тренеров и судей, участвующих в чемпионатах и первенствах страны по баскетболу; автоматизировать процессы создания календарей баскетбольных соревнований и формирования судейских назначений на матчи чемпионатов и первенств по баскетболу; обеспечить предоставление в реальном времени всех игровых статистических показателей матчей чемпионата в интернет с помощью встроенной подпрограммы «Smartstats»; автоматизировать подсчет всех технико-тактических показателей по итогам матчей чемпионата и обеспечить предоставление полномасштабной статистической базы любому специалисту в стране и за рубежом.

Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет оптимизировать сбор информации об игре для отечественных тренеров, журналистов, других специалистов баскетбола, а также для рядовых болельщиков. Кроме того, данный продукт является мощным презентационным и рекламным инструментом для предоставления информации о белорусском баскетболе в других странах.

В результате специализированной программы установлено, что занятые места некоторых команд по итогам чемпионата не соответствуют их реальному баскетбольному уровню, а обусловлены фактором везения и спецификой системы проведения турнира.

**Естественные и точные науки**

**Естественно-научные  
ДИСЦИПЛИНЫ**

## Измерения индивидуальной динамики достижений учащихся

Воронова Н.П., Костюкевич Е.К.  
Белорусский национальный технический университет

Создание системы оценки качества образования остается одной из самых актуальных для всей системы образования Республики Беларусь.

Институт интегрированных форм обучения и мониторинга образования Белорусского национального технического университета при содействии отделов образования рай(гор)исполкомов организует и проводит диагностическое тестирование учащихся общеобразовательных учреждений.

Как известно, диагностическое тестирование используется для измерения индивидуальной динамики достижений учащихся по основным предметам. В основу диагностического тестирования положена уровневая модель мышления и понимания, а акцент ставится на индивидуальное продвижение ученика относительно его собственного уровня.

Основными целями предметного диагностического тестирования являются:

- адаптация учащихся к централизованному тестированию;
- ориентация учащихся в выборе будущей профессии.

Предметное тестирование организуется 2 раза в год в 5-10 классах по русскому, белорусскому и английскому языкам, математике, физике, и предметам, выбираемым учреждением образования с учетом образовательных запросов учащихся.

Высококвалифицированными специалистами Белорусского национального технического университета разрабатываются тестовые материалы в соответствии с учебными программами.

В результате организации и проведения диагностического тестирования:

- учащиеся получают возможность 2 раза раз в год проверять уровень своих знаний в выбранных общеобразовательных предметах, получать навыки работы с бланками и тестовыми материалами, почувствовать себя «как на настоящем ЦТ»;
- родители получают независимую объективную оценку знаний, которая является важным способом понять степень подготовленности их детей;
- руководители образовательных учреждений и учителя получают возможность на основании независимой оценки знаний учащихся провести анализ своей работы, увидеть слабые стороны, недостаточно изученные темы или разделы школьного курса и откорректировать свои действия.

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время одной из главных проблем технического образования является то, что большинство выпускников инженерных специальностей не обладают в должной степени навыками самостоятельно ставить новые задачи, решать задачи с применением методов научных исследований, поиска новых конструкторско-технологических решений на уровне изобретений, обеспечивающих в итоге повышение качества продукции, достижение мирового уровня, всестороннюю интенсификацию и экономию ресурсов.

В основном учебный процесс основывается на решении таких теоретических и практических задач, для которых уже имеется готовая постановка задачи, дается способ ее решения в виде четкого алгоритма, имеются примеры решения задач по этому способу, а преподавателю (а часто и студенту) известен ответ. При этом решение задачи часто превращается в рутинную работу, не требующую глубоких творческих размышлений.

«Основы научных исследований и инновационной деятельности» является важной инженерной дисциплиной, необходимой для формирования грамотных инженеров, которая должна сыграть ключевую роль в обеспечении готовности выпускника технического вуза к научно-исследовательской и инновационной деятельности. Анализ опыта преподавания такой дисциплины в ряде вузов страны и за рубежом позволяет прогнозировать прогрессивные положительные результаты изучения методов научных исследований при условии увязки с другими дисциплинами и различными видами учебной работы.

Автором разработано и подготовлено к печати практическое руководство для аудиторной и самостоятельной работы студентов специальностей 1-36 10 01-01 «Горные машины и оборудование» (Открытые горные работы); 1-36 10 01-02 «Горные машины и оборудование» (Подземные разработки); 1-36 10 01-03 «Горные машины и оборудование» (Обогатительно-перерабатывающее производство); 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства» по курсу «Основы научных исследований и инновационной деятельности», в котором приводятся теоретические сведения, необходимые для решения сформулированных научно-исследовательских задач, представлены образцы решения задач, а также задания для самостоятельной работы. Практические занятия могут проводиться как в обычной аудитории, так и в специализированной, оснащенной современным компьютерным оборудованием.

## Эффективность использования кормовых добавок из торфа в животноводстве

Макарова Н.Л., Наумова Г.В., Томсон А.Э., Жмакова Н.А.,  
Овчинникова Т.Ф.

Институт природопользования НАН Беларуси

Главной задачей современного животноводства является повышение продуктивности, которая зависит не только от обеспеченности животных традиционными кормами, но и от использования в составе рациона биологически активных добавок, улучшающих усвояемость кормов, положительно воздействующих на обменные процессы, повышающих продуктивность.

В качестве таких добавок к рациону молодняка крупного рогатого скота институтом природопользования НАН Беларуси были предложены и испытаны совместно с РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» биологически активные препараты из торфа Гидрогумат, Оксигумат и Оксидат торфа.

Для изучения эффективности их использования был проведен ряд научно-хозяйственных, физиологических опытов и производственных проверок в крупных животноводческих комплексах республики.

Установлено, что среднесуточный прирост живой массы телят, получавших Оксигумат, был выше, чем у телят контрольной группы на 6,9–11,7 %, у получавших Гидрогумат – на 5,1–8,1 %, Оксидат торфа – 7,8–19,2 %, а затраты кормов на 1 кг прироста – ниже на 5,8–9,0 и 4,9–7,2 %, 7,0–15,9 % соответственно.

Результаты анализов содержимого рубца свидетельствуют о том, что у животных, потреблявших Оксигумат, уровень летучих жирных кислот и аммиака был выше по сравнению с таковыми показателями телят контрольной группы на 25–43,8 % ( $p < 0,05$ ) и 13–44 % соответственно. Количество инфузорий в жидкости содержимого рубца опытных телят повысилось на 5,1–12,8 % ( $p < 0,05$ ), а у животных, потреблявших Гидрогумат никаких отклонений от нормы и больших различий между группами не было.

Биохимические показатели крови были в норме у животных всех групп и мало различались между группами. Однако у молодняка опытных групп по сравнению с контрольной наблюдалась тенденция к увеличению азотистых фракций на 1,2–9,2 %.

Таким образом, биологически активные гуминовые препараты, получаемые из торфа, оказывают положительное влияние на процессы пищеварения и обмен веществ у животных.



## Основные направления реструктуризации белорусских промышленных предприятий

Воронова Н.П., Макарова А.Н.

Белорусский национальный технический университет  
Белорусский государственный экономический университет

Современные проблемы промышленных предприятий отражают разрыв между реформированием макро- и микроэкономического уровней национальной экономической системы. Прежде всего, он проявляется в несогласованности целей субъектов этих уровней. Формирование новой модели предприятия требует существенных изменений принципов его функционирования, целей и свойств. Основной мотив трансформационных процессов — это создание постоянно действующего адаптационного механизма направленного на обеспечение устойчивой и прибыльной работы предприятия за счет высокой конкурентоспособности продукции и развития экспорта, высокой эффективности всех процессов. Средством проведения изменений в деятельности предприятия выступает реструктуризация.

Рассмотрим 2 актуальных направления реструктуризации с точки зрения стратегии предприятия: активную и пассивную. Активная реструктуризация фактически означает индивидуальный подход к каждому конкретному предприятию. Пассивная реструктуризация предполагает применение достаточно общих подходов, применимых ко всем предприятиям и способных принести быстрый краткосрочный эффект. Основные мероприятия в рамках пассивной реструктуризации:

- сокращение численности работающих;
- изменение структуры занятости;
- изменение организационной структуры;
- продажа/сдача в аренду ненужного/лишнего имущества;
- снятие с производства нерентабельной продукции.

Основные мероприятия по активной реструктуризации:

- новые формы продвижения товара;
- привлечение внешних инвесторов;
- внедрение новых технологий производства;
- нахождение новых сегментов рынка;
- изменение системы оплаты и мотивации персонала;
- повышение качества продукции.

Процесс реструктуризации белорусских промышленных предприятий сложный, долговременный и требующий учёта множества факторов. Однако, чем быстрее и интенсивнее он будет протекать, тем больше появится стимулов для роста и развития национальной экономики.

**Содержательная преемственность в обучении как составляющая часть образовательного процесса учащихся и студентов**

Ревтович В.Н., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

Проблема преемственности в обучении связана с задачами реализации внутри- и межпредметных связей, с трактовкой основных понятий предметного поля, последовательностью изложения учебного материала, уровнями возрастания его сложности, с поиском оптимальных форм и методов организации учебного процесса на разных образовательных этапах. Преемственность в процессе обучения имеет два основных вида: содержательная и учебно-операционная. Осуществление преемственности в обучении зависит от успешности реализации её видов. Усиление взаимосвязи и координации между компонентами, составляющими учебный процесс с одной стороны и развитие каждого из них как относительно автономного в решении своих внутренних задач (совершенствование структуры, целей, задач, содержания) с другой, служит неотъемлемой частью выполнения указанного явления. Преемственность и взаимосвязь между составными частями учебно-воспитательного процесса должны быть выдержаны не только по вертикали, но и по горизонтали. Преемственность по вертикали представляет собой продвижение учащихся от одного этапа системы образования к другому по двум направлениям: сверху вниз, т. е. опора нового в содержании, формах и методах обучения на уже достигнутое на предыдущем этапе; снизу вверх - ориентация содержания, форм и методов на последующее обучение. Структура содержания учебного материала позволяет расчленить его на простейшие структурные элементы, между которыми существуют причинно-следственные связи.

Основными логическими линиями связи между структурными элементами содержания учебного материала являются:

- определение значимости понятий в структуре учебного материала и выделение из них главных, опорных и установление связи между ними;
- установление логической последовательности содержания учебных дисциплин;
- расчленение учебного материала на относительно законченные отрезки (или внутри одной темы, или объединение нескольких тем) и объединение их в логически связанную цепь занятий;
- определение для каждого отрезка учебного материала дидактической цели, которую необходимо реализовать при его изучении.

Анализ этих связей, определение логических линий между ними способствует решению проблемы преемственности содержания обучения.

Ревтович В.Н., Холтобина Н.И., Чернявская С.В.  
Белорусский национальный технический университет

Решению нестандартных задач в средней школе посвящено большое количество литературы, однако тема эта неисчерпаема. Она по-прежнему вызывает многочисленные вопросы, интересна как учителям, которые готовят школьников к олимпиадам, так и самим учащимся.

Мы рассматриваем методы решения алгебраических задач, которые можно интерпретировать геометрически. Например, системы алгебраических уравнений, неравенства, задачи на нахождение наибольшего или наименьшего значения выражения, которые затруднительно решить классическими методами, хотя такие решения возможны.

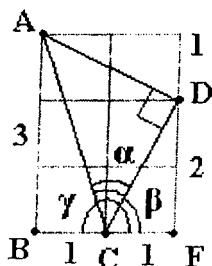
Суть геометрического подхода состоит в замене алгебраического объекта его геометрическим аналогом.

В качестве примера приведем задание по нахождению суммы трех арктангенсов. Алгебраическое решение задачи достаточно громоздкое. Использование геометрической интерпретации позволяет решить задачу гораздо быстрее, практически устно, т. к. иллюстрирует ее наглядно. Основная идея здесь состоит в удачной компоновке нескольких прямоугольных треугольников в одной фигуре.

Пример. Вычислить значение выражения  $\arctg 1 + \arctg 2 + \arctg 3$ .

Решение:

Пусть  $\arctg 1 = \alpha$ ;  $\arctg 2 = \beta$ ;  $\arctg 3 = \gamma$ . Рассмотрим следующую геометрическую интерпретацию задачи. Рассмотрим три треугольника, составленные в единую фигуру так, как оказано на рисунке.



Так как  $AC = \sqrt{10}$ ;  $AD = CD = \sqrt{5}$ ,

то  $AD^2 + CD^2 = AC^2$  и треугольник  $ACD$  прямоугольный и равнобедренный.

Поэтому угол  $ACD = 45^\circ = \alpha$ . Из рисунка следует, что  $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ .

Ответ:  $180^\circ$ .

В заключение отметим, что рассмотренный пример иллюстрирует лишь один из возможных геометрических подходов к решению алгебраических задач. Отыскание решения нестандартной задачи - процесс непростой, требующий не только серьезных знаний курса школьной математики, но и умения правильно распорядиться ими в непривычной ситуации.

Рациональный подход к решению тестовых заданий по теме  
 “Динамика вращательного движения”.

Чертина М.И., Развина Т.И.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время значительная часть школьников испытывает трудности при выполнении заданий централизованного тестирования. Поскольку альтернативы централизованному тестированию не предвидится, то умение систематизировать, выделять общие закономерности и решать достаточно сложные задачи изящно и рационально приобретает большое значение.

При движении материальной точки по окружности радиусом  $R$  с линейной скоростью  $v$  результирующая всех сил, действующих на точку, направлена к центру окружности и сообщает точке центростремительное ускорение  $\vec{a}_n$ , равное  $a_n = v^2 / R$ .

Один из примеров вывода этого соотношения следующий. За малое время  $\Delta t$  радиус-вектор, соединяющий центр окружности с точкой на ней, поворачивается на угол  $\Delta\varphi$ , а точка перемещается по дуге, длина которой  $\Delta l = R\Delta\varphi$ . Скорость этого перемещения  $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} R \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = R\omega$ . За это же время  $\Delta t$  вектор скорости  $\vec{v}$  поворачивается на такой же угол  $\Delta\varphi$ . Изменение скорости  $\Delta v = v\Delta\varphi$ . Быстрота изменения вектора скорости является центростремительным ускорением  $\vec{a}_n$ .

При рассмотрении сил, действующих на точку (тело), следует чётко помнить их направления: сила тяжести  $m\vec{g}$  направлена вертикально вниз; сила реакции опоры  $\vec{N}$  - перпендикулярна опоре; сила натяжения нити  $\vec{F}_n$  - вдоль оси подвеса, сила упругости  $\vec{F}_{уп}$  - противоположно возникающей деформации; сила трения (сопротивления)  $\vec{F}_{тр}$  ( $\vec{F}_c$ ) - противоположно направлению возможного движения.

Так как центростремительное ускорение  $\vec{a}_n$  всегда направлено к центру окружности, по которой происходит движение точки (тела), направление одной из осей выбирают вдоль направления ускорения, а вторую ось (если есть необходимость) направляют перпендикулярно ей. Далее рассматриваются проекции действующих сил на выбранные оси.

В работе представлена систематизация и алгоритм решения задач по данной теме.

## Решение уравнений второй степени с тремя неизвестными

Егорова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Геометрически решение уравнения  $x^2 + y^2 = z^2$  можно истолковать как нахождение всех пифагоровых треугольников, т.е. прямоугольных треугольников, у которых и катеты  $x, y$  и гипотенуза  $z$  выражаются целыми числами.

Пример. Найти все решения уравнения  $x^2 + 2y^2 = z^2$ , в целых положительных попарно взаимно простых числах  $x, y$  и  $z$ .

Решение. Заметим, что если  $x, y$  и  $z$  есть решение данного уравнения и  $x, y$  и  $z$  не имеют общего делителя, отличного от 1, то они и попарно взаимно просты.

Если  $x$  и  $y$  кратны простому числу  $p > 2$ , то из уравнения

$$\left(\frac{x}{p}\right)^2 + 2\left(\frac{y}{p}\right)^2 = \left(\frac{z}{p}\right)^2 \text{ следует, что } z \text{ кратно } p \text{ (т.к. его левая часть}$$

целое число).

То же самое будет, если  $x$  и  $z$  или  $y$  и  $z$  делятся на  $p$ . Число  $x$  должно быть числом нечётным для того, чтобы общий наибольший делитель  $x, y$  и  $z$  был равен 1.

Запишем уравнение в виде:

$$2y^2 = z^2 - x^2 = (z+x)(z-x).$$

Но  $z+x$  и  $z-x$  имеют общим наибольшим делителем 2. Поэтому, или числа  $z+x$  и  $\frac{z-x}{2}$  взаимно просты, или взаимно просты числа  $\frac{z+x}{2}$  и

$z-x$ . В первом случае из равенства  $(z+x) \cdot \frac{z-x}{2} = y^2$  следует, что

$$z+x = n^2 z - x = m^2, \text{ а во втором случае из равенства } \frac{z+x}{2} (z-x) = y^2$$

следует  $z+x = 2m^2 z + x = n^2$ , где  $n$  и  $m$  — целые,  $m$  — нечётное число и  $n, m > 0$ .

Общие формулы, дающие все решения уравнения в целых положительных без общего делителя, большего 1, числах  $x, y$  и  $z$ :  $x = \pm(a^2 - 2b^2)$ ,  $y = 2ab$ ,  $z = a^2 + 2b^2$ , где  $a$  и  $b$  положительны, взаимно просты и  $a$  нечётно. При этих условиях величины  $a$  и  $b$  выбираются произвольно, но так, чтобы  $x$  было положительно.

## Использование отношений площадей треугольников при решении задач

Ковалёнок Н. В. Пинчукова С. П.

Белорусский национальный технический университет

Основная трудность в современном образовании состоит в разрешении противоречия между достаточно быстрым темпом приращения знаний и возможностями учащихся по их усвоению. Поэтому учитель должен стремиться, в каждом разделе выделить ключевые моменты темы и опорные задачи, охватывающие данную тему.

В геометрии существует ряд задач, при решении которых целесообразно использовать свойства и отношения площадей треугольников.

Перечислим некоторые из них:

- a) У треугольников с общей высотой (с равной высотой) площади относятся как стороны, к которым проведены данные высоты.
- b) У треугольников с общей стороной (с равной стороной) площади относятся как высоты, проведенные к данным сторонам.
- c) У треугольников с общим углом (с равным углом) площади относятся как произведение сторон, прилежащих к этому углу.
- d) У подобных треугольников, площади относятся как коэффициент подобия в квадрате.

**Пример 1.** В треугольнике ABC на стороне AC взята точка D так, что  $AD:DC=1:5$ . В каком отношении точка N делит сторону BC, если отрезок DN делит площадь треугольника ABC на две равные части?

**Решение.** Используем утверждение (c):  $\frac{S_{ABC}}{S_{DCN}} = \frac{AC \cdot CB}{DC \cdot CN}$ .

По условию задачи  $\frac{S_{ABC}}{S_{DCN}} = \frac{6A \cdot CB}{5k \cdot CN} = \frac{2}{1}$ ;  $\frac{CB}{CN} = \frac{2 \cdot 5}{1 \cdot 6} = \frac{5}{3}$ ; т. е.  $CN:NB=3:2$ .

**Пример 2.** На сторонах AB, BC, AD параллелограмма ABCD взяты соответственно точки K, M, T так, что  $AK:KB=2:1$ ,  $BM:MC=1:1$ ,  $AT:TD=1:3$ . Найдите отношение площадей треугольников KBT и BMT.

**Решение.** Рассмотрим  $\triangle ATB$  и  $\triangle KTB$ . Используем (a):  $\frac{S_{ATB}}{S_{KTB}} = \frac{1}{2}$ .

Рассмотрим  $\triangle ATB$  и  $\triangle BTM$ .

Используем (a):  $\frac{S_{ATB}}{S_{BTM}} = \frac{1}{2} > \frac{S_{KTB}}{S_{BTM}} = \frac{1}{2 \cdot 3} = \frac{1}{6}$ .

Задачи с использованием свойств площадей, являются наиболее трудными для учащихся и абитуриентов.

## Использование дополнительных построений при решении геометрических задач

Пинчукова С.П., Шмерко Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Существует ряд геометрических задач, при решении которых начертанный первоначально чертеж в процессе решения задачи может дополняться новыми линиями. Дополнительные построения иногда приводят к появлению геометрических фигур, использование свойств которых облегчает решение задач.

**Задача 1.** В треугольнике  $ABC$  на стороне  $AC$  взята точка  $D$  такая, что  $AD=2/5 AC$ , а на стороне  $BC$  – точка  $F$  такая, что  $BF=1/3 BC$ . Отрезки  $BD$  и  $AF$  пересекаются в точке  $O$ . Найти  $AO/OF$ .

**Решение.** Проведём через точку  $A$  прямую  $m$ , параллельную  $BC$ .

$m \cap BD = K$ . Пусть  $BF = x$ ,  $BC = 3x$ ,  $FC = 2x$ ,

$AD = 2y$ ,  $AC = 5y$ ,  $DC = 3y$ .

Из подобия  $\triangle ADK$  и  $\triangle FBO$  следует, что  $\frac{AK}{BC} = \frac{AD}{DC}$ ,

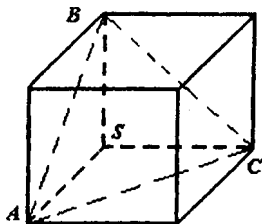
откуда  $AK = \frac{3x \cdot 2y}{3y} = 3x$ .

Из подобия  $\triangle AKO$  и  $\triangle FBO$  получаем  $\frac{AO}{OF} = \frac{AK}{BF} = \frac{2x}{x} = 2$ .

Ответ: 2.

**Задача 2.** В треугольной пирамиде  $SABC$  ребра  $SA$ ,  $SB$  и  $SC$  взаимно перпендикулярны. Найти радиус шара, описанного около этой пирамиды, если  $SA = 6$ ,  $SB = 2$ ,  $SC = 3$ .

**Решение.** Достроим пирамиду до прямоугольного параллелепипеда.



Шар, описанный около пирамиды, будет описанным и для параллелепипеда. Радиус шара, описанного около прямоугольного параллелепипеда равен половине его диагонали:

$$R = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2}\sqrt{SA^2 + SB^2 + SC^2} = \frac{1}{2}\sqrt{36 + 4 + 9} = 3,5.$$

Ответ: 3,5.

Метод дополнительных построений развивает у учащихся пространственное воображение, требует знаний свойств геометрических фигур.

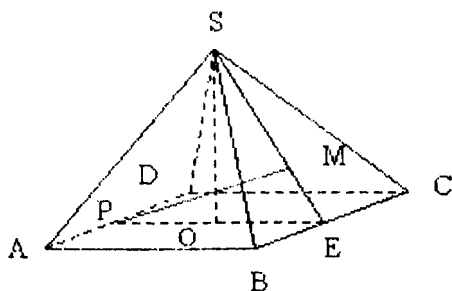
## Расстояние между скрещивающимися прямыми

Лях А. С.

Лицей Белорусского национального технического университета

1. Расстояние между скрещивающимися прямыми равно длине их общего перпендикуляра.

2. Расстояние между скрещивающимися прямыми равно расстоянию от одной прямой до плоскости, содержащей вторую прямую и параллельной первой.



3. Расстояние между скрещивающимися прямыми равно расстоянию между параллельными плоскостями, проходящими через данные прямые.

4. Метод проекций: 1. Выбираем плоскость, перпендикулярную одной из скрещивающихся прямых. 2. Проецируем каждую прямую на эту плоскость.

3. Расстояние между проекциями будет расстоянием между скрещивающимися прямыми.

**ЗАДАЧА.** В основании пирамиды  $SABCD$  лежит прямоугольник,  $BC = a$ ,  $DC = b$ , боковые ребра равны  $c$ ,  $O = AC \cap BD$ ,  $SO$  – высота пирамиды. Найти расстояние между ребрами  $AD$  и  $SC$ .

**РЕШЕНИЕ.**  $EC = 0,5a$  и  $SE^2 = c^2 - 0,25a^2$ .

Из прямоугольного треугольника  $SOE$  следует, что  $SO^2 = SE^2 - OE^2$ ,  $SO^2 = c^2 - 0,25a^2 - 0,25b^2$ . Из этого же треугольника и определения синуса для

острого угла следует, что  $\sin \angle SEO = \frac{\sqrt{4c^2 - a^2} \cdot b^2}{4c^2 - a^2}$ . Из прямоугольного

треугольника  $PME$  и определения синуса для острого угла следует, что

$$PM = PE \sin \angle SEO, \text{ тогда } PM = b \sqrt{\frac{4c^2 - a^2 - b^2}{4c^2 - a^2}}.$$

5. Метод объемов: 1. Построить пирамиду, в которой высота, опущенная из вершины этой пирамиды на плоскость основания, является искомым расстоянием между двумя скрещивающимися прямыми.

2. Найти объем этой пирамиды двумя способами и вычислить из полученного равенства высоту.



## Электронные средства обучения и реальный физический эксперимент

Горбачевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

Методика обучения физике, как любая другая наука, нуждается в постоянном обновлении, поиске, решении задач, поставленных обществом перед школой. Современный педагогический процесс находится на очередной стадии своего развития. Наряду с традиционным реальным образованием присутствует информационно-виртуальное образование.

А как образовавшийся симбиоз реального и виртуального образования будет влиять на развитие личности, мировоззрения, способностей, таланта? Может отказаться от традиционного образования и все перестроить в современном ракурсе?

Полагаю, что нужен разумный симбиоз двух стилей.

На мой взгляд, в современном образовательном пространстве наступил момент, позволяющий создать условия для проявления дремлющих феноменальных и не только таковых способностей человека.

С одной стороны: традиционная работа в реальной обстановке, с реальными предметами позволит воспитать обучающегося с необходимым мировоззрением.

С другой стороны, используя ЭВМ можно мысленные образы визуализировать. Визуализация мысленных образов будет являться тем толчком, который разбудит дремлющие, скрытые способности учащихся.

В комплексе, предлагаемую учебно-воспитательную работу, я представляю в виде методико-технологической карты.

### *Методико-технологическая карта*

1 этап. Проведение наблюдения за физическим явлением.

2 этап. Разработка конструкции прибора и подбор необходимых материалов.

3 этап. Изготовление, испытание, доработка прибора.

Такой подход в преподавании физики будет способствовать решению директив №3 и №4 Президента Республики Беларусь.

Такой подход в преподавании физики будет способствовать решению директив Президента Республики Беларусь (директива №3. «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства», директива №4. «О стимулировании деловой активности в Республике Беларусь »).

Представленная методика используется учителями Республики Беларусь, Украины, России, Польши .

## Уравнения с двумя переменными (диофантовы уравнения)

Юрковец Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Простейшим видом уравнений в целых числах являются уравнения вида  $ax + by = c$  (1), где  $a, b, c$  - заданные целые числа,  $a \geq b > 0$ .

Теорема 1. Уравнение  $ax + by = c$  разрешимо в целых числах тогда и только тогда, когда НОД( $a, b$ ) делит число  $c$ .

Теорема 2. Если числа  $a$  и  $b$  взаимно простые, то уравнение  $ax + by = 1$  (2) имеет решение в целых числах.

Правило. Напишем в таблицу две строки  $(1; 0; a)$  и  $(0; 1; b)$ , соответствующие уравнениям  $ax + by = a$  и  $ax + by = b$ .

Числа, записываемые в этой строке в столбцах неизвестных, дают решение уравнения  $ax + by = 1$  (2). Их мы будем записывать  $x_0$  и  $y_0$ .

Тогда числа  $x_1 = c \cdot x_0$  и  $y_1 = c \cdot y_0$  будут одним из решений уравнения  $ax + by = c$  (1), где  $a$  и  $b$  взаимно простые.

В общем случае: если  $(x_1; y_1)$  - некоторое решение уравнения (1), то для каждого целого  $n$  пары  $\begin{cases} x = x_1 + bn \\ y = y_1 - an \end{cases}, n \in Z$  также будут решениями уравнения (1).

Пример. Решить уравнение  $11x + 25y = 10$  (1) в целых числах.

Решение. Перейдем к уравнению  $11x + 25y = 1$  (2).

q	x	y	г - остаток
	0	1	25
2	1	0	11
3	-2	1	3
1	7	-3	2
	-9	4	1
	$x_0 = -9$	$y_0 = 4$	Решение уравнения (2)
	$x_1 = x_0 \cdot 10 = -90$	$y_1 = y_0 \cdot 10 = 40$	Одно решение уравнения (1)
Все решения уравнения (1) имеют вид $\begin{cases} x = -90 + 25n \\ y = 40 - 11n \end{cases}; n \in Z.$			

## Графический метод решения по определению работы изменяющихся внешних сил, действующих на тело

Драпезо Л.И., Погудо Л.П.

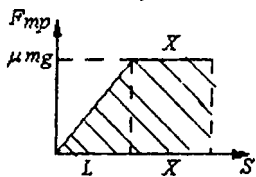
Белорусский национальный технический университет

Известно, что, если на тело действуют внешние силы, то работа этих сил равна изменению механической энергии.  $A = W_2 - W_1$

Но часто бывает, что действующая сила в процессе движения изменяется. В этом случае очень удобно применить графический метод решения задачи, используя то, что работа внешних сил численно равна площади фигуры под графиком зависимости силы от пройденного пути.

В качестве примера приводим решение задачи.

**Задача.** Однородный стержень длиной  $L = 2$  м, двигаясь вдоль своей длины по гладкой горизонтальной поверхности, начинает пересекать границу, за которой поверхность становится шероховатой с коэффициентом трения  $\mu = 0,2$ . Какое расстояние пройдет стержень с этого момента до остановки, если его начальная скорость была  $v = 3$  м/с?



**Решение.** По мере наезда стержня на поверхность, где начинает действовать сила трения, скорость тела начинает уменьшаться и, пройдя некоторое расстояние  $S$ , стержень остановится. Но дело в том, что по мере наезда стержня на поверхность сила трения возрастает. Когда стержень полностью окажется на шероховатой поверхности, сила трения окажется постоянной.

Нарисуем график зависимости силы трения от пути, пройденного стержнем по шероховатой поверхности.

Искомый путь  $S$ , пройденный стержнем равен  $S = L + x$ , где  $L$  — длина стержня,  $x$  — путь, который прошел стержень после полного наезда на поверхность до остановки.  $A_{тр} = W_2 - W_1$ , где  $A_{тр}$  — работа силы трения,

$W_2$  — кинетическая энергия стержня в момент остановки.  $W_1 = \frac{mv_0^2}{2}$  — кинетическая энергия в момент наезда.

$$A_{тр} = -\frac{L+x}{2} \mu mg \quad (\text{площадь фигуры под графиком})$$

$$\frac{L+2x}{2} \mu mg = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow L+2x = \frac{v_0^2}{\mu g} \Rightarrow x = \frac{v_0^2}{2\mu g} - \frac{L}{2}; \quad x = 1,25 \text{ м}$$

Искомое  $S = L + x = 2 + 1,25 = 3,25 \text{ м} = 325 \text{ см}$ .

Эту задачу можно было решить аналитическим методом. Но наиболее оптимальный способ решения при помощи графика.

**Вопросы преемственности лабораторной о практикума  
в системе школа-вуз**

Жарихина Л.П., Золотарева Л.Е.

Белорусский национальный технический университет

Лабораторный практикум составляет значительную часть курса физики, изучаемого как в средней школе, так и в вузе. Его целью является развитие у учащихся творческих и исследовательских навыков, а так же возможности более глубокого понимания законов физики.

Следует отметить общие проблемы лабораторного практикума характерные для школы и вуза, а именно: отсутствие самостоятельности в решении задач, поставленных в лабораторной работе; неумение пользоваться измерительными приборами; отсутствие навыков и умения обрабатывать полученные в результате эксперимента данные; делать правильные выводы на основании полученных результатов. Кроме того в школе и в вузе уделяется мало внимания математической обработке результатов и теории ошибок. Зачастую полученные результаты далеки от здравого смысла, а рассчитанная ошибка измерений может превышать сто процентов. Следует также обратить внимание на методику проведения лабораторных работ по некоторым разделам физики (в частности, по ядерной физике).

Использование компьютеров при выполнении лабораторных работ не должно заменять основного назначения лабораторного практикума, а именно, приобретение навыков пользования физическими приборами. Остается желать лучшего и материальная база, на которой проводятся лабораторные работы. Часто из-за отсутствия необходимого количества требуемого оборудования работа проводится преподавателем, а ученики только записывают данные под диктовку. Такие работы лучше перевести в разряд демонстрационного эксперимента.

Для улучшения качества выполнения лабораторных работ из программы следовало бы убрать часть лабораторных работ, которые дублируют друг друга, оставив только основные по данным разделам курса физики, одновременно увеличив время выполнения лабораторной работы (в школе для старших классов).

Учитывая, что те же законы физики в вузе изучаются уже на более углубленном теоретическом уровне, что сказывается и на уровне лабораторного практикума, следовало бы разработать учебные программы школьного и вузовского курса физики таким образом, чтобы лабораторные работы в вузе являлись логическим продолжением работ школьных, что способствовало бы более целостному восприятию физики как науки о законах окружающего нас мира.

**Методические аспекты темы  
«Сила трения в курсе средней школы»**

**Жарихина Л.П., Золотарева Л.Е.  
Белорусский национальный технический университет**

Многие школьники, поступающие в вузы, часто испытывают затруднения при решении задач по динамике, в которых действуют силы трения. В данной работе сделана попытка систематизировать и выделить общие закономерности при решении задач подобного типа, а также приведены задачи, при решении которых особенности силы трения играют существенную роль.

В работе рассмотрены основные особенности так называемого сухого трения – трения между двумя твердыми телами. Эти силы возникают всегда при непосредственном соприкосновении тел, направлены вдоль поверхности соприкосновения и действуют на каждое из соприкасающихся тел, причем действуют так, чтобы препятствовать движению одного тела относительно другого – если это силы трения скольжения, или так, чтобы препятствовать самому возникновению этого движения – если речь идет о силах трения покоя. Абсолютная величина силы трения скольжения зависит от вида трущихся поверхностей и силы нормального давления одного тела на другое. Сила же трения покоя всегда уравнивает все остальные силы, действующие на тело вдоль поверхности соприкосновения. Её абсолютная величина может принимать любые значения от нуля до максимального значения, которое обычно считают равным силе трения скольжения.

При решении задач прежде всего необходимо разобраться, с какими именно силами трения – покоя или скольжения – мы имеем дело. Следующим шагом при решении задачи является умение вычислять эти силы. При нахождении силы трения скольжения это практически сводится к умению находить силу нормального давления в различных случаях.

Разобранные задачи подобраны по циклам, а именно, тело находится на горизонтальной поверхности, на наклонной плоскости, на вращающейся поверхности. В каждом из циклов рассмотрены различные направления действующей на тело силы, и последующая задача является дополнением к предыдущей. Приведены примеры нахождения силы трения скольжения с использованием законов сохранения и изменения энергии.

Представлена графическая интерпретация полученных результатов. Такая методика рассмотрения сил трения позволяет учитывать уровень подготовки учащихся и оставляет возможность логического усложнения рассматриваемых задач.

## Использование теории графов для решения олимпиадных задач

Кленовская И.С., Якимович В.С.

Белорусский национальный технический университет

Решение олимпиадных задач принципиально отличается от решения школьных, даже очень сложных задач. Это обусловлено прежде всего выбором разделов, традиционно рассматриваемых на олимпиадах для школьников. Практически ни одна олимпиада не обходится без одного из важнейших разделов дискретной математики – теории графов.

Для решения задач можно не давать строгого определения графа как математического объекта. Вполне достаточно ввести понятие графа через вершины и ребра, понятие ориентированных или неориентированных графов, а также определить степень вершины.

Пример 1.

В деревне есть 15 телефонов, а АТС отсутствует. Можно ли телефоны соединить проводами так, чтобы каждый телефон был соединен ровно с пятью другими?

Решение. Предположим, что это возможно.

Рассмотрим граф, вершины которого соответствуют телефонам, а ребра - соединяющим их проводам. В этом графе 15 вершин, степень каждой из них равна пяти. Подсчитаем количество ребер в этом графе. Для этого сначала просуммируем степени всех его вершин. При таком подсчете каждое ребро учтено дважды. Поэтому число ребер графа должно быть равно  $\frac{15 \cdot 5}{2}$ . Но это число нецелое. Следовательно, такого графа не существует, а значит, задача решения не имеет.

Для подсчета числа ребер графа необходимо просуммировать степени вершин и полученный результат разделить на два. Следовательно, сумма степеней всех вершин графа должна быть четной.

Часто в решении задач используется тот факт, что число нечетных вершин любого графа – четно.

Пример 2 .

В классе 30 человек. Может ли быть так, что 9 из них имеют по 3 друга (в том классе), 11 – по 4 друга, а 10 – по 5 друзей.

Примечание. Если Петя друг Васи, то Вася – друг Пети.

Решение. Если бы это было возможно, то можно было бы нарисовать граф с 30 вершинами, 9 из которых имели бы степень 3; 11 – степень 4; 10 – степень 5. Однако у такого графа 19 нечетных вершин, что противоречит теореме.

## Задачи на движение по окружности

Ковалёнок Н.В. , Шмерко Л.М.

Белорусский национальный технический университет

При решении задач на движение по окружности необходимо учитывать: если тела движутся в разных направлениях, то при встрече их общий путь равен длине окружности;

если тела движутся в одном направлении, то в момент, когда одно тело догоняет второе, путь, которое прошло одно тело, отличается от пути другого на длину окружности.

Используем таблицу при решении задачи.

**Задача 1.** Две точки движутся в одном направлении по кругу радиусом  $120 \cdot \pi^{-1}$  м, причём вторая точка догоняет первую каждые 3 мин. Если они начнут двигаться одновременно из одной и той же точки навстречу друг другу, то встретятся через полторы минуты после начала движения. Найдите скорость (м/мин) первой точки.

**Решение.** Найдём длину окружности:  $l = 2 \cdot \pi \cdot 120 \cdot \pi^{-1} = 240$ .

Заполним таблицу по условию:

	S, м	v, м/мин	t, мин
Первая точка в одном направлении	3x	x	3
Вторая точка в одном направлении	3y	y	3
Первая точка в разном направлении	1,5x	x	1,5
Вторая точка в разном направлении	1,5y	y	1,5

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 3y - 3x = 240, \\ 1,5x + 1,5y = 240. \end{cases}$$

Умножим второе уравнение на 2 и вычтем из второго уравнения первое, получим  $6x = 240$ , откуда  $x = 40$ (м/мин).

Ответ: 40 м/мин.

**Задача 2.** Два велосипедиста двигаются по кругу в одном направлении»: первый со скоростью 400 м/мин, второй – со скоростью 300 м/мин, встречаясь каждые 15 мин. Найти длину окружности стадиона в метрах.

**Решение.** Расстояние между велосипедистами в момент встречи равно длине стадиона, то есть  $15(400-300)=1500$  (м).

Ответ: 1500 м.

Задачи такого вида можно использовать на факультативных занятиях по математике. Решение задач активизирует мышление учащихся, служит источником познавательного интереса к предмету.

# **Математика и приложения**



**Статистическое исследование психологической и практической готовности студентов к самостоятельной познавательной деятельности в вузе**

Адриянчик А. Н., Зубко О. Л.

Белорусский национальный технический университет

Цель исследования: раскрытие характера и возможности самостоятельной работы по математике как средства овладения студентами методами самостоятельной познавательной деятельности. Объект исследования: самостоятельная работа студентов в БНТУ г. Минск, на факультете информационных технологий и робототехники. Предмет исследования: овладение студентами методами самостоятельной познавательной деятельности в условиях целенаправленной организации самостоятельной работы по математике. Современное общество ставит перед высшей школой задачу подготовки специалиста знающего, мыслящего, умеющего самостоятельно добывать и применять знания на практике. Решение этой задачи осуществляется через поиск содержания, форм, методов и средств обучения, обеспечивающих более широкие возможности развития, саморазвития и самореализации личности. В этой связи особенно важно, чтобы студенты, овладевая знаниями и способами их добывания, осознавали, что самостоятельная работа призвана завершать задачи всех других видов учебной работы, ибо никакие знания не ставшие объектом собственной деятельности, не могут считаться подлинным достоянием личности. Нами был проведен психологический тест из 10 вопросов среди студентов I курса ФИТР БНТУ (контрольная выборка 100 человек). Интересно, что на вопросы, сколько времени вы уделяете самоподготовке в неделю и как, по-вашему, стоит ли уделять на самоподготовку к высшей математике дополнительное время? Большинство студентов ответили, что не уделяют совсем и скорее не стоит соответственно. Выводы: 1. Анализ вузовской практики обучения показал, что самостоятельная работа студентов по математике еще не заняла ведущего места в системе профессиональной подготовки специалиста. 2. Организация процесса развития познавательной самостоятельности студента должна представлять собой объемную модель, включающую преподавателя, студента, содержание, формы, методы и средства обучения. 3. Самостоятельная работа должна обеспечивать накопление студентами не только знаний, но и фонда общих приемов, умений, способов умственного труда, посредством которых усваиваются знания. При этом особая роль принадлежит активности познающего субъекта.

**О пособии**  
**«Основы высшей математики»**

Гусак А. А., Бричкова Е. А.  
Белорусский государственный университет  
Белорусский национальный технический университет

В 2012 году в издательстве «ТетраСистемс» было издано пособие для студентов А. А. Гусак, Е. А. Бричкова «Основы высшей математики».

Пособие состоит из 10 разделов: линейная алгебра, аналитическая геометрия, введение в анализ, дифференциальное исчисление функций одной переменной, интегральное исчисление функций одной переменной, ряды, дифференциальные уравнения, дифференциальное исчисление функций нескольких переменных, теория вероятностей, математическая статистика.

Некоторые разделы подразделяются на главы, всего пособие содержит 17 глав: матрицы и определители, системы линейных алгебраических уравнений, линии на плоскости, векторы, линии и поверхности в пространстве, функции и пределы, производные и дифференциалы, неопределённый интеграл, определённый интеграл и его приложения, ряды, дифференциальные уравнения, дифференциальное исчисление функций нескольких переменных, теория вероятностей, элементы математической статистики.

Каждая глава содержит от 2 до 5 параграфов. В параграфе приведены краткие теоретические сведения – основные понятия, формулы, уравнения, формулировки теорем, признаков. За теоретическим материалом следуют примеры решения типовых задач различной степени сложности, задачи для самостоятельного решения, ответы к ним, а к некоторым – указания. Всего пособие содержит 250 примеров с подробными решениями и 390 задач для самостоятельной работы. Изложение материала сопровождается иллюстрациями, всего пособие содержит 55 рисунков.

В конце пособия приложен список литературы и краткий биографический словарь, в котором сообщаются сведения о жизни и деятельности математиков, имена которых названы в пособии.

Пособие ориентировано на самостоятельную работу студентов как дневного, так и заочного отделений.

Цель пособия – помочь студенту самостоятельно подготовиться к выполнению контрольных работ, типовых расчётов, к сдаче зачётов и экзаменов.

**Литература**

1 Гусак, А. А. Основы высшей математики./А. А. Гусак, Е. А. Бричкова. Минск, ТетраСистемс, 2012. – 208 с.

**О подготовке списка рекомендуемой литературы  
по курсу «Математика»**

Бричикова Е.А., Катковская И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Математика является одной из базовых дисциплин, изучаемых студентами в техническом вузе. Правильной организации учебного процесса, важной составляющей которого является самостоятельная работа студентов, уделяется особое внимание, поскольку задача высшей школы не только учить, но и научить учиться, проявлять волю, упорство, настойчивость в приобретении знаний. Во время самостоятельной работы студент учится получать и применять новые знания, анализировать полученную информацию, развивать творческое мышление, тем самым готовя себя к будущей трудовой деятельности.

Самостоятельная работа студентов базируется на знаниях, полученных на лекционных и практических занятиях, а также на знаниях, которые студент получил и проанализировал самостоятельно. Для этого необходимо умение работать с различными источниками информации, в том числе и с литературой.

Курс «Математика» состоит из 15 разделов, по каждому из которых был составлен список рекомендуемой литературы. К этому списку студент может обратиться при самостоятельной работе над тем или иным вопросом курса. Для каждого раздела список литературы состоит из учебников и учебных пособий, рекомендуемых типовой учебной программой курса, дополнительной литературы, справочной литературы и учебно-методических пособий, разработанных и изданных преподавателями кафедры. Для студентов заочной формы обучения и список литературы по разделу включена соответствующая контрольная работа.

С литературой, рекомендуемой к использованию, студент может ознакомиться на странице кафедры «Высшая математика №1» сайта БНТУ.

Студентам первого курса литература выдается централизованно комплектами. Эти комплекты составляются с учетом рекомендаций кафедр. В связи с этим был подготовлен список литературы для библиотеки БНТУ. Список литературы для библиотеки содержит требуемую литературу для каждого из факультетов, на которых преподавание ведется кафедрой высшей математики №1, по семестрам. На основании этого первокурсники получают литературу по курсу «Математика».

**Дифференциальные операторы, связанные с обобщенными функциями Лежандра**

Вирченко Н.А.

НТУУ «КПИ» (г. Киев, Украина)

Как известно [1], обобщенные функции Лежандра I-го, II-го рода  $P_k^{m,n}(z), Q_k^{m,n}(z)$  удовлетворяют дифференциальному уравнению:

$$\frac{d}{dz} \left[ (1-z^2) \frac{du}{dz} \right] + \left[ k(k+1) - \frac{m^2}{2(1-z)} - \frac{n^2}{2(1+z)} \right] u = 0, \quad (1)$$

где  $k, m, n$  – комплексные в общем случае.

Введем дифференциальные операторы вида

$$M^+(k, m, n) R_k^{m,n}(z) = R_k^{m+1, n+1}(z), \quad (2)$$

$$M^-(k, m, n) R_k^{m,n}(z) = \left( k + \frac{m+n}{2} \right) \left( k - \frac{m+n}{2} + 1 \right) R_k^{m-1, n-1}(z), \quad (3)$$

где через  $R_k^{m,n}(z)$  обозначены функции  $P_k^{m,n}(z), Q_k^{m,n}(z)$ , подробнее:

$$M^+(k, m, n) = \sqrt{z^2 - 1} \frac{d}{dz} + \frac{(m+n)z + m - n}{2\sqrt{z^2 - 1}}, \quad (4)$$

$$M^-(k, m, n) = \sqrt{z^2 - 1} \frac{d}{dz} + \frac{(m+n)z + m - n}{2\sqrt{z^2 - 1}}. \quad (5)$$

Тогда уравнение (1) можно переписать в операторной форме:

$$M^-(k, m+1, n+1) M^+(k, m, n) R_k^{m,n}(z) = \left( k + \frac{m+n}{2} + 1 \right) \left( k - \frac{m+n}{2} \right) R_k^{m,n}(z). \quad (6)$$

Используя рекуррентные соотношения для  $R_k^{m,n}(z)$ , связь  $P_k^{m,n}(z)$  с  $Q_k^{m,n}(z)$ , можно получить операторные уравнения, что связывают нижние индексы обобщенных функций Лежандра.

Можно показать, как вышеподанные дифференциальные операторы используются для решения дифференциальных уравнений 1-го, 2-го порядков.

Литература

1. Kuipers, L., Meulenbeld, B. On the generalization of Legendre's associated differential equation // Proc. Konkl. Nederl. Akad. Wetens. A., 1957. – Т. 31, № 8, с. 117-120.

## Учет влияния нелинейновязкоупругих свойств ЭРС в виброзащитной системе

Воронович Г.К., Рейзина Г.Н., Коробко Е.В.

Белорусский национальный технический университет, ИТМО НАН Беларуси

При создании виброзащитных систем в качестве демпфера используются электрореологические суспензии (ЭРС). Они обладают ярко выраженными упругими, вязкими, релаксационными свойствами, которые могут существенно измениться при воздействии на них наложенного электрического поля как при стационарном воздействии, так и при изменяющейся величине напряженности электрического поля в режиме отслеживания динамических характеристик виброзащитного устройства. Указанные преимущества ЭРС и их использование заметно улучшают динамические характеристики колебательной системы (КС). Для математического моделирования КС необходимо указать реологическое уравнение состояния (РУС) ЭРС. Хорошей аппроксимацией экспериментальных данных по вязкости дисперсных систем, обладающих релаксационным эффектом, является следующая формула

$$\eta = \frac{\eta_0}{[1 + \lambda_0^2 \gamma^2]^p}, \quad p < 0,5.$$

$\lambda_0$  описывает характерное время релаксации МРС,  $\eta_0$  – ее эффективную вязкость. Анализ поведения упругой и вязкой составляющих ЭРС в зависимости от напряженности электрического поля показывает, что вязкая составляющая может возрасти в 1,7 раза, достигнув максимального значения при  $E = 0,3$  мВ/мм; а упругая составляющая – в 2, 5 раза при  $0 \leq E \leq 0,7$ . Кроме того, ранее проведенные численные исследования показали, что наибольший эффект демпфирования достигается в КС при использовании ЭРС, когда максимально проявляются ее вязкие свойства. Усиление упругих свойств жидкости ведет к уменьшению ее характерного времени релаксации. Это позволило предложить следующую зависимость вязкости и характерного времени релаксации в режиме отслеживания динамики колебательной системы

$$\text{ЭРС: } \eta_0 = \eta_0 (1 + 2,3E); \quad \lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{6}{7}E\right), \quad \text{где } E = \begin{cases} 0, & |X| \leq X_{\text{крит}}, \\ 0,3 & X_{\text{крит}} < |X| < X_{\text{пред}}. \end{cases}$$

Здесь  $X_{\text{крит}}$  – параметр смещения системы, при котором необходимо оперативное демпфирующее воздействие.  $X_{\text{пред}}$  задается, исходя из характеристик КС.

## Особенности изложения градиента во вуззе при выборе алгоритма оптимизации

Рейзина Г.Н., Воронович Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Разрабатывая инженерные методики расчета виброзащитных систем (ВС) на ПЭВМ, создавая экстремальные ВС, большое значение придается выбору стратегий поиска оптимальных решений. Поведение ВС описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений со своими особенностями (влияние помех, искажающих показатель качества, наличие ограничений) эффективность которой можно оценить лишь при конкретных условиях и свойствах.

Представляют интерес результаты сравнения эффективности использования методов поиска Гаусса-Зейделя, градиента и наискорейшего спуска для безинерционной системы.

Сравнивались два показателя: средние потери на поиск экстремума вблизи экстремума и среднее время движения к экстремуму в предположении, что начальная точка может находиться в любой точке пространства варьируемых параметров. Сравнение показало, что метод градиента обладает существенным преимуществом при движении к экстремуму из начальных точек. Далее исследования показали, что если число варьируемых параметров или управляющих воздействий меньше или равно 3, эффективнее метод градиента.

На примере оптимизации работы амортизатора ВС по  $\varphi$ -коэффициенту периодичности и  $P$ -моменту «излома» характеристики для гармонического возмущения с амплитудой 10 си, установлено, что на пятом шаге (при общем  $n = 26$ ) получены оптимальные значения. Конец оптимизации определяется заданной степенью уменьшения первоначального значения  $h(n)$ .

Таким образом, на основании изложенного, усвоение математических знаний по теме «Экстремум функции многих переменных, производная по направлению, градиент», приобретение умения их использования, овладение творческими особенностями постановки и решения прикладной задачи составляет математическую основу подготовки будущего инженера к творческой и исследовательской деятельности [1].

Г Воронович, Г.К., Рейзина, Г.Н Особенности формирования исследовательской деятельности в математическом образовании. – Мн., Республиканская НИК БГПУ «Творчество и исследовательская деятельность в математическом образовании», 2008.

**Методическое обеспечение самостоятельной работы студентов инженерно-технических специальностей**

Раевская Л.А., Яцкевич Т.С., Герасимова Е.А., Юринок В.И.  
Белорусский национальный технический университет

Обобщая опыт работы со студентами заочной формы обучения и проанализировав имеющиеся на кафедре высшей математики № 1 методические материалы по изучению дисциплины «Математика» в помощь студентам-заочникам, авторы пришли к выводу о необходимости издания пособий новой структуры для организации учебного процесса студентов заочной формы обучения. Дополнительным аргументом при издании таких пособий стало появление в учебных планах дисциплины цикла семестровых консультаций, которые можно организовать и как проведение консультационных занятий в семестре.

Авторами было предложено издание четырех пособий (по числу семестров) для организации самостоятельной и аудиторной (на консультациях и практических занятиях во время сессии) работы студентов-заочников инженерно-технических специальностей. Коллективом авторов подготовлена и сдана в печать первая часть методического пособия для обучения в I-м семестре I-го курса.

Пособие содержит общие рекомендации студенту заочной формы обучения по работе над курсом математики, программу курса I-го семестра обучения, а также рекомендуемую для изучения литературу.

Значительная часть пособия посвящена изложению теоретического материала курса – приведены основные понятия, определения, свойства теоремы по разделам дисциплины I-го семестра обучения. Материал представлен в удобной для восприятия студентами форме: основные определения, теоремы и формулы выделены набором, легко находятся и читаются. Теоретический материал комментируется большим числом подробно решенных типовых примеров.

Очевидным достоинством пособия является наличие главы, содержащей задания для самостоятельной работы студентов по всем разделам курса I-го семестра с ответами для самоконтроля. Эти задания могут быть использованы не только для самостоятельной работы студентов, но и на консультациях, проводимых в семестре. Заключительная часть пособия содержит 30 вариантов контрольной работы, предусмотренной учебным планом I-го семестра обучения.

Авторы считают, что издание такого пособия будет полезным для изучения курса математики и организации учебного процесса не только студентов заочной, но и дневной форм обучения.

## **О проведении консультаций для студентов первого курса заочной формы обучения**

Яцкевич Т.С., Раевская Л.А. Герасимова Е.А.  
Белорусский национальный технический университет

Последние два года учебный план по математике для студентов 1-го курса заочного факультета содержит достаточно большое число исполнительных консультаций – по 8 часов на каждую группу. Если в потоке 3 группы, то число консультаций составит уже 24 часа. Преподаватель вправе распорядиться этими часами по своему усмотрению. Авторы данной работы обобщили свой опыт такой работы и пришли к следующим выводам.

Во-первых, можно и лучше организовать тематические консультации. Для этого следует всю программу курса разделить на 3-4 большие части, и каждую консультацию посвятить отдельно взятой теме. При этом студентам на установочных лекциях заранее нужно объявить расписание и сроки проведения консультаций. Студент сам может выбрать нужную ему тему и посетить именно соответствующую ей консультацию.

Во-вторых, проведение такой тематической консультации предполагает следующую последовательность действий. Сначала преподаватель достаточно подробно (может, даже и с доказательствами) или кратко излагает теоретический материал, относящийся к теме занятия, сопровождая это изложение большим количеством примеров. Далее с участием всех студентов решаются задачи на доске. Заключительный этап – самостоятельное решение студентами заданий из семестровой контрольной работы. На этом этапе студенты получают консультацию и по прошлым темам, и по темам, которые ещё предстоит изучить.

В-третьих, по времени каждая консультация может длиться от 6 до 8 часов. Такая продолжительность позволяет и увеличить объём изучаемого материала, и сэкономить время студентов, затраченное на проезд.

В-четвёртых, время проведения консультаций должно быть удобным для студентов-заочников. Это могут быть субботние дни или вечерние часы в будни. Правда, здесь мы сталкиваемся с отсутствием свободных аудиторий.

Наш опыт показывает, что часть студентов с удовольствием и регулярно посещают такие консультации. Они помогают им освоить предмет в определённом объёме, выполнить самостоятельно контрольную работу и успешно сдать экзамен. Всё вышеперечисленное способствует повышению успеваемости студентов заочной формы обучения, делает получение высшего образования более доступным для них.



**Приведение поточечно управляемой системы с запаздыванием  
к системе с конечным спектром**

Метельский А.В., Карпук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим автономную дифференциально-разностную систему

$$\dot{x}(t) = (A_0 + A_1\lambda + \dots + A_m\lambda^m)x(t) + bu(t), \quad t > 0. \quad (1)$$

Здесь  $\lambda^i x(t) = x(t - ih)$  ( $0 < h$  – число),  $i = 0, 1, \dots$ ;  $b = e_n = \text{col}[0; \dots; 0; 1]$ .

Пусть система (1) поточечно управляема ( $A(\lambda) = \sum_{i=0}^m A_i \lambda^i = \|a_{ij}(\lambda)\|$ ):

$$\text{rank}[b, A(\lambda)b, \dots, A^{n-1}(\lambda)b] = n \quad \forall \lambda \in \dots, \quad (2)$$

где  $\dots$  – множество комплексных чисел. Замкнем систему (1) регулятором

$$u(t) = y_1(t) - (a_{n1}(\lambda)x_1(t) + \dots + a_{nn}(\lambda)x_n(t)), \quad y_1(t) = v_2(t), \dots, \quad (3)$$

$$\dot{y}_r(t) = [\tilde{f}_1(\lambda), \dots, \tilde{f}_n(\lambda)]x(t) + [\tilde{f}_{n+1}(\lambda), \dots, \tilde{f}_N(\lambda)]\bar{y}(t), \quad N = n + r.$$

Здесь  $\bar{y}(t) = \text{col}[y_1(t), \dots, y_r(t)]$ , если  $r \geq 1$ ;  $\bar{y}(t) = 0$ , если  $r = 0$ .

Обозначим  $\tilde{d}(p)$  – характеристический квазиполином системы (1), (3).

*Требуется выбрать в (3) полиномы  $\tilde{f}_i(\lambda)$ ,  $i = \overline{1, N}$ , так, чтобы  $\tilde{d}(p) = (p - p_1) \dots (p - p_N)$ , где  $\{p_i \in \dots, i = \overline{1, N}\}$  – некоторый конечный спектр системы (1), (3) (числа  $p_i$  входят в спектр сопряженными парами).*

Эту задачу называют задачей спектральной приводимости.

Запишем 
$$p^N + \alpha_1(\lambda)p^{N-1} + \dots + \alpha_N(\lambda) \quad (\alpha_i(\lambda) = 0, \quad i = \overline{n, N})$$

характеристический полином матрицы  $\bar{A}(\lambda)$  системы (1), (3), где

$\tilde{f}_i(\lambda) = 0, \quad i = \overline{1, N}$ . Пусть  $\bar{A}(\lambda)$  – матрица Фробениуса с последней строкой  $[-\alpha_N(\lambda), \dots, -\alpha_1(\lambda)]$ , тогда найдется полиномиальная матрица  $S(\lambda)$  такая, что  $\bar{A}(\lambda) = S^{-1}(\lambda)\bar{A}(\lambda)S(\lambda)$ ,  $S^{-1}(\lambda)e_N = e_N$ , кроме  $\{\lambda \in \dots \mid \det S(\lambda) = 0\}$ .

**Теорема.** *Для решения задачи спектральной приводимости достаточно коэффициенты  $\gamma_i \in \dots$  характеристического полинома  $\tilde{d}(p) = p^N + \gamma_1 p^{N-1} + \dots + \gamma_N$  системы (1), (3) выбрать так, чтобы элементы  $[\tilde{f}_1(\lambda), \dots, \tilde{f}_N(\lambda)] = [\alpha_N(\lambda) - \gamma_N, \dots, \alpha_1(\lambda) - \gamma_1]S^{-1}(\lambda)$  были полиномами. Предлагается алгоритм вычисления коэффициентов*

$i, i = \overline{1, N}$ , и тем самым – полиномиальных коэффициентов  $\tilde{f}_i(\lambda), i = \overline{1, N}$ , динамического регулятора (3), приводящего систему (1) к системе с конечным спектром.

УДК 512.81

## О некоторых свойствах определителей Гурвица

Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрены неприводимые представления  $\varphi: sl(r+1, C) \rightarrow sl(r)$ . Если  $G_\sigma$  – вещественная форма внутреннего типа алгебры  $sl(r+1, C)$ , то  $\varphi(G_\sigma) \subset su(p, q)$ .

Пусть  $\delta = p - q$ . В [1] были получены формулы для  $\delta$  в случае алгебры  $sp(2r, C)$ . Применим аналогичную технику для алгебры  $sl(r+1, C)$ . Вычисляя полученные определители Гурвица, получим формулы для  $\delta$ .

Например, для алгебры  $su(4, 1)$  получим (в обозначениях [2]):

$$F_{3,1} = h_4^2 + h_4 h_2 + h_2^2 - (h_3 + h_5 + h_1)(h_4 + h_1) + h_3 h_5 + h_3 h_1 + h_5 h_1,$$

что совпадает с [2].

Здесь  $h_i$  – функция от координат  $\lambda_i$  старшего веса  $\lambda$  и все отметки  $\lambda_i$  четные;

$$h_1 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 4; \quad h_2 = \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 3;$$

$$h_3 = \lambda_3 + \lambda_4 + 2; \quad h_4 = \lambda_4 + 1; \quad h_5 = 0.$$

Для алгебры  $su(4, 2)$  в случае четных отметок старшего веса получим:

$$F_{2,1} = h_2 + h_4 + h_6 - h_5 - h_3 - h_5.$$

Что также совпадает с [2]. Для любой такой алгебры  $\delta$  будет содержать в качестве сомножителя выражение вида  $F_{i,j}$ .

### Литература

1. Рудый, А.Н. Алгоритм Рауса и сигнатуры неприводимых представлений простых алгебр Ли. // Материалы 9-й Международной НТК «Наука – образованию, производству, экономике» БНТУ. – Минск, 2011. – т.3. с.295.
2. Patera, J., Sharp, R.T. Signatures of finite  $su(p, q)$  representations // J. Math.Phys. - 1984. V.25(7), P.2128-2131.

Карпук С.А., Габасова О.Р.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях обучения во вузах, когда сокращается количество аудиторных часов изучения фундаментальных дисциплин, таких как физика и математика, важную роль приобретает самостоятельная работа студентов и, впоследствии, ее оценка. И здесь на первый план выходят типовые расчеты или индивидуальные домашние задания, различные виды тестов, промежуточные экзамены (коллоквиумы). Проведение контроля знаний можно осуществлять в разной форме. Одной из них являются тесты. Тесты подготовлены по всем разделам курса «Математика» для 1 и 2 курсов. Кроме задач они включают в себя несложные теоретические вопросы. Т.е. студенты, которые хотя и успешно справились с заданиями теста в обязательном порядке изучают и теоретические вопросы. Те из них, кто успешно справляются с тестами в течение семестра, также успешно сдают итоговой экзамен.

Типовой расчет является необходимым, а порой и достаточным условием успешной сдачи экзамена. Он выдается в начале семестра и может охватывать либо один раздел математики, изучаемой в семестре, либо все разделы. Преподаватель в праве потребовать «защитить» типовой расчет, т.е. предложить студенту решить задачи, аналогичные его варианту. Если студент выполнял работу самостоятельно, то он без труда докажет свою состоятельность.

Особенно важную роль подобные работы играют в адаптации первокурсников в рамках совершенно нового, отличного от школьного процесса обучения. Когда по результатам промежуточного контроля знаний студент получает «допуск» или «не допуск» к следующему этапу обучения, он вынужден прилагать усилия в течение семестра и таким образом подготовиться к первой сессии, которая часто становится последней, т. к. студент не может верно оценить свои силы. На коллоквиумах и тестах, первокурсники учатся излагать свои мысли и записывать решения в том виде, который приемлем для вуза, что также позволит им успешно сдать, непривычную для них по форме сессию.

Типовые расчеты крайне важны для развития у студента такого навыка, как «умение задавать вопрос». Часто студент не понимает рассматриваемый материал, но не в состоянии сформулировать, что именно ему не понятно. Выполнение заданий самостоятельно позволяют студенту отследить, какой именно этап решения ему не понятен и даст возможность корректно задать вопрос преподавателю.

## Оптимизация многомерной системы управления с интервальными ограничениями

Магвесева Л.Д.

Белорусский национальный технический университет

В работе разработан прямой точный релаксационный метод решения задачи оптимизации линейной нестационарной системы с многомерным управлением и подвижным концом:

$$\begin{aligned} J(u) = c'x(t_*) \rightarrow \max, \quad x = A(t)x + B(t)u, \quad t \in T = [t_0, t_*], \\ x(t_0) = Gz, \quad f_* < z < f^*, \quad g_* \leq Hx(t_*) \leq g^*, \quad |u_i(t)| \leq 1, \quad i = \bar{1}, r, \quad t \in T. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t))$ ,  $t \in T$  — вектор управляющих воздействий.

Задача (1) эквивалентна задаче линейного программирования с интервальными ограничениями в функциональном пространстве:

$$\begin{aligned} J(v) = h'z + \int_{t_0}^{t_*} c'(t)u(t) dt \rightarrow \max_{z, u(t), t \in T}, \\ g_* \leq Dz + \int_{t_0}^{t_*} P(t)u(t) dt \leq g^*, \quad |u_i(t)| \leq 1, \quad i = \bar{1}, r, \quad t \in T, \quad f_* < z < f^*. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь

$$P'(t) = Q(t) \cdot B(t), \quad c'(t) = f'(t) \cdot B(t), \quad t \in T, \quad D = Q(t_0) \cdot G, \quad h = f'(t_0) \cdot G,$$

$P(t), Q(t)$  — решения систем  $f' = -A'(t) \cdot f$ ,  $f(t_*) = c$ ;  $Q = -Q \cdot A(t)$ ,  $Q(t_0) = H$ . Совокупность  $v = (z, u)$  — управление. Для задачи (2) вводятся понятия опоры и опорного управления.

Сформулированы и доказаны критерии оптимальности и  $\partial$ -оптимальности. В случае если для начального опорного управления эти критерии не выполняются, предлагается итерация по улучшению опорного управления, которая состоит из двух частей: замены управления и замены опоры.

Заключительным этапом метода является процедура доводки, позволяющая строить базисное оптимальное управление.

Для решения конечномерной задачи линейного программирования, полученной из (2) с помощью специального сужения класса управляющих воздействий, используются конструктивные методы оптимизации.

**О вычислении повторных интегралов с ядрами Коши**

Мелешко И.Н.

Белорусский национальный технический университет

В теории сингулярных интегральных уравнений важную роль играет формула Пуанкаре-Бертрана:

$$\int_L \frac{dt}{t-t_0} \int_L \frac{\varphi(t,\tau)d\tau}{\tau-t} = -\pi^2 \varphi(t_0, t_0) + \int_L d\tau \int_L \frac{\varphi(t,\tau)d\tau}{(t-t_0)(\tau-t)}, \quad (1)$$

где  $L$  – кусочно-гладкая линия, а  $\varphi(t, \tau)$  – функция двух точек  $t, \tau$  этой линии, удовлетворяющая определенным условиям (см., например, широко известные монографии Ф.Д.Гахова и Н.И.Мухелишвили по крайевым задачам и сингулярным интегральным уравнениям).

Формулу (1) называют еще формулой перестановки порядка интегрирования в повторном интеграле с ядрами Коши. Если  $z$  – точки плоскости, не расположенная на  $L$ , то

$$\int_L \frac{dt}{t-z} \int_L \frac{\varphi(t,\tau)d\tau}{\tau-t} = \int_L d\tau \int_L \frac{\varphi(t,\tau)d\tau}{(t-z)(\tau-t)}. \quad (2)$$

При регуляризации сингулярных интегральных уравнений по разомкнутому контуру, при нахождении последовательных приближений и итерационных методах для таких уравнений, а также при конструировании решений некоторых крайевых задач теории аналитических функций в замкнутом виде приходится иметь дело с интегралами, которые могут быть представлены в виде:

$$\frac{1}{\pi^2 i} \int_{-1}^1 \frac{\varphi(t)dt}{t-z} \int_{-1}^1 \frac{f(\tau)}{\tau-t} d\tau, \quad z \notin [-1, 1], \quad \frac{1}{\pi^2} \int_{-1}^1 \frac{\varphi(t)dt}{t-x} \int_{-1}^1 \frac{f(\tau)}{\tau-t} d\tau, \quad x \in (-1, 1), \quad (3)$$

где  $\varphi(t)$  и  $f(\tau)$  – некоторые заданные действительные функции, удовлетворяющие определенным условиям на отрезке  $[-1, 1]$  действительной оси.

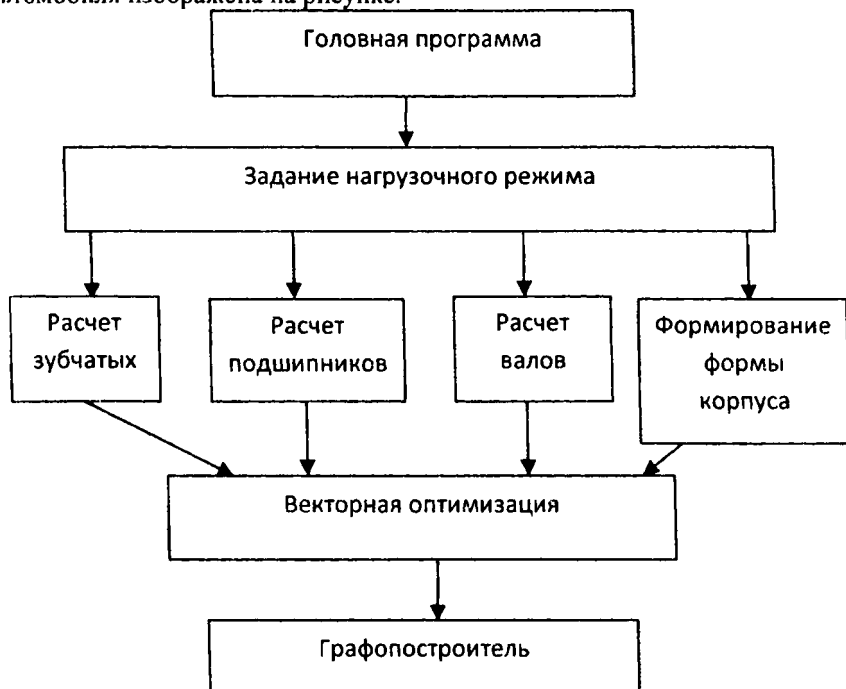
С помощью формул перестановки порядка интегрирования (1), (2) строятся формулы для вычисления повторных интегралов (3) в случае, когда  $\varphi(t)$  – некоторая весовая функция. При этом применяются известные точные и приближенные методы вычисления сингулярного интеграла  $\int_{-1}^1 \frac{f(\tau)}{\tau-t} d\tau, \quad t \in (-1, 1)$ .

## Автоматизированное проектирование оптимальных автомобильных редукторов

Марцинкевич В.С.

Белорусский национальный технический университет

Предлагается методика расчета оптимальных параметров автомобильных редукторов, которую можно применять при автоматизированном проектировании. Структурная схема алгоритма автоматизированного проектирования оптимального редуктора автомобиля изображена на рисунке.



Структурная схема алгоритма автоматизированного проектирования оптимального редуктора автомобиля

Методика позволяет решать проблему не только сокращения сроков конструирования, но и обеспечения оптимальных по показателям надежности и материалоемкости редукторов. Таким образом, учитывается несколько критериев одновременно и выбираются критериальные ограничения с учетом возможности проектируемых редукторов.

**Компьютерные технологии в процессе обучения математике**

Марцинкевич В.С., Карпук С.А.

Белорусский национальный технический университет

В условиях рыночной экономики от специалистов с высшим техническим образованием требуется глубокая фундаментальная подготовка. Эта задача обеспечивается качеством учебного процесса. Поэтому требования к математической подготовке современного инженера возрастают. Для повышения уровня знаний студентов, по нашему мнению, необходимо интенсифицировать методику проведения практических занятий. С этой целью разработаны обучающе-контролирующие программы по отдельным темам курса математики, которые позволяют совершенствовать методику обучения и контроля знаний, активизируют самостоятельную учебно-познавательную и исследовательскую работу студентов. Компьютерный тестовый контроль имеет преимущества перед другими формами контроля, так как исключает субъективность, дает возможность одновременно тестировать всю группу и значительно сокращает время, отводимое на контроль знаний. Анализируя результаты тестирования, можно выявить наиболее трудно усваиваемые темы и произвести корректировку в учебном процессе. На основании компьютерной программы нами разработаны и внедрены тестирующие и обучающие материалы по отдельным темам высшей математики. Например, по теме «Дифференциальное исчисление функций одной переменной» подготовлен тестирующий модуль для проведения текущего и тематического контроля знаний студентов с выставлением оценки. Повторяющихся вариантов нет. Пусть, например, тестирующий модуль состоит из 7 заданий. Каждое задание в банке данных содержит, например, 30 задач. Число способов выбора задания равно  $30^7$ . Такой подход к формированию тестирующего модуля и контрольного варианта заставляет студента рассчитывать только на свои знания и более тщательно готовиться к контролю знаний. После решения варианта на экран выводится отчет о верно и неверно решенных заданиях. Результаты сохраняются в базе данных для преподавателя. Тестовые и контрольные задания подразделяются на несколько типов и преследуют разные цели, так как важно не столько усвоение готовых знаний, сколько умение различными способами получать новые знания и самое главное, это формирование положительного отношения студента к изучаемому предмету. Такая методика обучения и проведения контроля знаний студентов по математике активизирует их самостоятельную работу, что способствует повышению уровня подготовки будущих специалистов.

**О подготовке методических пособий для студентов втузов  
по математике**

Климович В.М.\*, Корчемко С.В.

Белорусский национальный технический университет\*

Военная академия Республики Беларусь

В последние годы результаты централизованного тестирования свидетельствуют о том, что многие выпускники средних учебных заведений имеют слабую подготовку по математике. В связи с этим, по нашему мнению, надо изменить требования к подготовке методических пособий по математике для студентов втузов. Нами предлагается следующая структура таких пособий. Методическое пособие должно быть подготовлено по конкретной теме. В нем надо привести перечень экзаменационных вопросов и список рекомендуемой учебной литературы. Экзаменационные вопросы должны соответствовать учебной программе. Обязательно ориентировать студентов на то, чтобы в процессе изучения математики они должны глубоко вникать в сущность всех новых понятий, определений и формулировок теорем. Изучение экзаменационных вопросов можно считать законченным лишь тогда, когда студент может безошибочно воспроизвести все содержащиеся в этом вопросе определения, формулы и теоремы с их доказательствами (если они предусмотрены учебной программой). Только после этого рекомендовать переходить к следующему вопросу. Это будет способствовать развитию у студентов точного научного мышления и, в частности, повышению уровня логического мышления и математической культуры. После каждого изученного экзаменационного вопроса разобрать решение примера или задачи, которые имеются в учебных пособиях из приведенного списка литературы. Те вопросы, которые для студентов представляют трудность при подготовке к экзамену, в пособии надо изложить с выводами и доказательствами и привести примеры или задачи. В пособие надо включить характерные задачи для самоконтроля, с указанием ответов, по всем вопросам темы. Следует обратить внимание студентов на те типы задач, которые на экзамене они плохо решают, привести несколько таких задач с подробными решениями. Полезно рассмотреть задачи комплексного характера и изложить методику их решения. Считаем, что методическое пособие по математике, подготовленное с учетом наших рекомендаций, будет способствовать развитию творческих способностей студентов и активизации их самостоятельной работы. Студент, обладающий навыками самостоятельной работы, активнее и глубже усваивает учебный материал, оказывается лучше подготовленным к творческому труду, к самообразованию и продолжению учебы.



## Алгоритм решения задачи оптимизации структуры и состава системы централизованного теплоснабжения

Корзников А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Задача модернизации существующих систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) является актуальной в современных условиях. Особенно сложной проблемой она является для крупных городов с плотной застройкой и разветвленной системой тепловых сетей.

Математической моделью СЦТ может служить граф, множеством вершин которого  $V$  являются теплоисточники (источники), тепловые подстанции распределения и потребления тепловой энергии (стоки), а множеству его дуг  $U$  соответствуют тепломагистралы, связывающие эти объекты. Каждому теплоисточнику  $i, i = \overline{1, m}$  поставлено в соответствие число  $a_i$  – мощность источника, а потребителю  $b_j, j = \overline{1, n}$  – потребность  $j$ -го потребителя. Кроме того, известна пропускная способность каждой тепломагистралы. При увеличении потребности каждого потребителя на заданную величину  $\delta_j, j = \overline{1, n}$  возникает задача модернизации СЦТ, с целью обеспечения возросшей потребности. При этом решение этой задачи связано с материальными затратами, необходимыми для увеличения мощностей тепловых источников и пропускных способностей тепломагистралей. Задача заключается в модернизации (синтезе) новой СЦТ, которая обеспечит возросшую потребность с минимальными затратами, если известны затраты  $c_{ij}, c_i$  связанные с увеличением пропускной способности дуги  $(i, j) \in U$  и мощности источника  $i$  на условную единицу.

В работе разработан алгоритм решения сформулированной выше задачи. В основу алгоритма положены тернарные операции [1], которые осуществляются над элементами матрицы  $C^* = \left\| c_{ij}^* \right\|$ , где  $c_{ij}^*$  модифицированные стоимости увеличения пропускных способностей коммуникаций и мощностей источников на условную единицу.

Литература

1. Корзников, А.Д. Оптимальный синтез многополюсных сетей / А.Д. Корзников. // Вестник БНТУ, № 4. – 2005. – С. 52-57.

## Корреляционно-регрессионный анализ и его применение в ТММ

Лебедева Г.И., Лебедев Е.П.

Белорусский национальный технический университет

В реальном проектировании кулачковых механизмов используют сложные законы движения. Кривые графиков сглаживают при помощи дуг окружностей, что не обеспечивает необходимую точность расчётов. Резкие перепады кривых на графиках этих законов могут привести к повышению нагрузки на кулачок и, как следствие, сокращают сроки его службы за счёт отсутствия ударов и скольжения. В виду изложенного рассматриваемая задача требует совершенствования различных методов и подходов к её решению. Одним из методов является математическое моделирование.

Математическое моделирование является неотъемлемой частью любых научных исследований. С помощью математических моделей легко анализируется исследуемый объект и выбирается оптимальное решение.

В качестве инструмента при моделировании применяются различные методы. Нами был применён корреляционно-регрессионный анализ.

В отличие от функциональной, корреляционная зависимость не является строго определённой, тем не менее, общая закономерность чётко прослеживается. Моделирование осуществлялось с помощью методов наименьших квадратов. В исследовании были включены нелинейные зависимости. В результате были получены следующие модели кулачкового механизма:

$$\begin{aligned}
 S_{II} &= 0.00003\varphi^3 - 0.0011\varphi^2 - 0.6382\varphi + 41.94, & \eta &= 0.97; \\
 t_{II} &= -0.00003\varphi^3 - 0.0091\varphi^2 - 0.2657\varphi + 72.78, & \eta &= 0.99; \\
 t'_{II} &= 0.00001\varphi^3 - 0.0019\varphi^2 - 0.5688\varphi - 5.1168, & \eta &= 0.98; \\
 \Delta\omega_1 &= -0.00004\varphi^3 + 0.0038\varphi^2 + 1.1558\varphi - 17.073, & \eta &= 0.95; \\
 c_1 &= 0.00006\varphi^3 + 0.0079\varphi^2 - 0.5113\varphi - 55.98, & \eta &= 0.93; \\
 \Delta t &= 0.00453\varphi^2 - 0.8596\varphi + 102.9, & \eta &= 0.96.
 \end{aligned}$$

Все эти модели имеют высокое корреляционное отношение и хорошо согласуются с исходными данными. Они могут быть рекомендованы для практического использования. Применение указанных моделей упрощает ряд сложных инженерных расчетов. Кроме того, задавая числовое значение функции, можно рассчитать задаваемое значение аргумента. Все эти модели имеют высокое корреляционное отношение и хорошо

**Меры по стимулированию заинтересованности студентов  
в изучении математики**

Метельский А.В., Микулик Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Роль науки математики в подготовке современного инженера общеизвестна. Изучение математики способствует развитию творческих способностей у будущих специалистов, выработке исследовательского опыта для формулировки и решения практических задач. Однако эти качества невозможно приобрести без личной заинтересованности студентов, поэтому обеспечение мотивации к изучению математики является важной социальной задачей. Мотивы к образованию, вообще, и изучению математики, в частности, можно разделить на эмоциональные и прагматические. К эмоциональным следует отнести радость познания, чувство удовлетворенности достигнутым, стремление к самоутверждению. К прагматическим – желание не иметь проблем в учебе и получать стипендию – в настоящем, желание стать первоклассным специалистом, востребованным в обществе, и стремление к материальному благосостоянию – в будущем. Исходя из перечисленных мотивов и следует строить стратегию по стимулированию студентов к изучению математики. Прежде всего нужно методически грамотно организовать учебный процесс, обеспечить обучающихся тщательно отредактированными учебными пособиями. Учебный материал необходимо излагать живо, увлекательно и, главное, – доступно. Учебные занятия – сопровождать яркими примерами применения теории на практике, создавать проблемные ситуации. Безусловным является установление партнерских отношений между преподавателями и студентами, формирование представления, что изучение математики – социально значимое, и поэтому – наше общее дело.

Важна разработанная система поощрений в рейтинговом контроле и оценке успехов студентов, как со стороны преподавателей, так и со стороны деканата и общественных организаций. Организация реферативной и исследовательской работы студентов по тематике приложений математики, очевидно, мотивирует изучение математики, особенно, если она сопровождается публикацией статей, награждением дипломами за лучшие доклады на студенческих конференциях.

Следует сотрудничать с выпускающими кафедрами для реализации непрерывной математической подготовки. Студенты должны слышать от преподавателей выпускающих кафедр о важности знания математики для изучения специальных дисциплин и для их будущей профессиональной деятельности.

Микулик Н.А., Рябушко А.П., Катковская И.Н.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития науки, техники и информационных технологий роль инженерного образования состоит в том, чтобы обеспечить развитие технических наук, реализовать научно-технические инновации, готовить специалистов, направляющих свою деятельность на реализацию научно-технических достижений. Это означает, что современный инженер должен получить хорошую фундаментальную подготовку по математике, так как в настоящее время при проектировании новых машин и приборов используются математические модели динамических систем, способствующих сокращению срока проектирования и внедрения в производство. В связи с этим совершенствование математической подготовки инженера, в том числе с использованием информационных технологий, имеет первостепенное значение. На кафедре «высшая математика № 1» БНТУ при изложении курса математики в настоящее время проводится значительная работа по подготовке и внедрению в учебный процесс учебно-методических пособий с использованием информационных технологий. Подготовлены учебные рабочие программы по всем разделам курса математики. Подготовлены и размещены на сайте кафедры дидактические материалы по всем разделам курса, а также методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения. Подготовлены и изданы (в том числе и в электронном виде) тесты по всем разделам курса математики для проведения текущего контроля знаний студентов. Задания теста содержат теоретические и практические вопросы разного уровня. Положительная оценка выставляется при выполнении не менее половины тестового задания. Порядок следования ответов в тестовых заданиях составлен случайным образом, что исключает обмен кодами правильных ответов студентами и повышает надежность результатов.

Использование тестов в учебном процессе позволяет оперативно контролировать текущую успеваемость студентов и стимулировать их самостоятельную работу по изучению предмета. Однако авторы отмечают, что наличие хороших учебников, учебных и методических пособий, являясь значительными факторами при изучении предмета математики, еще не являются достаточным условием в овладении знаний, т.е. нужна заинтересованность студентов в изучении математики, и профессорско-преподавательскому составу нужно использовать меры по проявлению этой заинтересованности.

## Особенности динамики полей корневых траекторий кругового образа

Несенчук А.А.

Белорусский национальный технический университет

Динамика системы автоматического управления с параметрической неопределенностью описывается семейством характеристических уравнений

$$s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n = 0, \quad (1)$$

где  $a_j, j=1, 2, \dots, n$ , – коэффициенты, каждый из которых может линейно зависеть от некоторого неопределенного (свободного) параметра  $k$ .

Выделяется параметр  $k$ , посредством преобразования (1) к виду

$$k \cdot f(s) = \frac{\phi(s)}{\psi(s)} = u(\sigma, \omega) + iv(\sigma, \omega), \quad (2)$$

где  $\phi(s)$  и  $\psi(s)$  – полиномы от  $s$ ;  $u(\sigma, \omega)$ ,  $v(\sigma, \omega)$  – гармонические функции независимых действительных переменных  $\sigma$  и  $\omega$ .

Образ поля корневых траекторий кругового образа (КТКО) [1, 2] задается в плоскости свободного параметра в форме окружности. Функции и уравнение линий уровня поля КТКО определяются на основе (2) соответственно выражениями

$$f^* = f^*(\sigma, \omega, a, b) \quad (3)$$

$$f^*(\sigma, \omega, a, b) = \rho^2, \quad (4)$$

где  $a, b$  – координаты центра окружности-образа,  $\rho$  – радиус образа определяются из уравнения КТКО [2].

В результате проведенного исследования полей корневых траекторий кругового образа (3), (4) динамических систем различных порядков в случаях, когда линии уровня ограничивают многосвязные области корней и центр образа расположен произвольно, выявлен ряд закономерностей и особенностей расположения полей в комплексной плоскости корней. Рассмотрены конкретные примеры для систем различных порядков. Данный подход может использоваться для параметрического синтеза систем и позволяет обеспечить желаемое расположение корней системы.

1. Римский, Г.В., Таборовец, В.В. Автоматизация исследований динамических систем. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 336 с.

2. Несенчук, А.А. Анализ и синтез робастных динамических систем на основе корневого подхода. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2005. – 234 с.

## Математическое моделирование экспертной оценки планировочного решения

Романюк Г.А.

Белорусский национальный технический университет

При общей оценке удобства конкретной квартиры, дома мы говорим: «квартира просторная, удобная», или «квартира большая, но иррационально спланирована, и ее трудно поддерживать в порядке» и т.п. Часто наша эмоциональная оценка жилого объекта приводит к желанию что-либо в нем переделать, перестроить. Возникает ряд вопросов: чем наши субъективные впечатления определяются на языке цифр? Как по возможности объективно описать удобство и неудобство жилья? Что надо переделать для улучшения планировочного решения?

В предлагаемой статье делается попытка ответа на данный вопрос и в итоге попытка построения экспертной оценки планирования квартиры (стандартной, в обычном жилом доме).

Важной функцией является  $S(t)$  – размер используемых активно площадей квартиры в момент времени  $t$ .

$$\text{Строится функция } C(t) = \frac{S(t)}{S_0},$$

где  $S_0$  ( $\text{м}^2$ ) – общая площадь квартиры.

Вводятся и рассчитываются величины:  $U$  ( $\text{м}^2$ ) – суммарная площадь «узких мест» данного проекта;  $K$  – удобство обслуживания;

$$D = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt,$$

где  $[t_1; t_2]$  – «время активного пользования жильем»;  $D$  – интегральная оценка пространства квартиры.

Построение итоговой величины – «удобства данного жилья» представляется в виде

$$T = K(\alpha_1 \cdot D + \alpha_2 \cdot U).$$

Приводятся алгоритмы построения величин  $\alpha_1, \alpha_2$  (чисел);  $U$ . Величина  $U$  численно выражает площадь ( $\text{м}^2$ ) тех участков проекта, которые создают объективные неудобства (например, узкие коридоры, наличие проходных «перекрестных зон», недостаточная или избыточная естественная освещенность и т.п.). Величина  $K$  строится в соответствии с грузозатратами по уборке и содержанию  $1 \text{ м}^2$  в надлежащем порядке.

**Релятивистское движение частицы в поле тяготения звезды  
при учете сетевого давления**

Рябушко А.П. \*, Жур Т.А., Боярина И.П., Зубко О.Л. \*, Юринок В.И. \*

\*Белорусский национальный технический университет

Белорусский государственный аграрный технический университет

Впервые получена и проинтегрирована система дифференциальных уравнений (ДУ), описывающая движения пробного тела (частицы) в гравитационном поле звезды при учете прямого светового давления и сопутствующих эффектов специальной теории относительности (СТО) при движении частицы, а также при учете гравитационных сил согласно общей теории относительности (ОТО). Точность, с которой составлена система ДУ, относится ко второму порядку по малому параметру  $v/c$  и называется постньютоновским приближением (ПНП) СТО-ОТО. Эти ДУ, которые являются уравнениями движения частицы, можно записать в виде

$$d^2x/dt^2 + \gamma Mx/r^3 = F_0^1 + F_1^1 + F_2^1, \quad d^2y/dt^2 + \gamma My/r^3 = F_0^2 + F_1^2 + F_2^2, \quad (1)$$

где  $F_0^1 = \gamma Ax/r^3$ ,  $F_0^2 = \gamma Ay/r^3$ ;  $F_1^1 = \gamma Av/cr^3(-2x \cos \alpha + y \sin \alpha)$ ,  $F_1^2 = \gamma Av/cr^3(-2y \cos \alpha - x \sin \alpha)$ ;

$$F_2^1 = \frac{\gamma Av^2}{2c^2 r^3} \left[ (3 - 5 \sin^2 \alpha)x - 3y \sin \alpha \cos \alpha \right] + \frac{\gamma(M-A)}{c^2} \left\{ \left[ 4 \frac{\gamma(M-A)}{r} - v^2 \right] \frac{x}{r^3} + \frac{4}{r^2} \frac{dr}{dt} \frac{dx}{dt} \right\},$$

$$F_2^2 = \frac{\gamma Av^2}{2c^2 r^3} \left[ (3 - 5 \sin^2 \alpha)y + 3x \sin \alpha \cos \alpha \right] + \frac{\gamma(M-A)}{c^2} \left\{ \left[ 4 \frac{\gamma(M-A)}{r} - v^2 \right] \frac{y}{r^3} + \frac{4}{r^2} \frac{dr}{dt} \frac{dy}{dt} \right\}.$$

Справа в ДУ (1) члены  $F_0^1$  и  $F_0^2$  определяют прямое давление света на частицу;  $F_1^1$  и  $F_1^2$  ответственны за продольный эффект Доплера и абберацию света;  $F_2^1$  и  $F_2^2$  являются добавочными силами, действующими на частицу при учете лоренцевого сокращения миделевого сечения частицы и увеличения ее массы, поперечного эффекта Доплера и гравитационных сил ОТО. Интегрирование системы ДУ (1) приводит к траектории частицы, уравнение которой в полярных координатах имеет вид

$$\frac{1}{r} = \frac{1 + e \cos \varphi}{p} + \frac{2\gamma A \varphi}{cp \sqrt{\gamma(M-A)p}} \left( 1 - \frac{e}{4} \cos \varphi \right) + \frac{\gamma A^2}{c^2 p^2 (M-A)} \left( 3 - \frac{e}{8} \cos \varphi \right) \varphi^2. \quad (2)$$

Уравнение траектории (2) получено с помощью интегралов площадей и энергии, имеющих соответственно вид  $r^2 d\varphi/dt = \sqrt{\gamma(M-A)p} - \gamma A \varphi / c$ ,

$$v^2 = \gamma(M-A) \left( \frac{2}{r} - \frac{1-e^2}{p} \right) - \frac{\gamma A}{cp^2} \sqrt{\gamma(M-A)p} (2 + 3e^2) \varphi - \frac{\gamma^2 A^2}{c^2 p^2} \left[ 3(1-e^2)\varphi^2 + 2e(1 + e \cos \varphi) \varphi \sin \varphi \right] \quad (4)$$

Исследование траектории (2) приводит к выводу, что траектория с ростом  $\varphi$  от 0 до  $\varphi_0 = c\sqrt{\gamma(M-A)p} / \gamma A$  представляет собой деформированную

спираль, закручивающуюся около звезды и приближающуюся к звезде. В момент, когда  $\varphi = \varphi_0$ , частица начинает падать на звезду по радиусу  $\varphi = \varphi_0$  с нарастающей скоростью  $v$  согласно (4).

УДК 517.9; 541.183

## Моделирование процессов переноса в многомерных средах

Очеретняя О.П.

Белорусский национальный технический университет

Уравнения диффузии радионуклидов основаны на фундаментальных законах переноса массы  $i$  компонента  $c_i$  и смеси в целом и законах молекулярного и турбулентного переноса, которые в линейном приближении без учета релаксационных процессов можно представить в виде закона Фика с молекулярным и турбулентным коэффициентом диффузии  $D$ .

В неподвижных капиллярно-пористых средах с пористостью  $w$  уравнение диффузии имеет вид

$$\lambda c + w \frac{\partial c(x, t)}{\partial t} = \nabla [D(x) \nabla c(x, t)] + g(x, t),$$

которое будем решать при начальном условии  $c(x, 0) = f(x)$  и различных граничных условиях 1 – 3 родов на внешних границах или условия сопряжения, в идеальном случае выражающие равенство концентраций и потоков на границе раздела

$$c_k = c_{k+1}, \quad D_k \frac{\partial c_k}{\partial n} = D_{k+1} \frac{\partial c_{k+1}}{\partial n}.$$

Методом конечных интегральных преобразований решены основные краевые задачи в пористых дисперсных средах при постоянных коэффициентах переноса и распада, наличии поверхностных и объемных источников.

Решения представлены в виде разложений по собственным функциям однородных краевых задач, представлены в единообразном виде и не требуют для нахождения оригиналов таблиц интегральных преобразований, а сводятся лишь к вычислению интегралов.

В качестве примеров рассматривается диффузия примесей в дисперсных слоях конечной толщины и капиллярно-пористых телах простой геометрии (пластины, сферы и цилиндры) при граничных условиях первого рода на внешних границах, первая и вторая краевые задачи для внешних границ в многослойной среде с постоянными коэффициентами и внутренних граничных условиях 4 рода.



**О необходимости специальных курсов математики на ФИТР**

Федосик Е.А.

Белорусский национальный технический университет

За два последних десятилетия бурное развитие вычислительной техники и программного обеспечения позволило решать многие классические задачи математики без рутинных выкладок, требующих много времени. Отдельные новые разделы математики непосредственно обязаны этому быстрому развитию. Однако у части студентов сложилось устойчивое мнение о том, что сама математика уже не нужна, достаточно мощного компьютера и такого же программного обеспечения. Существует непонимание того, что все это – результаты, полученные в итоге открытий и труда великих математиков, начиная не менее чем за два предыдущих столетия. На факультете информационных технологий и робототехники БНТУ в соответствии с республиканской программой для специальности «программное обеспечение информационных технологий» разработана учебная программа и методическое обеспечение курса «Специальные главы высшей математики» (III курс, V семестр). Курс состоит из четырех разделов: основы теории множеств, элементы теории графов, основы теории чисел, основные алгебраические структуры. Это позволяет дать студентам основные теоретические понятия современной прикладной алгебры, теории чисел, их использовании в криптографии (защита информации от несанкционированного доступа), реализации помехоустойчивых систем передачи информации. На третьем курсе (VI семестр) также в соответствии с республиканской программой разработано методическое пособие курса «Вычислительная математика». Лекции и лабораторные занятия позволяют научить студентов понимать алгоритмы и правильно составлять нужные программы для решения многих классов задач. Главный смысл курса – цель расчетов – понимание, а не числа, научить осознанно и грамотно решать поставленные задачи, оценивать точность решений и т.д. Для методического обеспечения этого курса изданы три методических пособия. Первое представляет собой курс лекций по вычислительной математике, содержит основные теоретические сведения: теоремы, определения, формулы, оценки точности приведенных алгоритмов, примеры, иллюстрирующие изложенную теорию. Второе пособие – практикум по вычислительной математике для студентов очной формы обучения. Здесь приведены подробные решения типовых задач, даются индивидуальные задания по каждой рассматриваемой теме. Завершает эту трилогию учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения.

## Метод кластеризации текстовых данных на основе параллельной обработки

Чебаков С.В., Серебряная Л.В.\*

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси  
Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники\*

Работа посвящена организации параллельной обработки данных, которые сначала требуется разбить на кластеры, а затем объединить полученные решения в единое пространство. Поскольку в случае самообучения кластеры, составляющие обучающую выборку, заранее неизвестны и их требуется определить в ходе процедуры самообучения.

**Определение 1.**  $P_n$  есть частичное решение задачи кластеризации, если  $P_n$  представляет собой разбиение на кластеры некоторого отдельного подмножества начальных текстов.

Схему организации параллельных вычислений для выполнения процедуры кластеризации можно представить следующим образом. Имеется набор текстов произвольной тематики, поступающих с целью их кластеризации в динамическом режиме, где общее количество текстов неизвестно. Одновременно в обработке может находиться достаточно большое число текстов. Поэтому предлагается разбить все имеющиеся тексты на некоторое число отдельных подмножеств, содержащих равное число элементов. На каждом подмножестве в параллельном режиме выполняется построение собственных кластеров, т.е. формируются частичные решения. Эффективная реализация параллельных вычислений, включающих в себя алгоритмы формирования частичных решений, их объединения и получения конечного результата в виде разбиения всего множества поступающих текстов на отдельные кластеры, могла бы существенно уменьшить общее время решения задачи кластеризации.

На первом уровне решения поставленной задачи происходит разбиение на кластеры каждого отдельного подмножества начальных данных. Алгоритм кластеризации был представлен в работе [1]. Здесь он дополняется процедурой упорядочивания всех элементов по убыванию величины расстояния от них до центра кластера. Пусть  $A_1$  и  $B_1$  представляют собой множества кластеров, сформированных в параллельном режиме при кластеризации двух подмножеств начальных текстов  $P_1$  и  $P_2$ .

На втором уровне параллельных вычислений, оперируют непосредственно с построенными кластерами множеств  $A_1$  и  $B_1$ , для чего вводятся специальные операции.

1. Серебряная, Л.В., Чебаков, С.В. Методы автоматической классификации и кластеризации текстовой информации // Информатизация образования 2011. - № 2. – С. 52-61.

УДК 51(07.07)

## **Информационные компьютерные технологии как эффективное средство образовательного процесса студентов**

Шляго Н.И., Климаневская Л.А.

Барановичский государственный университет

Сегодня информационные компьютерные технологии можно считать тем новым способом передачи знаний, который соответствует качественно-новому содержанию обучения и развития личности. Этот способ позволяет студенту с интересом учиться, находить источники информации воспитывает самостоятельность и ответственность при получении новых знаний, развивает дисциплину интеллектуальной деятельности.

Компьютерные технологии могут быть представлены в образовательном процессе следующими учебно-методическими ресурсами: электронные учебники, тренажерные системы, виртуальные лаборатории по дисциплине (виртуальный учебно-исследовательский комплекс), тестирующие комплексы.

Одной из новых форм внедрения компьютерных технологий является создание и использование электронных учебников, которые наглядно, красочно и с мобильным доступом информации предстанут перед студентами. Электронный учебник – это ресурс, содержащий структурированную интерактивную учебную информацию, систему упражнений для ее осмысления и закрепления, сценарии учебной работы.

Не менее эффективными в учебном процессе являются тестирующие комплексы, которые осуществляют контроль знаний и являются наиболее распространенными электронными ресурсами проверки знаний. Легкость и простота их использования позволяют быстро оценить способности либо уровень знаний тестируемого. Наилучший вариант использования тестирующих программ для студентов – это организация тестового контроля при непосредственном использовании электронного учебника. После изучения определённой темы, студент имеет возможность самостоятельно проверить свои знания с помощью тематических тестов, результаты которых попадают в базу данных, что даёт возможность преподавателю осуществлять контроль и проследить уровень усвоения материала. В конце каждого раздела предусмотрено итоговое тестирование, результаты которого отражают полную картину знаний каждого студента и могут быть использованы преподавателем при зачёте либо экзамене.

## Преподавание математики с использованием компьютерных технологий

Чепелева Т. И., Чепелев Н. И.

Белорусский национальный технический университет

Постоянно возрастают требования к уровню подготовки творческих способностей будущих квалифицированных специалистов путем использования современных информационных технологий в учебном процессе. Внедрение информационных технологий в образование является достаточно сложной, актуальной задачей, что требует развития новых возможностей и потенциалов у студентов. Использование информационных технологий предоставляет в распоряжение достаточное количество запасов знаний и приводит к большому объему усвоения информации, что активизирует развитие интеллектуальных способностей студента, формирует талантливость, умение и творческие подходы к решению задач. Применение информационных технологий при изложении лекционного материала по математике способствует творческому развитию студентов и ведёт их к стремлению к саморазвитию. Происходит активация интеллектуальных способностей человека на этапе обучения, усвоения, накопления теоретических знаний и овладения сложными понятиями, а также практическими умениями. Развитие у студентов интеллектуальных способностей и творческой активности является в настоящее время определяющим направлением в образовании и приобретении непреходящих ценностей при их будущей деятельности. Применение информационных технологий в образовании даёт новые возможности для проявления талантов, способствует стимуляции перспективных исследований в области математического образования, содействию самореализации студентов, способствуют развитию повышения качества подготовки студента. Лекции по математике в виде компьютерных презентаций позволяют широко излагать информационную модель задачи, демонстрируют разработку алгоритма решения. Презентационные лекции дают развернутые доказательства теорем с различными подходами, всесторонний анализ результатов, активизируют гибкость мышления студента, которая характеризуется готовностью рассматривать новые варианты решения задач, что приводит к развитию ассоциативной составляющей интеллекта, развивает настойчивость, вырабатывает терпение и напряжение умственной деятельности головного мозга. Но следует учесть, что презентационные лекции по математике должны быть составлены по особому образцу и носить обучающий характер, с выразительно оформленными формулами.

**Использование немонотонных функционалов Ляпунова  
при исследовании устойчивости уравнений с запаздыванием**

Шавель Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается уравнение с запаздыванием  $\dot{x}(t) = f(t, x_t)$ ,

где  $f: R_+ \times C([-r(t), 0], \mathbb{R}^n) \rightarrow \mathbb{R}^n$ ,  $f(t, 0) = 0$ ,  $x_t(\vartheta) = x(t + \vartheta)$  при  $\vartheta \in [-r(t), 0]$ . Функция  $f$  предполагается такой, что обеспечено существование решений для начальных данных  $(t, \varphi)$  при  $t \geq 0$  и  $\varphi$  из некоторого шара  $B_r(0, H) = \{\varphi: \varphi \in C([-r(t), 0], \mathbb{R}^n), |\varphi| < H\}$ ,  $\|\varphi\| = \sup|\varphi(\vartheta)|$ ,  $\vartheta \in [-r(t), 0]$ . Непрерывные неубывающие функции  $u: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$ , для которых  $u(s) > 0$  при  $s > 0$  и  $u(0) = 0$  будем называть функциями класса Хана. Функционал  $V: R_+ \times C([-r(t), 0], \mathbb{R}^n)$ ,  $V(t, 0) = 0$ , будем называть слабо положительно определенным, если найдутся число  $\alpha > 0$  и функции класса Хана  $\alpha(s)$  такие, что  $V(t, \varphi) > \alpha(\|\varphi(0)\|)$  для  $\varphi \in B_r(0, \alpha)$  удовлетворяющих условию  $\varphi(0) = \|\varphi\|$ . Отметим, что, если  $V(t, \varphi) = V(t, \varphi(0))$ , т.е. функционал обращается в обычную функцию  $V: R_+ \times \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}_+$ , то слабая положительная определенность функционала эквивалентна положительной определенности функции. Определим  $V(t, \varphi) = \lim_{h \rightarrow +0} \frac{1}{h} (V(t+h, x_{t+h}(t, \varphi)) - V(t, \varphi))$ , где  $x_{t+h}(t, \varphi)$  — соответствующий отрезок решения уравнения с начальными данными  $(t, \varphi)$ .

**Теорема.** Предположим, что функционал  $V(t, \varphi)$  слабо положительно определен и найдется такое число  $h$ , что для  $\varphi \in B_r(0, h)$ , удовлетворяющих условию  $V(t, \varphi) > 0$ , выполняется неравенство  $V(t, \varphi) < 0$ . Тогда положение равновесия  $x(t) = 0$  устойчиво. Если дополнительно найдется функция  $b(s)$  класса Хана такая, что  $V(t, \varphi) \leq b(\|\varphi\|)$ , то положение равновесия равномерно устойчиво.

**Методы математического  
моделирования в прикладных  
исследованиях и учебном  
процессе**

**О методическом пособии для лабораторных работ по математике  
для студентов строительных специальностей БНТУ**

Бубнов В.Ф., Веремеюк В.В., Крушевский Е.А., Кузнецова А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Методическое пособие предназначено для ознакомления студентов методами приближенного решения некоторых математических задач. Численные методы имеют важное прикладное значение, т.к. весьма часто найти точное решение задачи невозможно в принципе или же для этого требуются неоправданно большие затраты времени.

В пособии рассмотрены основные понятия численных методов - алгоритм метода, приближающая последовательность, приближенное решение, погрешность, точность и многие другие.

Весь материал пособия разбит на пять лабораторных работ.

Первая работа посвящена различным методам приближенного решения уравнений (метод бисекции, комбинированный метод хорд-касательных, метод итераций).

Вторая работа знакомит студентов с различными способами приближенного вычисления определенного интеграла (методы трапеций и парабол), а также дает представление о некоторых правилах оценки предполагаемой погрешности вычислений (правило Рунге).

Лабораторная работа №3 посвящена численному интегрированию дифференциальных уравнений. Рассмотрены простейшие методы (Эйлера и его модификации) и наиболее применяющийся на практике метод Рунге-Кутты, причем не только в скалярной форме, но и в векторной. Последний позволяет решать нормальные системы, а, значит, и дифференциальные уравнения высших порядков. Приведены примеры, сравнивающие точность всех этих методов.

Две последние работы рассматривают различные аспекты обработки экспериментальных данных. В лабораторной работе №4 рассмотрены вопросы построения интерполяционного многочлена Лагранжа и кубических сплайнов.

Последняя (пятая) работа посвящена МНК-сглаживанию экспериментальных данных, включая вопросы выбора наиболее приемлемого вида зависимости и оценку полученных результатов.

Пособие носит справочный характер и будет полезным не только студентам строительных специальностей БНТУ, но также научным работникам и инженерам, решающим практические задачи с помощью приближенных вычислений.

## Использование числа вращения для исследования устойчивости уравнений второго порядка

Верременок В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается линейное уравнение 2-го порядка (уравнение Хилла)

$$\ddot{x} + p(t)x = 0, \quad t \in [0; +\infty), \quad (1)$$

с  $\omega$ -периодическим непрерывным коэффициентом  $p(t)$ . К такому виду с помощью замены  $z = \text{EXP}\left(-\frac{i}{2} \int_0^t a(s) ds\right) \cdot x$  преобразуется уравнение более общего вида  $\ddot{z} + a(t)\dot{z} + b(t)z = 0$  с  $\omega$ -периодическими коэффициентами. Обозначим  $\varphi(t) = \arg(x(t), \dot{x}(t))$ , где  $x(t) \neq 0$  - решение (1). Легко проверить, что эта функция удовлетворяет уравнению

$$\dot{\varphi} = -\sin^2 \varphi \cdot p(t) \cos^2 \varphi. \quad (2)$$

Значение предела  $R_p = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\varphi(t)}{t}$  называется числом вращения уравнения (1). Известно (см., например [1]), что число вращения уравнения (1) существует и не зависит от выбора решения  $x(t) \neq 0$ .

**Теорема.** Если уравнение (1) не устойчиво, то число  $\frac{\omega}{\pi} R_p$  - целое.

Для доказательства достаточно увидеть, что в силу теории Флоке (см., например [2]) уравнение (1) неустойчиво только, если оно имеет действительный мультипликатор  $|\rho| > 1$ .

Используя определение числа вращения, уравнение (2) и данную теорему, легко получить известный результат Н.Е.Жуковского: если для некоторого неотрицательного целого  $k$  выполнено неравенство

$$\frac{\pi^2 k^2}{\omega^2} < p(t) < \frac{\pi^2 (k+1)^2}{\omega^2}, \quad t \in [0; \omega],$$

то уравнение (1) устойчиво.

### Литература

1. Арнольд, В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М., Наука, 1978 г.
2. Демидович, Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М., Наука, 1967 г.



## О сборнике задач по теории вероятностей для технических вузов

Верременюк В.В., Крушевский Е.А., Шевченко Л.И.  
Белорусский национальный технический университет

Сборник задач охватывает базовый курс теории вероятностей для технических ВУЗов и включает в себя более 350 задач с ответами, а также необходимый теоретический материал и многочисленные примеры решения типовых задач.

Основное внимание уделено компактности изложения теоретического материала, который на каждом этапе иллюстрируется решенными задачами, демонстрирующими суть применения тех или иных теорем и методов.

Структура изложения материала максимально приближена как к лекционным, так и практическим занятиям. Данный сборник задач может одновременно играть роль учебника, задачника и справочника и предназначен для студентов технических и экономических специальностей ВУЗов преподавателей и инженеров.

При подготовке сборника учитывались следующие требования:

- 1) лаконичность изложения, свойственная конспекту лекций;
- 2) наличие типовых задач с решениями, а также задач для самостоятельного решения с ответами;
- 3) систематизированный и автономно замкнутый материал, присущий справочникам;

Весь курс разделен на 16 параграфов, которые соответствуют примерно 13 лекциям и 16 практическим занятиям продолжительностью по два академических часа. Первая часть (§§ 1-8) посвящена основам теории вероятностей и всему тому, что связано с понятием случайное событие. Вторая часть (§§ 9-16) рассматривают различные аспекты понятия случайные величины, включая глубоко проработанную тему о двумерных случайных величинах. Все это соответствует объему стандартного курса теории вероятностей для студентов технических ВУЗов.

Сборник задач имеет четкую иерархическую структуру, что позволяет читателям сравнительно просто ориентироваться в материале. Кроме того, если лекционный курс читается по данному пособию, то студентам не требуется записывать «живые» лекции, и на лекциях им остается лишь прояснить непонятые вопросы.

Большинство учебников и задачников по теории вероятностей отличается от данного еще и тем, что начинающему преподавателю, даже с хорошей математической подготовкой, очень сложно прочитать по ним реальный курс лекций и провести практические занятия.

**Методика проведения зачета по математике для некоторых специальностей втузов**

Глушанкова Л.Я., Голубева И.А., Гайшун Л.Н.\*

Белорусский национальный технический университет

Белорусский государственный экономический университет\*

Учебные планы по высшей математике включают в себя такие формы контроля в некоторых семестрах как зачет. Общие положения зачета:

1. на зачет выносятся материал практических и лекционных занятий;
2. зачет можно проводить в форме устного или письменного опроса либо в виде тестов с использованием компьютерной техники;
3. успевающие студенты, по усмотрению преподавателя могут быть аттестованы на основании текущей успеваемости.

Студент, не сдавший зачет, обычно в сессию не допускается к экзаменам до тех пор, пока не сдаст все зачеты. Это создает большие проблемы для слабоуспевающих учащихся, которых, к сожалению, в последнее время большинство. Это связано с современным состоянием общества, проблемами обучения математике в средней школе, экономическими кризисами в мире и многими другими факторами, которые от нас не зависят. Знания же в области математики являются необходимой составной частью интеллектуального развития каждого образованного человека, формируют качества мышления, необходимые человеку для полноценной трудовой деятельности в обществе. Поэтому важно так построить учебный процесс, чтобы оптимизировать аудиторные занятия, контролируемые мероприятия и активизировать самостоятельную работу студентов. В начале семестра мы выдаем вопросы к зачету, проводим тестирование учащихся. Затем строим учебный процесс с учетом индивидуальности, способностей, активности и потребностей каждого студента. Учебный план семестра разбиваем на несколько модулей по основным темам курса и проводим контрольную работу по каждой практической части и зачет по теоретической части модуля. В конце семестра проводим итоговую контрольную работу по материалу всего семестра. По результатам всех контролирующих заданий выставляется оценка. Если эта оценка положительная, студент идет сдавать зачет в сроки, согласованные с деканатом. Для наиболее успевающих студентов итоговая контрольная работа предлагается только по теоретической части и содержит задания соответствующие их уровню развития. Зачет считается сданным, если студент показал знание основных положений учебной дисциплины, умение решать конкретные практические задачи из числа предусмотренных рабочей программой, использовать рекомендованную учебную и справочную литературу

## О методических указаниях для студентов заочного отделения по математическому программированию

Гурина Г.Н., Мороз О.А.

Белорусский национальный технический университет

Поиск оптимальных требований и условий преподавания курса «Математическое программирование» для студентов заочного отделения привел к необходимости написания методического пособия по данной теме. Учитывая безусловное доминирование самостоятельной работы студента заочника над аудиторной, в пособии детально разработаны и разъяснены решения основных задач по математическому программированию. Теоретический материал по этому разделу математики очень объемный, поэтому в пособии излагаются алгоритмы решения задач с только крайне необходимыми теоретическими обоснованиями. В методическом пособии, не просто приводятся математические выкладки решения задач, но и дается анализ полученных результатов с экономической точки зрения.

Основной задачей контрольной работы является задача определения оптимальной производственной программы из имеющихся ресурсов. В этой задаче необходимо построить экономико-математическую модель, найти оптимальное решение симплекс-методом, сформулировать для нее двойственную задачу, записать ее решение, объяснить значения двойственных переменных. Предлагается рассмотреть и альтернативный вариант получения максимальной выгоды: продать сырье по рыночным ценам. Выполняя это задание, студенты должны увидеть разницу между рыночными ценами на сырье и двойственными ценами, что они довольно часто отождествляют.

Особенностью данных методических указаний является то, что студентам предлагаются дифференцированные задания для выполнения контрольной работы. Так, например, составлены транспортные задачи с рядом дополнительных ограничений: запрещение какой-либо перевозки от поставщика к потребителю, ограничение перевозки по какому-нибудь маршруту, выполнение обязательной перевозки, учет себестоимости распределяемой продукции. В один год предлагается решить одну из этих задач, на следующий год – другую и т.д. По теории игр составлены задания по матричным играм двух лиц с нулевой суммой и задания по играм с природой, которые можно задавать поочередно. Такая вариация позволяет каждый год давать студентам разные задания и, хоть в какой-то мере, избежать ежегодного повторения одной и той же контрольной работы.

Это пособие может быть полезно и студентам дневной формы обучения для самоконтроля знаний и их возможной коррекции.

## **Организация самостоятельной работы студентов при изучении курса математики**

Дичковский Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Подготовка специалистов в технических вузах характеризуется внедрением новых информационных технологий в обучение и управление обучением. В связи с этим, большая роль отводится самостоятельной работе и самообразованию студентов.

Подготовка студентов к очередным лекционным, практическим и лабораторным занятиям занимает наибольшее место в самостоятельной работе. Она должна представлять единство трёх взаимосвязанных форм: 1) внеаудиторная самостоятельная работа; 2) аудиторная самостоятельная работа; 3) творческая, исследовательская работа.

Внеаудиторная самостоятельная работа включает в себя подготовку рефератов, докладов, сообщений и других видов работ по заданной теме.

Аудиторная самостоятельная работа может осуществляться при проведении практических, лабораторных занятий и во время чтения лекций. При чтении лекционного курса необходимо контролировать в аудитории усвоение материала путем проведения экспресс-опросов.

На практических занятиях желательно не менее одного часа отводить на самостоятельное решение задач, после краткого опроса теоретического материала и решения типовых задач на доске. В конце занятия целесообразно провести разбор типовых ошибок допущенных студентами и дать оценку проделанной ими работы.

Лабораторная работа должна включать самостоятельную проработку теоретического материала, методов решения поставленных задач. При её проведении следует создать условия для самостоятельного выполнения работы. В конце лабораторного практикума необходимо оценить работу студентов с выставлением оценки за проделанную работу.

Результативность самостоятельной работы во многом определяется наличием активных методов её контроля, среди которых различают следующие виды: 1) входной контроль знаний; 2) текущий контроль; 3) промежуточный контроль, по окончании раздела курса; 4) итоговый контроль в виде экзамена или зачета.

Конкретные пути и формы организации самостоятельной работы студентов, с учётом уровня их подготовки, определяются в процессе творческой деятельности преподавателя и нацелены на развитие устойчивых знаний и умения решать поставленные задачи.

**Конечные поля. Аспекты применения в науке и образовании**

Липницкий В.А., Королева М.Н.

Белорусский национальный технический университет

Конечные поля – алгебраические системы, допускающие 4 арифметические действия и имеющие лишь конечное число элементов. Впервые введены в научный обиход гениальным 21-летним парижским математиком-самородком Эваристом Галуа в 1831 году. Поэтому они приобрели название-синоним – поля Галуа. Они оказались необходимым компонентом при выводе необходимых и достаточных условий разрешимости уравнений в радикалах. С 60-х годов XX века конечные поля вновь оказались в центре внимания, теперь уже прикладной математики – как основной инструмент задания линейных помехоустойчивых кодов. Последние необходимы в цифровых системах передачи, хранения и обработки информации для её защиты от помех и разного рода «шумов», неизбежных в реальных каналах связи. В XXI веке защита информации от несанкционированного доступа постепенно уходит от модулярной арифметики к вычислению полиномиальной, то есть опять-таки к арифметике конечных полей. На полях Галуа базируется ныне действующий американский стандарт шифрования AES, разрабатывались криптосистемы МакЭлиса-Сидельникова, ЕКСТР-криптосистемы, системы шифрования на эллиптических кривых.

Защита информации от несанкционированного доступа затрагивает не только государственные интересы. Она необходима в банковской сфере, нужна практически всем серьёзным фирмам. Диспетчер любой локальной компьютерной сети так или иначе должен заботиться о безопасности своих сотрудников. Проблемы защиты информации так или иначе должны быть в сфере интересов любого специалиста, а следовательно, в сфере интересов высшей школы. В ближайшем будущем каждый специалист с дипломом ВУЗа должен получить определённый образовательный пакет по защите информации. Касательно инженерных специальностей этот пакет должен иметь конкретную математическую базу, куда должно входить и практическое освоение арифметики полей Галуа. Это неизбежно влечёт за собой изучение цикла разделов современной алгебры: теории чисел, теории групп, теории колец, теории полей и полей Галуа; освоение ряда математических и криптографических алгоритмов; практическую компьютерную реализацию этих алгоритмов.

Новые знания неизбежно требуют освоения новых разделов математики. Соответствующие лекционные курсы являются относительно новыми, многие из них находятся в динамике становления или развития в соответствии с технологической революцией и требованиями времени.

## Исследование двумерного случайного вектора вероятностными и статистическими методами

Крушевский Е. А., Жихаревич А. В., Петрусевич В. А., Расанен М. А.  
Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования явился массив данных по студентам ФТК БНТУ (балл по ЦТ (БЦТ) и оценка по экзамену в первую сессию по математике (ОЭМ)). Наши исследования можно разбить на 3 отдельных этапа.

На 1 этапе была проведена стандартная статистическая обработка. Для двумерных ГС были получены точечные оценки основных параметров, которые позволили сделать выводы о нормальном распределенными с.в.

Далее, была применена корреляционная обработка и вычислен коэффициент корреляции (для разных массивов варьируется от 0,3 до 0,6), который проверен на значимость с положительным результатом. Следовательно, есть основания считать, что между значениями БЦТ и ОЭМ существует значимая линейная корреляция. Построены линии линейной регрессии  $\Xi_{\eta}$  и  $I_{\xi}$ . Решение неравенств (из  $I_{\xi} < 4$  следует, что  $\xi < 18$ , а из  $I_{\xi} < 3$  следует, что  $\xi < 29$ ) дает предварительную оценку «критической» области (указывает, какой БЦТ может привести к получению неудовлетворительной ОЭМ).

На 2 этапе данная выборка как двумерная дискретная с.в. При помощи основных понятий из раздела условных распределений получены важные закономерности взаимного влияния компонент. В частности можно сделать вывод о том, что чем выше ОЭМ, тем меньше значение среднего квадратичного отклонения. Это означает, что большее значение ОЭМ вероятнее всего предполагает большее значение БЦТ, а оценка «2» вполне вероятно может оказаться случайной (более низкое значение ОЭМ более случайно).

На 3 этапе по результатам точечных оценок параметров двумерного распределения построена (с учетом значимого коэффициента корреляции) плотность двумерного нормального распределения, которую можно сопоставить данной выборке. При таком подходе многие условные вероятности можно вычислять непосредственно через интегрирование плотности распределения, а, скажем вероятности нежелательных для всех студентов (да и наверняка преподавателей) событий  $P(\xi < 4)$  и  $P(\xi < 3)$ , можно вычислить непосредственно.

В заключение отметим, что многие другие моменты остались за рамками данной работы. Однако, считаем, что данная работа может оказаться полезной не только для исследования зависимости между БЦТ и ОЭМ, но и при любых других двумерных выборках.

## К вопросу проверки качества уравнения регрессии

Минченкова Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим, как проводится прогнозирование индивидуальных значений зависимой переменной. На практике очень часто более важно знать дисперсию  $Y$ , чем ее средние значения или доверительные интервалы на условных математических ожиданиях. Это позволяет определить допустимые границы для конкретного значения  $Y$ .

Пусть нас интересует некоторое возможное значение  $y_0$  переменной  $Y$  при определенном значении  $x_p$  объясняющей переменной  $X$ . Прогнозируемое по уравнению регрессии значение  $Y$  при  $X = x_p$  равно  $y_p$ . Если рассматривать значение  $y_0$  как случайную величину  $Y_0$ , а  $y_p$  — как случайную величину  $Y_p$ , то можно сказать, что  $Y_0 \sim N(\beta_0 + \beta_1 x_p, \sigma^2)$ , а

$$Y_p \sim N\left(\beta_0 + \beta_1 x_p, \sigma^2 \left[1 + \frac{(\bar{x} - x_p)^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}\right]\right).$$

Случайные величины  $Y_0$  и  $Y_p$  являются независимыми, а следовательно, случайная величина  $U = \frac{Y_0 - Y_p}{S_p}$  имеет нормальное распределение с  $M(U) = 0$  и

$$D(U) = \sigma^2 \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{x} - x_p)^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}\right].$$

Но тогда можно сказать, что случайная величина

$$\frac{U}{S_p} = \frac{Y_0 - Y_p}{S_p \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{x} - x_p)^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}}}$$

имеет распределение Стьюдента с числом степеней свободы  $\nu = n - 2$ . На основании этого можно сделать вывод, что

$$\text{доверительный интервал } \left( b_0 + b_1 x_p \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-2} S_p \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{x} - x_p)^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}} \right) \text{ определяет}$$

границы, за пределами которых может оказаться не более  $100\alpha\%$  точек.

### Оценка векторного потенциала в потоке вязкой жидкости методом численного моделирования

Бузук А.В., Левкевич В.Е., Новиков А.А.\*

ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь  
Белорусский национальный технический университет\*

Математическая модель описывающая транзитные и вихревые эффекты течения жидкости в русловых водохранилищах – водоема большой площади, но малой глубины  $h(x,y)$  и с медленным течением (модель «мелкой воды» Буссинеска-Сен-Венана) основана на: сохранение расходов воды

$$h_t + \nabla(h\vec{V}) = 0 \quad (1)$$

и импульсов

$$\vec{V}_t + (\vec{V}\nabla)\vec{V} + g\nabla(h+b) + g|\vec{V}|\vec{V}/(c^2h) - \nu\nabla\vec{V} = 0, \quad (2)$$

где  $h(x,y)$  – отметки заложения дна водоема. Естественные граничные условия: задаются нулевые скорости на береговой кромке, а также скорости и базовые отметки глубин на входном и выходном бьефах.

Векторное поле скоростей в постановке (1)-(2) может быть разложено на две составляющие: потенциальную (стационарную) и вихревую (нестационарную)  $\vec{V} = \nabla\varphi(x,y) + \text{rot}(\vec{F}(x,y,t))$ , причем для удовлетворительной оценки транзитной составляющей  $V_{mp} = \text{grad } \varphi(x,y)$  получается из решения упрощенного аналога модели (1)-(2) неоднородному уравнению Лапласа

$$\nabla(h\vec{V}_{mp}) = 0, \quad (3)$$

которое решалось продольно-поперечными прогонками, т.е. методом разделения по пространственным факторам. Численная реализация исходной модели (1)-(2) проводилась сеточно-характеристическим методом. Контур реального водоема вписывается в прямоугольник, который покрывается равномерной разностной сеткой размером 100×200 узлов. В «сухих» узлах сетки задавались пренебрежимо малые глубины. Исходные данные о батометрии, известные только в отдельных точках, вычислялись для всех узлов сетки сплайн-интерполяцией.

По данным численного решения (1)-(2) в каждом значимом узле сетки вычислялась специальная характеристика «модуль колебания скорости»  $\rho(x,y) = \max\left|\frac{\partial}{\partial t}\vec{V}\right|$ , которая корреляционно сравнивалась с компонентами  $u_i$  или  $v_i$  для  $V_{mp}(u, v)$  по упрощенной модели (3) формально описывающими «возможное вихревое движение».

Установлено, что для всего поля коэффициент корреляции не превосходит 0,3, но для областей с малыми  $h(x,y)$  он достигает величин 0,6.



**К вопросу о методическом пособии  
для студентов технических вузов**

Голубева И.А., Мороз О.А.

Белорусский национальный технический университет

Поиск разнообразных способов организации учебной деятельности студентов при увеличении доли самостоятельной работы, тезис «от эффективного преподавания - к эффективному учению» привели нас к мысли о создании цепи методических пособий небольших объемов по различным главам курса высшей математики в технических ВУЗах.

Придерживаясь новой парадигмы высшего образования «от обучения к учению», мы попытались скомпоновать учебный материал в наиболее доступной форме, следуя ассоциативному мышлению обучающегося и, таким образом, решить проблему оптимизации математической подготовки как важной составляющей фундаментального инженерного образования.

Пособие «Элементы линейной алгебры и её приложения» содержит три главы: «Матрицы и определители», «Системы линейных уравнений», «Некоторые приложения матриц». Краткие теоретические сведения иллюстрируются подробно разобранными примерами типовых задач. Дается достаточное количество задач для самостоятельной работы. Кроме основных предлагаются как для решения, так и для анализа решения задачи повышенной сложности, олимпиадного уровня.

Понятие матрицы и основанный на нем раздел математики – матричная алгебра имеют чрезвычайно важное значение для экономистов. Объясняется это тем, что значительная часть математических моделей экономических объектов и процессов записывается в достаточно простой компактной матричной форме. С помощью матриц удобно записывать некоторые экономические зависимости (матрица распределения ресурсов по отраслям, модель Леонтьева многоотраслевой экономики, модель международной торговли). Поэтому в приложениях рассматриваются разнообразные задачи прикладного характера.

Пособие включает и теоретические тесты, основная идея которых исходит из одного простого вопроса: что, по нашему мнению, студентам должны знать и уметь к концу изучения рассматриваемой темы.

Таким образом, пособие

- поясняет ключевые концепции;
- облегчает понимание и формирует стойкие навыки решения задач;
- расширяет кругозор;
- побуждает студентов нести ответственность за собственную учебу.

## О занятиях по математике с заочниками и экзамене в первом семестре

Сухая Т.А., Неверович Т.С., Подкопаева Н.А.  
Белорусский национальный технический университет

В последнее время в число студентов 1-го курса попадает много людей с низкой математической подготовкой. Особенно это заметно среди студентов заочных отделений. Многие из них имеют большие проблемы, некоторые полагают, что заочно можно учиться без особых усилий. Необходимо убедить их в том, что без постоянных настойчивых усилий, направленных на учебу, нельзя успешно закончить вуз и стать инженером.

Прежде всего мы считаем, что необходимо увеличить количество часов на занятия по математике в сессию хотя бы на 30-40%, особенно в 1-ом семестре, т.к. студенты пребывают в состоянии некоторого шока от большого количества учебного материала.

Считаем, что не нужно отдельно читать лекции (на них всего-то часов 6), а отдельно проводить практические занятия. Нужно совмещать и то, и другое. Так как при таком количестве часов не приходится думать о доказательствах, то нужно при рассмотрении темы дать основные понятия, определения, формулы, методы и тут же рассматривать примеры на эту тему, затем следующую тему и т.д. Если же проводить отдельно лекции и практические занятия, то при решении примеров приходится вновь записывать формулы, а на это уходит время. Необходимо также составлять календарный план даже на это небольшое количество часов.

На занятиях в прошлую сессию было решено 79 примеров, рассмотрено примерно 80% материала. Предлагаем накопительную систему сдачи экзамена. За полчаса до окончания консультации выдаем студентам карточки с примерами на производную. Как правило, 80-90% решают верно. Этот пример включаем в экзаменационный ответ. Студентам объявляется, что для получения 4 баллов необходимо решить 2 примера на разные темы и ответить теорию из того, что рассказывалось на занятиях. Если решено три примера и имеется теория, то 5 баллов, а если студент хочет получить больше, чем 5 баллов, то должен отвечать с доказательством. Примеры сначала решают всей группой 1,5 часа. Затем решения задач проверяются. Если решено 2 или 3 примера, то затем студенты по 3 человека по очереди садятся перед преподавателем отвечать теорию. Если студент решил 1 пример или решил 2 примера, а теорию не ответил, то при пересдаче он выполняет только недостающие пункты.

## Вычисление вершин политопов разбиений чисел

Врублевский А.С.\*, Шлык В.А.

ИООО "Управляющая компания "Атлант-М"\*

Белорусский национальный технический университет

Разбиения чисел на натуральные слагаемые находят приложения в математике, физике, статистической механике и т.д. В построение теории разбиений после Эйлера внесли вклад многие крупные математики. В основном исследования были направлены на вычисление чисел разбиений различных видов и вывод соотношений между классами разбиений [1]. Полиэдральный подход к разбиениям чисел, при котором множество разбиений числа  $n$  рассматривается как политоп в  $\mathbb{Z}^n$ , позволяет исследовать его комбинаторно-геометрическую структуру [2]. Вершины политопов образуют базис множества всех разбиений  $n$ , поскольку каждое разбиение является выпуклой комбинацией вершин. Среди вершин выделяют опорные вершины, из которых можно построить все остальные с помощью двух операций слияния частей [3].

Построены вершины и опорные вершины всех политопов для  $n < 100$ . Алгоритм программы основан на рекуррентном соотношении между множествами вершин политопов, а также достаточных и, отдельно, необходимых условиях для вершин [3, 4]. В трудных случаях для отсеивания разбиений, не являющихся вершинами, используется универсальная, но медленная, программа Polymake [5] с разработанными функциями для загрузки/выгрузки данных и обработки результатов.

Вычисления показали, что числа разбиений, вершин и опорных вершин существенно различаются. Последовательности чисел вершин и опорных вершин включены в Онлайн-энциклопедию Слоана «Целочисленные последовательности» (номера A203898 и A203899).

## Литература

1. Эндриус, Г. Теория разбиений. М.: Наука, 1982, 255 с.
2. Shlyk, V. A. Polytopes of Partitions of Numbers // *European J. Combin* 2005, Vol. 26, № 8, P. 1139–1153.
3. Шлык, В. А. О вершинах политопов разбиений чисел // *Докл. НАН Беларуси*. 2008, Т. 52, № 3, С. 5–10.
4. Шлык, В. А. Комбинаторные операции порождения вершин политопа разбиений чисел // *Докл. НАН Беларуси*. 2009, Т. 53, № 6, С. 27–32.
5. Gawrilow, E., Joswig, E.M. Polymake: a framework for analyzing convex polytopes // in *Polytopes — Combinatorics and Computation*, eds. G. Kalai and G.M. Ziegler *Polytopes-combinatorics and computation*, Basel: Birkhauser 2000, P. 43–73.

## Некоторые аспекты профилирования курса математики для студентов строительных специальностей втузов

Гурина Т.Н., Яблонская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Математическое образование является важнейшей составляющей в системе фундаментальной подготовки современного специалиста инженерного профиля. Сложность построения математического образования в техническом вузе состоит в том, что математика имеет двойственное положение. С одной стороны, она выступает как особая общеобразовательная дисциплина, с другой стороны, для большинства специальностей технических вузов математика не является профилирующей дисциплиной, и студенты воспринимают ее как некоторую абстрактную дисциплину. Поэтому, кроме формирования у студентов математических понятий и соответствующих умений, целесообразно развивать у них правильное представление о роли математики вообще и различных ее методов при решении новых научных и технических задач.

Для реализации сформулированной выше проблемы профилирования курса математики мы используем все формы учебной работы, учебно-исследовательскую и научно-исследовательскую работу. В частности для студентов строительных специальностей экономического профиля в учебном процессе предлагаются следующие задачи: определение объема выпускаемой продукции, определение коэффициента неравномерности распределения доходов, определение потребительских излишков, построение и анализ модели естественного роста производства, роста выпуска продукции в условиях конкуренции, модели рынка с прогнозируемыми ценами.

Наиболее целесообразной формой реализации учебно-исследовательской работы является кружковая работа, как несложно реализуемая и доступная для большинства студентов. Для проведения кружковой работы подобраны вопросы и задачи прикладного и профилированного характера, такие как: задачи об оценке характеристик производимых строительных материалов; задачи о сравнении работы двух производственных линий по результатам статистических данных, задачи по организации строительства с использованием теории массового обслуживания.

Таким образом, профилирование курса математики в техническом вузе объединяет в единое целое все структурные элементы учебно-воспитательного процесса и способствует повышению его эффективности. Междисциплинарные связи обеспечивают усвоение знаний, способствуют активизации мыслительной деятельности, осуществлению переноса теоретических знаний на практическую деятельность обучаемых.

УДК 51(077)

**Об учебно-методическом пособии по теме «Определенный интеграл»**

Ерошевская В.И., Ерошевская Е.Л.

Белорусский национальный технический университет.

В вузе основной формой теоретического обучения является лекция, которая отличается компактностью, выразительностью, имеет отчетливую стройность.

Для закрепления теоретических положений на практических занятиях целесообразно убедиться, что теория студентами изучена.

Нами составлено учебно-методическое пособие, которое посвящено такому важному разделу математики, как «Определенный интеграл». Эта тема является достаточно сложной для изучения студентами, как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Пособие содержит теоретический материал, оно содержит, в том числе и материал, посвященный приложению «Определенного интеграла» к решению задач математики и механики. Теоретические выкладки снабжены примерами.

В учебно-методическом пособии имеется подборка заданий различных уровней сложности для каждого практического занятия, так как наша задача состоит в том, чтобы поднять уровень образованности студентов, активизировать их познавательную деятельность в зависимости от способностей и склонностей.

В соответствии с учебным планом и рабочей программой по курсу математики подборка задач разбита на 6 частей.

Наборы задач для внеаудиторных заданий снабжены ответами. А также приведен дидактический материал (30 вариантов) для самостоятельной проверки усвоения студентами темы «Определенный интеграл».

Пособие рекомендовано учебно-методическим объединением высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию в области горнодобывающей промышленности.

Литература

1. Ерошевская, В.И., Ерошевская, Е.Л. Определенный интеграл. Учебно-методическое пособие. – Минск, БНТУ 2011. 118 с.

УДК 51(077)

**К вопросу об изучении темы «Статистика»  
на факультете горного дела и экологии**

Ерошевская В.И., Ерошевская Е.Л., Минченкова Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Основной задачей преподавателя высшей школы является не только передача информации студентам, но и обучение студентов методам самостоятельной работы.

Важным в организации учебного процесса является методическое обеспечение по курсу «Математика». С этой целью мы составили учебно-методическое пособие по теме: «Математическая статистика».

Основная форма теоретического обучения – лекция. На ФГДЭ по данному разделу математики лекции отсутствуют.

Пособие включает вопросы к зачету, список литературы, краткие теоретические сведения. Теоретический материал иллюстрируется решением достаточного количества типовых примеров.

Для каждого практического занятия приведены задачи для внеаудиторной работы студентов.

Для проведения занятий в работе приведены таблицы значений функций, необходимые для решения задач. Центральное место в развитии творческого подхода у студентов по решению различных задач занимает самостоятельная работа над изучаемым материалом. Следовательно, на практических занятиях необходимо больше уделять внимания самостоятельной работе студентов под руководством преподавателя.

Для определения уровня усвоения студентами изучаемых тем, на каждом практическом занятии необходимо оценивать умения и навыки по качественному выполнению домашнего задания по десятибалльной шкале. При этом важным моментом является подбор задач, в которых требуется получить оптимальное решение.

УДК 612.313.333

### **Расчёт и моделирование электромагнитного поля асинхронного торцевого двигателя**

Ерошин С.С., Малыгин Ю.А.

Восточноукраинский национальный университет им. В.Далы  
(г. Луганск, Украина)

Прогресс современной науки и техники неразрывно связан с применением электрической энергии в различных производственных процессах и устройствах. Основными потребителями электрической энергии являются электрические машины переменного тока - асинхронные и синхронные. Асинхронный двигатель широко применяется во всех отраслях народного хозяйства, благодаря простоте конструкции, сравнительно малой массе и габаритам. Трехфазный асинхронный двигатель получил широкое распространение в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и бытовой технике.

Многими преимуществами среди асинхронных двигателей обладают асинхронные торцевые двигатели с безпорным ротором, который одновременно является и рабочим органом. Такие двигатели универсальны,

имеют прямой привод, малую массу. За счёт отсутствия узлов трения и потерь таких двигателей минимален, достигается высокая надёжность и долговечность.

Но, наряду с вышеперечисленными преимуществами, эти двигатели имеют недостаток – низкий КПД. Исследование таких двигателей показало, что расчёт и моделирование электромагнитных полей, их оптимизация является крайне важной задачей при конструировании подобных двигателей, позволяющей добиться максимального КПД и устойчивого вращения ротора в заданном положении.

Разработаны методы и способы моделирования и расчётов электромагнитных полей статора, позволяющих оптимизировать КПД асинхронного торцевого двигателя с безопорным ротором.

УДК 621.01.(075.8)

### **Проверка правильности разработанной технологической схемы сборки компьютерным 3D моделированием**

Кирсанов А.Н., Кожемякин В.Г.

Восточноукраинский национальный университет им. В.Далы  
(г. Луганск, Украина)

Сборка изделий является заключительным этапом производственного процесса и от качества ее выполнения зависят эксплуатационные характеристики, надёжность и долговечность машин.

Важным этапом разработки технологического процесса (ТП) сборки является составление схемы сборки изделия. Технологическая схема сборки обеспечивает наглядное изображение сборочного процесса и является удобным оперативным документом, показывающим последовательность выполнения сборочных операций. Схема сборки – так же и организационный документ, согласно которому организуется выполнение сборочного процесса, производится комплектование машины, подача сборочных единиц и деталей в надлежащей последовательности к месту сборки.

При наличии образца изделия составление технологической схемы сборки упрощается. В этом случае последовательность сборки может быть установлена и проверена в процессе его пробной разборки.

Правильность последовательности выполнения соединения деталей при проектировании ТП сборки новых изделий позволяет SolidWorks Animator – специализированный модуль популярной САПР SolidWorks, предназначенный для разработки анимационных роликов на основе 3D-моделей. Он позволяет визуализировать процессы сборки рассматриваемого узла или изделия. Последовательность и независимость сборки обеспечивается постепенным введением в собираемый объект 3D-моделей необходимых де

ной таким образом, чтобы ранее установленные не затрудняли дальнейшую сборку, не нарушали точность и другие параметры соединений. Информативный построения сечений и разрезов, измерения и обнаружения ошибок позволяет выполнить детальную проверку и оптимизацию технологических операций. Solidworks позволяет виртуально проверить правильность процесса сборки до запуска в производство, уменьшает риски, связанные с внесением изменений в действующие или внедрением новых технологических процессов сборки

УДК 621.313.333

### **Математическая модель дискового асинхронного двигателя с ротором без механических опор**

Ерошин С.С., Мирошник С.А.

Восточноукраинский национальный университет им. В.Дала  
(г. Луганск, Украина)

Одним из перспективных направлений современного машино- и приборостроения является создание машин с прямым приводом инструмента или рабочего органа. Применяв дисковый асинхронный двигатель (ДАД) специальной конструкции, можно кольцевой инструмент привести в устойчивое вращательное движение и удерживать в пространстве без механических опор и электрических контактов за счет сил магнитного поля.

Важным показателем ДАД с кольцевым ротором без механических опор является его механическая характеристика, которая может быть уточнена, если известен закон распределения вихревых токов в роторе.

Токи в сплошном роторе ДАД, в отличие от короткозамкнутой обмотки, имеют тангенциальные составляющие в рабочей зоне электродвигателя, которые создают бесполезные радиальные силы. Они не участвуют в создании вращающего момента и вызывают дополнительные потери.

С увеличением частоты тока в роторе возникает эффект вытеснения тангенциальных составляющих тока к периферии ротора. В результате чего плотность тока в радиальном направлении распределена не равномерно. При этом активное сопротивление ротора увеличивается.

Реальное неравномерное распределение тангенциальных вихревых токов в активной части ротора, было заменено равномерным распределением в эквивалентных зонах, расположенных на перифериях ротора.

В результате исследования математической модели получены механические характеристики двигателя со свободным кольцевым ротором в зависимости от геометрических и электрических параметров. Установлено, что вращающий момент ротора с ростом скольжения монотонно увеличивается. При увеличении толщины ротора момент быстро возрастает и дос-



тигает максимального значения. После перехода, через максимум наблюдается менее интенсивное его убывание. Результаты теоретических исследований подтверждены средствами компьютерного моделирования

УДК 51(077)

### **Промежуточный экзамен как форма организации контроля знаний по математике в первом семестре**

Подкопаева Н.А., Подкопаев П.А.\*

Белорусский национальный технический университет

Военная академия Республики Беларусь\*

Математика в техническом вузе читается на первом и втором курсах обучения и является для студентов одним из самых трудных для усвоения предметов. С целью успешной адаптации студентов-первокурсников к процессу обучения в вузе предлагается проводить рубежный контроль в первом семестре в форме промежуточного экзамена. На контроль предлагается выносить темы раздела «Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии». В билеты промежуточного экзамена включаются по два теоретических вопроса и по три задачи раздела. Экзамен проводится в письменной форме по группам во время аудиторных практических занятий. По результатам экзамена проводятся индивидуальные консультации студентов.

Опыт проведения рубежного контроля в такой форме у студентов первого курса ФТК БНТУ показал, что промежуточный экзамен в первом семестре выполняет не столько оценивающую, сколько обучающую функцию. Во время подготовки к экзамену студент обобщает полученные знания по конкретному разделу и систематизирует их. На индивидуальной консультации после экзамена анализирует результат и видит реальный уровень своих знаний. Анализируется также выставленная преподавателем оценка.

Экзамен, как и любая форма контроля в вузе, имеет свои особенности, которые нужно знать студенту первого курса, вчерашнему школьнику. Промежуточный экзамен позволяет студенту ознакомиться с методикой проведения экзамена и критериями оценок до начала первой сессии. В идеале, к экзамену нужно начинать готовиться с началом учебного процесса по данному курсу, но далеко не все студенты начинают такую подготовку. Подготовка к промежуточному экзамену будет стимулировать студентов качественно проработать, осмыслить и усвоить теоретическую часть курса во время семестра, систематизировать его практическую его часть. Фактически промежуточный экзамен является «репетицией» экзамена по математике в сессию. Оценка, полученная студентом на промежуточном экзамене, учитывается при выставлении экзаменационной оценки.

**О новых видах разложения гладких функций в ряды Фурье**

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Применение разрабатываемого автором операторного метода даст возможность получать аналитические разложения гладких функций в неортонормальные ряды. Здесь предлагается новое разложение в ряд вида

$$\text{sh}ax = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \sin \frac{m}{n} x.$$

Применяя операторный метод получаем

$$\text{sh}ax = \frac{2\text{sh}m\pi a}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} n}{m^2 a^2 + n^2} \sin \frac{n}{m} x. \quad (1)$$

В частности при  $m = 1$  получаем известное разложение

$$\text{sh}ax = \frac{2\text{sh}\pi a}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} n}{a^2 + n^2} \sin nx. \quad (2)$$

Полученный ряд (1) по своей сущности является новой разновидностью рядов Фурье. При  $m \neq 1$  ( $m \neq 0$  всегда) для этого ряда не выполняется условие неортонормальности, т.е. он не принадлежит семейству неортонормальных рядов. Теория сходимости таких рядов, в отличие от неортонормальных, не разработана.

Кроме этого операторным методом было получено разложение

$$\tau = \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \sin(2kt)x}{(2k+1)^2},$$

которое совпадает с известным, а также новое раз-

ложение  $x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1} \sin 2kx}{(2k+1)^2}$ , не встречающееся пока на практике.

Исследование сходимости рядов (1) и (2) открывает новую страницу в теории рядов.

**Об одной разновидности общего решения динамических задач теории упругости**

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

В научной литературе известны общие решения динамических задач теории упругости, основанные на представлении перемещений через три функции, зависящие от трех координат и времени. Эти функции не явля-

ются произвольными, а удовлетворяют определённым операторным уравнениям. Чаще всего этим уравнением является квадрат Лапласиана, а сами функции по этой причине называются бигармоническими.

В данной работе предложен послойный метод решения исходной задачи. Его сущность заключается в том, что перемещение упругой среды представляется в виде тригонометрических операторных функций, аргументом которых является произведение продольной координаты слоя на корень из поперечного даламбертиана, а именно

$$u = (A_k \sin x_k \sqrt{\bar{\Delta}_k} + B_k \cos x_k \sqrt{\bar{\Delta}_k}) f(\bar{x}_k),$$

$$v = (C_k \sin x_k \sqrt{\bar{\Delta}_k} + D_k \cos x_k \sqrt{\bar{\Delta}_k}) f(\bar{x}_k),$$

$$w = (E_k \sin x_k \sqrt{\bar{\Delta}_k} + F_k \cos x_k \sqrt{\bar{\Delta}_k}) f(\bar{x}_k),$$

где  $A_k, B_k, C_k, D_k, E_k, F_k$  - операторные коэффициенты  $k = 1, 2, 3$ ,

$$\bar{\Delta}_k = \frac{c^2}{\partial x_1^2} + \frac{c^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} - \frac{c^2}{\partial x_k^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}, \quad c_3 - \text{скорость поперечных волн, } f(x_k)$$

произвольная координатная функция, не зависящая от координаты с текущим номером  $k$ , а зависящая от двух других координат.

Здесь, как принято в тензорном исчислении, идет суммирование по вторяющемуся индексу  $k$ .

Предложенный выше новый способ решения динамических задач теории упругости имеет ряд преимуществ. В частности, кроме того, что в решении фигурирует произвольная аналитическая функция координат можно рассматривать распространение волны в слоях, где можно учитывать красные условия, в отличие от распространения волны во всем пространстве, где ставятся лишь условия на бесконечности.

УДК 629.735

### Сравнительный анализ производственной однородной CES функции с функцией Кобба-Дугласа

Бубнов В. Ф., Шевченко Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Проводится сравнительный анализ поведения однородной CES функции с постоянным эффектом от расширения масштаба производства  $Y = F(K, L) = (A \cdot K^{-\rho} + B \cdot L^{-\rho})^{-1/\rho}$  с известной степенной производственной функцией типа Кобба-Дугласа  $Y = F(K, L) = A \cdot K^\alpha \cdot L^\beta$  при  $\alpha + \beta = 1$  и постоянным объемом выпуска  $Y = C$ . Для этого исследуются функции зависимости капитала от труда  $K = B \cdot L^{-\beta/\alpha}$  и  $K = A^{1/\rho} \cdot (C^{-\rho} - B \cdot L^{-\rho})^{-1/\rho}$  со-

ответственно. В результате получены предельные равенства для факторов производства двух этих производственных функций.

Проведен также сравнительный анализ функции производительности труда  $f(k) = A \cdot k^\alpha$  для производственной функции типа Кобба-Дугласа с функцией производительности труда  $f(k) = (A \cdot k^{-p} + B)^{-1/p}$  для однородной CES функции с постоянным эффектом от расширения масштаба производства. Получены предельные величины роста производительности труда как в одном, так и в другом случае. При неограниченном росте фондовооруженности  $k \rightarrow +\infty$  производительность труда для однородной CES функции уже не растет неограниченно, как это имеет место в случае производственной функции типа Кобба-Дугласа, а ограничивается величиной  $B^{-1/p}$ , что весьма важно при макроэкономическом моделировании. В результате сравнительного анализа выявлен главный недостаток производственной функции типа Кобба-Дугласа - это полная заменяемость факторов производства.

УДК 629.735

### **Об организации самостоятельной работы студентов при изучении курса по математике с использованием современных информационных технологий**

Бубнов В. Ф., Шевченко Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Уровень подготовки выпускника технического вуза определяется не только объемом теоретических знаний, но и способностью эти знания продуктивно использовать в своей профессиональной деятельности. Важнейшим элементом в системе подготовки будущих инженеров является организация самостоятельной работы. Цементирующим же звеном этого является ее рациональная организация на углубленное изучение теоретического материала, выполнение практических и лабораторных работ, приобретение навыков научно-исследовательской работы. И, естественно, существенную роль в этом играют современные информационные компьютерные технологии, одной из форм которых, является создание электронных учебников. Каждый из них должен включать теоретическую часть, контрольные задания, лабораторные работы и вопросы для самопроверки. Такая структура электронных учебников и пособий позволит студентам более глубоко изучать материал при самостоятельной подготовке к занятиям, повысит их интерес к учебе, что, несомненно, скажется на их уровне знаний.

Следует отметить, что важнейшим видом самостоятельной работы является выполнение студентами лабораторных работ. На кафедре создано электронное пособие по выполнению двух циклов лабораторных работ - по приближенным методам анализа и по методам математической статистики. При

выполнении этих работ ПЭВМ становятся очень важным и мобильным средством, а оперативная связь СТУДЕНТ - ПЭВМ - СТУДЕНТ способствует приобретению практических навыков работы и позволяет более глубоко проникнуть в суть изучаемого вопроса. Задания по лабораторным работам согласованы с преподавателями общетехнических и специальных кафедр строительного профиля, а это, несомненно, повышает их практическую значимость.

Важным видом самостоятельной работы студентов является также подготовка к практическим занятиям. Использование для этих целей различных электронных средств является очень полезным.

УДК 539.3

### Решение одной вязкоупругой задачи в терминах специальных функций

Крушевский Е.А., Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе [1] рассматривался переход от упругой к вязкоупругой постановке в задаче о воздействии сосредоточенной нагрузки на полупространство при движении по его поверхности. После разложения ([3]) поля перемещений на потенциальную и соленоидальную составляющие ( $\bar{U} = \nabla\Phi + \bar{U}^i$ ) применен метод Фурье разделения переменных для каждого из скалярных составляющих правой части последнего представления. В терминах комплексного представления констант Ламе  $\lambda_1 + i\lambda_2$  и  $\mu_1 + i\mu_2$  для весовых коэффициентов двумерных интегралов Фурье которых получены следующие системы уравнений:

$$\begin{cases} ((\lambda_1 + 2\mu_1)(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_1^2) - c^2\rho\alpha^2)\Phi_1 - ((\lambda_2 + 2\mu_2)\alpha^2 + (\lambda_1 + 2\mu_1)(\beta^2 - \gamma_3^2))\Phi_2 = 0 \\ ((\lambda_2 + 2\mu_2)\alpha^2 + (\lambda_1 + 2\mu_1)(\beta^2 - \gamma_1^2))\Phi_1 + ((\lambda_1 + 2\mu_1)(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_3^2) - c^2\rho\alpha^2)\Phi_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (\mu_1(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_2^2) - \rho c^2\alpha^2)\bar{U}_1^i - (\mu_2\alpha^2 + \mu_1(\beta^2 - \gamma_4^2))\bar{U}_2^i = 0 \\ (\mu_2\alpha^2 + \mu_1(\beta^2 - \gamma_2^2))\bar{U}_1^i + (\mu_1(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_4^2) - \rho c^2\alpha^2)\bar{U}_2^i = 0 \end{cases}$$

где коэффициенты  $\gamma_i$  выражаются через  $\alpha$  и  $\beta$  ([2]). Рассматривая случаи вырожденности и не вырожденности систем, приходим к различным формулам, из которых, после выполнения условий сопряжения балки и полупространства на основе формул ([3]) можно записать выражения для действительной и мнимой части нормального перемещения поверхности упругого полупространства под движущейся нагрузкой. Получены явные выражения для решений с использованием интегрального синуса и интеграла от функции Макдональда.

Литература

1. Крушевский, Е.А., Кузнецова, А.А. Задача о воздействии сосредоточен-

ной нагрузки – Тезисы докладов международной конференции AMADE-2006, Минск, Беларусь.

Крушевский, Е.А. Кузнецова, А.А., Применение метода Фурье в одной задаче в вязко-упругой постановке – Тезисы докладов международной НТК БНТУ, 2010, Минск, Беларусь.

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

УДК 517.9.625

## Непрерывные преобразования дифференциальных уравнений второго порядка с заданной нелинейностью

• Самодуров А.А.\* , Федорако Е.И.

Белорусский государственный университет\*

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим дифференциальное уравнение

$$y_{xx} + f(x, z)y_x + \Phi(y, z) + F(x, z) = 0, \quad (1)$$

где  $y = y(x, z)$  - функция переменных  $x$  и  $z$ .

Данное уравнение было исследовано теоретико-групповым методом с целью решения обратной задачи группового анализа, а именно: поиска вида функций  $f(x, z)$ ,  $\Phi(y, z)$  и  $F(x, z)$ , для которых соответствующее уравнение вида (1) допускает группу непрерывных по параметру преобразований.

Оказалось, что в случае, когда

$$\Phi(y, z) = - \int \frac{fB_x^3 + B_{xx}^3}{B^3} dy, \quad (2)$$

где  $B^3 = B^3(x, z)$  - произвольная функция, оно будет инвариантно относительно замены переменной  $y = g(y, x, z)$ .

Данное преобразование выражается через функцию  $B^3$ :

$$y^* = y + B^3(x, z)C, \quad (3)$$

где  $C$  – произвольная постоянная.

Интересен тот факт, что преобразование (3) не зависит от вида функций  $f(x, z)$  и  $F(x, z)$ . Таким образом, доказана следующая

**Теорема.** Если дифференциальное уравнение вида (1) удовлетворяет условию (2), то оно является инвариантным относительно замены переменной (3).

Литература

1. Ибрагимов, Н.Х. Алгебра группового анализа/ Н.Х. Ибрагимов // Математика. Кибернетика. М: Знание, 1989. №8. 47с.
2. Зайцев, В.Ф., Полянин, А.Д. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.

З. Самодуров, А.А., Федорако, Е.И. О связи между решениями двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка // Доклады БГУИП. 2011. - №8(62). - С. 5-8.

УДК 004.9:378.147

### **Анализ эффективности применения мультимедийных технологий в преподавании математических дисциплин**

Хотомцева М.А.

Белорусский национальный технический университет

Повышение качества образования предусматривает применение новых и совершенствование существующих методов и методик преподавания. Одной из распространенных в настоящее время методик является чтение лекций с использованием мультимедийной техники («лекции – презентации»). Как известно, преимущества таких презентаций заключаются в одновременном использовании нескольких каналов восприятия информации разных типов (текстовой, графической, анимационной и звуковой); в структурировании излагаемого материала; в визуализации абстрактной информации; в представлении подготовленного материала в концентрированном, сжатом виде.

Однако опыт применения мультимедийных средств показывает, что здесь имеются не только плюсы, но и минусы. У некоторых студентов по причине недостаточной базовой подготовки или из-за индивидуальных особенностей возникают проблемы с восприятием материала с экрана. Специфика многих разделов в математических дисциплинах более приемлет традиционную форму подачи материала.

Цель исследований заключалась в анализе эффективности методики чтения лекций с использованием презентаций и сравнении её с традиционной методикой чтения лекций, а также в разработке рекомендаций по улучшению качества лекций – презентаций. Кроме этого предполагалось исследовать мотивацию студентов к изучению математических дисциплин.

Объектом исследования явилась две выборки студентов института управления и предпринимательства: первая, состоящая из студентов III курса специальности «Бизнес-администрирование» объёмом 23 человека и вторая выборка студентов III курса специальности «Экономика и управление на предприятии» объёмом 48 человек.

Предмет исследования: цикл лекций – презентаций по дисциплине «Эконометрика».

Инструментарий исследования — специально разработанная анонимная анкета, содержащая 10 вопросов, соответствующих целям и задачам исследования. Содержание и результаты обработки анкеты будут представлены в докладе.

**Математическое моделирование  
и численно-аналитические методы  
решения задач механики сплошных сред,  
теории переноса и теории обработки  
информации**



## Распространяющаяся трещина в упругопластическом теле

Нифагин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Феноменологические постановки задач механики разрушения относящиеся к изучению закономерностей процессов развития трещины в условиях возникновения и эволюции пластических деформаций представляют несомненный теоретический и практический интерес [1]. Решение таких задач для материалов с осложненной реологией вывело на первый план прямые численные методы, не позволяющие учесть особенности распределения локальных полей напряжений и деформаций в окрестности вершины растущей трещины. В то же время важнейшим в процессе развития трещины является начальный этап распространения трещины в упрочняющемся теле, механико-математическому описанию которого посвящена работа. Предположим, что конечная трещина длины  $\ell_0$  остается неподвижной для достаточно малых значений коэффициента интенсивности  $K$ . Пусть в процессе роста достигается значение  $K_0$  предшествующее страгиванию трещины. Значения  $K = K_0 + \delta K$  соответствуют смежному состоянию с приращением  $\Delta \ell = \ell \cdot \ell_0$  длины трещины.

Рассматривается постановка краевой задачи для плоской деформации упругопластической плоскости с трещиной общего вида с определяющими соотношениями изотропной теории течения в полярной системе координат. Краевые условия записываются из условий симметрии задачи и условий на свободной поверхности берегов. При этом возникает разделение на две задачи в зависимости от величины параметра разделяющего зоны активного нагружения и разгрузки. Задачи решаются редукцией к последовательности связанных краевых задач на собственных значения для обыкновенных дифференциальных операторов. Численно-аналитический метод решения задач на собственные значения базируется на модифицированном методе пристрелки.

Установлены изменения в геометрии локальных пластических зон у вершины трещины, исчезновение зон вторичного пластического нагружения и уменьшение порядка особенности главного члена по деформациям и напряжениям.

### Литература

1. L. V. Freud Dynamic Fracture Mechanics, Brown University, Cambridge. 1998.

## Определение начального направления роста трещины на основе локального критерия разрушения

Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

При анализе распространения трещин используются глобальные и локальные подходы. Так для определения направления развития трещины под действием приложенных нагрузок применяются локальные силовые, деформационные и энергетические критерии.

Формулируя локальный критерий начального направления роста трещины на основе принципа осреднения напряжений в зоне процесса разрушения у вершины конечной трещины, воспользуемся выражениями для тангенциальных напряжений [1]. Идея данного подхода заключается в нахождении максимального значения осредненного напряжения при различных приложенных нагрузках и определения соответствующего ему значения полярного угла.

Для оценки возможностей осредненного критерия рассматривается задача для упругой плоскости с конечной трещиной и нагружении смешанного типа (I+II) на бесконечности для мрамора, известняка и гранита [2].

На рис. 1 приведены графики осредненного тангенциального

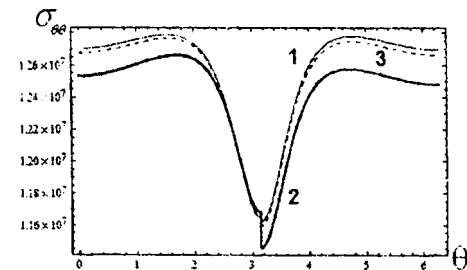


Рис. 1 -- Графики осредненных тангенциальных напряжений для конечной трещины (мрамор - 1, известняк - 2, гранит - 3)

напряжения для единичной трещины, при приложенных нагрузках  $\tau = 20$  МПа,  $\sigma = 14,06$  МПа,  $\chi = 14,22$  МПа, и радиусе  $r = 0,484$ . Концепция осреднения напряжений у вершины трещины вычислительна эффективна при поиске траектории начального роста трещины. Она позволяет спрогнозировать направление роста трещины и дает хорошее соответствие с экспериментальными данными.

### Литература

1. Shahani, A. R., Tabatabaei, S. A. Effect of T-stress on the fracture of a four point bend specimen// Materials and design. – 2009. – Vol. 30. – P. 2630-2635.
2. Ayatollahi, M.R. On the Use of Brazilian Disc Specimen for calculating Mixed Mode I-II Fracture Toughness of Rock Materials / M.R. Ayatollahi, M.R.M. Aliha // Engineering Fracture Mechanics, 2008. – Vol. 75.

**Аппроксимация экспертных оценок**

Романчук В.М., Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

Сущность метода экспертных оценок заключается в том, что в основу математической модели закладывается субъективное мнение специалиста или коллектива специалистов, основанное на практическом опыте. При субъективном измерении испытуемый выполняет функции измерительного прибора.

Широко известный Метод Анализа Иерархий (МАИ) – математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений. Автор МАИ оказался талантливым популяризатором и метод получил широкое распространение. Так в 2007 году проходил симпозиум в Вальпараисо, где было представлено более 90 докладов ученых из 19 стран, включая США, Германию, Японию. Подчеркнем, что в МАИ (1970) отсутствует обоснованная математическая модель, что может приводить к логически противоречивым выводам. На это и обратил впервые внимание Подиновский В.В. (2011). В настоящий момент нет веских оснований использовать метод в задачах экспертного оценивания.

Вместе с тем МАИ позволяет понятным и рациональным образом структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения. На наш взгляд существует необходимость в построении обоснованной модели функции предпочтения с сохранением некоторых конструктивных особенностей метода МАИ (вербально-цифровая шкала). Предлагается вариант построения функции предпочтения по результатам парного эксперимента и два способа таких оценок – глобальный, который требует построения общей математической модели, и локальный, который позволяет сравнить между собой несколько вариантов. При построении функции предпочтения могут использоваться различные методы аппроксимации. В сложных случаях будем использовать технологию Л-вейвлета. С точностью до линейного преобразования функция предпочтительности соответствует конкретной измерительной шкале, т.е. имеет определенный эвристический смысл.

Метод приближения дельта-образными функциями с позиций теории нечетких множеств можно было бы назвать “аппроксимация с изменяющейся мерой нечеткости множеств”. Хотя метод Л-вейвлета использует нестандартный тип вейвлета, сама реализация алгоритма интуитивно понятна и не требует от исследователя изучения специальной теории, не требует даже изучения теории нечетких множеств.

**Уравнение для связанных состояний и оценка масс различных семейств мезонов**

Остапенко А.В.

Белорусский национальный технический университет

К настоящему времени в результате экспериментов, выполняемых на ускорителе накоплено огромное количество экспериментальных данных по различным семействам элементарных частиц. Исследование этого материала представляет большую и насущную научную проблему.

В этой связи большое значение приобретает исследование релятивистского фермион-антифермионного уравнения, являющееся базовым при описании систематики мезонных состояний. Нами изучены два наиболее важных случая описания сильных взаимодействий: первый – описание на основе кулоновского потенциала и второй – линейного потенциала, отвечающего за запертие кварков. Для случая нормального делителя  $M=+1$  кулоновский потенциал приводит к гипергеометрическому уравнению и следующей формуле для вычисления дискретного спектра энергий мезонов:

$$E = 2m \left( 1 - \frac{4\alpha_s^2}{(\lambda_s + n_s)^2} \right)^{1/2} = 2m \left( 1 - \frac{4\alpha_s^2}{(1 + \sqrt{1 + 4J(J+1) + 4\alpha_s^2 + 2n_s})^2} \right)^{1/2} \quad (1)$$

В случае  $M=-1$  исходную систему уравнений можно свести к матричному дифференциальному уравнению второго порядка, которое для случая  $J=0$  дает такую формулу для дискретного спектра энергий:

$$E_{\pm, n} = 2m \sqrt{1 - \frac{4\alpha_s^2}{(1 + 2n \pm \sqrt{4\alpha_s^2 - 7})^2}} \quad (2)$$

Иная картина наблюдается в случае линейного потенциала. В этом случае уравнение сводится к уравнению Куммера, а для спектра энергий двухчастичных состояний получается следующая простая формула ( $J=0$ ):

$$E = \sqrt{2[k(2n+1)]} \quad (3)$$

Результаты расчетов по формулам (1)–(3) дают удовлетворительное согласие с экспериментальными данными для всех известных кварк-антикварковых состояний мезонных семейств: легких мезонов, очарованных и боттомниевых состояний. Полученные выражения для оценки энергий  $E$  масс мезонных семейств проводить расчеты как на основе потенциала кулоновского типа, так и линейного.

**Особенности обратной связи фазового сопряжения  
и возможности их использования**

Серебрякова Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Явление фазового сопряжения (ФС, англ. phase conjugation), или обращения волнового фронта (ОВФ) [1], состоит в том, что волновой фронт падающий на нелинейно-оптическую среду, отражается от нее в виде обращенного волнового фронта с комплексно-сопряженной амплитудой т.е. с инвертированной фазой и противоположным направлением распространения. Наиболее востребованное применение ОВФ в оптике и лазерной физике - динамическая коррекция фазовых искажений световой волны. Была показана возможность коррекции также и амплитудных искажений. Так, нами был рассмотрен рассеиватель произвольного вида, помещенный между двумя ОВФ-зеркалами, и проанализированы некоторые "симметричные" ситуации, в которых, несмотря на многократные переотражения между рассеивателем и ОВФ-зеркалами, существенного усложнения или хаотизации пространственного спектра поля не происходит [2]. Результаты имеют достаточно общий характер и могут быть использованы при анализе свойств одно- и двухзеркальных ОВФ-резонаторов. Обратная связь фазового сопряжения используется для повышения стабильности параметров полупроводниковых и твердотельных лазеров. Т.к. фаза волны отраженной от ОВФ-зеркала, от его положения не зависит, замена обычного зеркала обратной связи на ОВФ-зеркало существенно ослабляет чувствительность параметров диодного лазера к изменениям положений зеркал резонатора. Энергетическая эффективность и стабильность генерации т.н. петлевых схем твердотельных лазеров (самоорганизующихся лазеров на динамических решетках) [3] во многом обусловлены процессами четырехволнового смешения в активной среде лазера, поэтому при анализе таких схем необходимо учитывать общие свойства одно- или двухзеркальных ОВФ-резонаторов. С учетом способности ОВФ-зеркала инвертировать, а значит, с точностью до знака, сохранять пространственное распределение фазы падающего поля, нами была теоретически показана возможность процессов восстановления информационных компонентов поля (зарегистрированных или считывающего полей) из шумовых в системе тонкая голограмма - ОВФ-зеркало [4], которые следует учитывать в системах с обратной связью фазового сопряжения.

1. Зельдович, Б.Я. Обращение волнового фронта. Москва. 1985.
2. Serebryakova, L.M. / ICQO'2006. Minsk. May 26-31 2006. – P. 48.
3. Antipov, O.L. / Opt. Com. – 1998. – V. 152. – P. 313.
4. Rubanov, A.S., Serebryakova, L.M. / Proc. SPIE. – 2003. -V. 5135. -P. 130.

## Об использовании голограммы взаимно обращенных волн в дифракционных резонаторах

Серебрякова Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, для формирования коллективной пространственной моды излучения, генерируемого линейкой (матрицей) независимых лазерных источников, часто используется внешний резонатор с «модоселектирующим» дифракционным зеркалом (далее – ДЗ) [1]. ДЗ – это фазовый элемент, рассчитанный на инверсию фазы излучения определенной пространственной моды, которая, тем самым, становится фундаментальной, т. е. имеющей минимум потерь. Следует отметить, что резонатор на основе ДЗ адаптирован только к определенной моде, что принципиально отличает его от резонаторов на основе нелинейных динамических ОВФ-зеркал, которые способны инвертировать и, тем самым, поддерживать любую пространственную конфигурацию поля.

В настоящей работе показано, что функцию ДЗ внешнего резонатора способна осуществлять т.н. «голограмма взаимно обращенных волн» (ГВОВ), которая была предложена и изучена нами ранее [2] в рамках исследования ассоциативных свойств тонких голограмм. ГВОВ представляет собой линейную безпорную регистрацию интерференционного поля взаимно обращенных объектных волн (в качестве которых в данном случае выступает излучение линейки диодов) и обладает способностью восстанавливать полную зарегистрированную волну (изображение) по ее неполной или искаженной версии, причем в обращенном отраженном свете. Такое сочетание ассоциативных и фазосопрягающих свойств позволяет использовать ГВОВ в качестве адаптированного (избирательного) «статического ОВФ-зеркала» (в отличие от обычного ОВФ-зеркала, которое в этой связи можно рассматривать как «универсальное динамическое»). В рамках подхода мод связи теоретически показано [3], что подобно обычному ДЗ, ГВОВ реализует эффективную взаимосвязь линейки диодов и формирует коллективные пространственные моды излучения. В предположении гауссовых диодных источников и с учетом геометрии задачи коэффициенты матрицы связи получены аналитически. Это открывает перспективы для полностью аналитического последовательного рассмотрения всего круга вопросов, связанных с формированием коллективных пространственных мод излучения в рассматриваемой системе.

1. Leger, J.R. Appl. Opt. 34 (1995), N 21, 4302.

2. Рубанов, А.С., Серебрякова, Л.М. Опт. и спектр. 78 (1995) 984.

3. Серебрякова, Л.М. Сб. тезисов 9-й МНК «Лазерная физика и оптические технологии», 30 мая – 2 июня 2012 г., Гродно. – С. 46.

## Рекуррентное интегрирование как решение интегральных рекуррентных соотношений

Волкович П.Ф., Михнова Н.С.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что если функции  $u = u(x)$  и  $v = v(x)$  имеют в рассматриваемом интервале значений переменной  $x$  непрерывные производные всех порядков вплоть до  $(n+1)$ -го порядка включительно, то справедлива обобщенная формула интегрирования по частям

$$\int u v^{(n+1)} dx = u v^{(n)} - u' v^{(n-1)} + u'' v^{(n-2)} - \dots + (-1)^{n+1} \int u^{(n+1)} v dx. \quad (1)$$

При выполнении достаточных условий асимптотического разложения интеграла в левой части выражения (1) при  $n \rightarrow \infty$  из выражения (1) получаем

$$\int u v^{(n+1)} dx = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i u^{(i)} v^{(n-i)}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

Если множество  $\{v^{(n-i)}\}$  состоит из производных функции  $v$  экспоненциального типа конечного порядка  $r$ , а функция  $u$  – по крайней мере  $(n+1)$  раз дифференцируема, то из разложения (1) получаем интегральное рекуррентное соотношение того же порядка  $r$ , что и функции  $v^{(n-i)}$ , а именно

$$I_{n+1} = \sum_{i=0}^r (-1)^i u^{(i)} v^{(n-i)} + (-1)^{n+1} I_{n-r}, \quad I_{n+1} = \int u v^{(n+1)} dx, \quad I_{n-r} = \int u^{(r)} v^{(n-r)} dx. \quad (3)$$

В общем случае, при выполнении достаточных условий асимптотического разложения интеграла и если функции  $v^{(n-i)} = v^{(k)}$  ( $k = 0, 1, 2, \dots, r$ ) образуют базис, интегрированием по частям также приходим к соотношению вида (3). Общее решение соотношения (3) ищем по множеству последовательностей  $\{I_i\}$  частных решений. Это решение единственно, если начальные члены  $I_0, I_1, \dots, I_r$  определены интегрированием по частям соответствующих выражений, а все другие члены выражены через них с помощью рекуррентного соотношения (3). В этом случае общий член  $I_n$  последовательности  $\{I_i\}$  частных решений определяется как функция ее начальных членов  $I_0, I_1, I_2, \dots, I_r$  с помощью метода математической индукции.

**Лабораторный практикум по математике  
как часть учебно-методического комплекса**

Шифагин В.А., Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Лабораторный практикум по математике для студентов МТФ является составной частью учебно-методического комплекса, создаваемого на кафедре инженерной математики БНТУ. Такой комплекс дает студентам возможность самостоятельно приобретать знания и проводить исследовательскую деятельность. В последнее время большое развитие получило новое научное направление – компьютерная математика. Компьютерная математика – это совокупность методов и средств, обеспечивающих максимально комфортную и быструю подготовку алгоритмов и программ для решения математических задач любой сложности с высокой степенью визуализации всех этапов решения. С целью автоматизации научно-технических расчетов и для математического моделирования природных явлений и технических устройств были разработаны программные системы компьютерной математики. Сейчас системы компьютерной математики представлены пакетами MathLab, Mathematics, Maple, Statistics и др. Лабораторный практикум состоит из шести работ. Первая работа посвящена оформлению документов в MathCad, вводу и редактированию формул. Во второй работе исследуются вычислительные особенности MathCad, операторы и математические функции. В третьей работе студенты выполняют построение графиков функций одной и двух переменных. Четвертая работа посвящена решению обыкновенных дифференциальных уравнений. В пятой работе изучаются численные методы решения нелинейных уравнений и оптимизация функций. Шестая работа посвящена элементам программирования в пакете MathCad. Лабораторный практикум имеет следующую структуру. В начале каждой работы имеется теоретическая часть. Затем дается порядок выполнения работы, в котором содержится условие тестового примера и его решение в пакете MathCad. Далее следуют контрольные вопросы и варианты заданий, которые позволяют проверить степень усвоения материала. После выполнения каждой работы студент должен подготовить соответствующий отчет, содержащий краткий обзор по теоретической части, ответы на контрольные вопросы и представленные решения заданий своего варианта в пакете MathCad. Данный лабораторный практикум может быть использован студентами инженерных специальностей технического ВУЗа для подготовки к экзаменам и зачетам по высшей математике.



## Математическая модель для разработки автоматизированных обучающих систем

Рогальский Е.С.

Белорусский национальный технический университет

При проектировании автоматизированных обучающих систем (АОС) необходимо оценивать их соответствие существующим стандартам, критериям эффективности, надёжности и качества функционирования, а ещё целый ряд системных требований, которые формулируются в зависимости от области использования проектируемой системы. Подобные заключения делаются при расчёте количественных, то есть дискретных величин, что невозможно реализовать без математической модели. Приход цифровых расчётов и математических моделей в педагогику ещё вчера казался невозможным, однако сегодня уже никого не удивляют электронные средства обучения, централизованное тестирование, букридеры и тому подобные элементы электронной педагогики. Понятно, что перечисленные объекты обладают разной эффективностью и целесообразностью [1,2]. Для решения этой проблемы можно рекомендовать математическую модель:

$$R_{\text{АОС}} = K_{\text{ОС}} \cdot \sum_{i=0}^{i=k} (\text{ЭСО}(i) + \text{ИА} + \text{УрСл}) + Fm \cdot (\text{АОС} + \text{СОТ}),$$

где  $R_{\text{АОС}}$  – уровень (рейтинг) АОС,  $\sum \text{ЭСО}(i)$  – знания, полученные из электронных средств обучения (ЭСО); ИА – изменение суммарного рейтинга за счёт использования интеллектуальных агентов;  $\text{УрСл}(i)$  – изменение суммарного рейтинга за счёт девиации уровня сложности изученного материала;  $K_{\text{ОС}}$  – коэффициент обратной связи (уровень помощи преподавателя и/или АОС),  $Fm$  – коэффициент качества (умения работать с АОС и СОТ) преподавателя, СОТ – сетевые образовательные технологии или технологии электронных уроков.

Эта модель позволяет оценить целый ряд параметров АОС, а так же параметры конкурирующих разработок, что позволяет их сравнивать и выбирать оптимальное решение.

1. Использование информационно-коммуникационных и мультимедийных технологий в образовании: монография / Ю.Н. Ильина, Е.С. Рогальский, Н.А.Гудина [и др.]; под общ. ред. Н.В. Лалетина.- Красноярск: Центр информации 2011– 164 с. ISBN 978-5 905284-05-2 (с.3-5. с.8-26)

2. Рогальский, Е.С. Разработка стандартов для ЭСО – приоритетное направление повышения качества высшего образования. Материалы X Международной научно-методической конференции «Высшая школа: проблемы и перспективы», Мн., 10 ноября 2011 г. Часть 2, стр.208-213.

**Методические аспекты применения китайской теоремы об остатках  
в современных криптографических системах**

Круненкова Т.Г., Липницкий В.А.\*

Белорусский национальный технический университет

Военная академия Республики Беларусь\*

Впервые она рассматривалась в «Учебнике математики мастера Сана». Современная формулировка теоремы такова:

**Теорема.** Пусть  $m = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n$  разложение натурального числа в произведение взаимно простых множителей. Тогда кольцо  $Z/mZ$  изоморфно прямому произведению  $Z/m_1Z \times Z/m_2Z \times \dots \times Z/m_nZ$ .

Установленный изоморфизм означает, что арифметические действия с числами по модулю  $m$  можно заменить на такие же, но с CRT-представлениями этих чисел. Теорема дает прямое средство для распараллеливания вычислений. Это весьма важно для всех задач, требующих для своего решения масштабных вычислительных ресурсов. Для операций с целыми числами большой разрядности, выходящей за общепринятый в применяемых компьютерах диапазон, такой подход приносит существенный выигрыш в количестве операций. Примерно, двукратный-трехкратный. Ещё больший выигрыш – примерно, четырёхкратный – получается при возведении целых чисел в натуральные степени с помощью приведенной теоремы.

Для современной криптографии характерны сложные арифметические действия с целыми числами в 100 – 300 десятичных знаков, требующие огромных компьютерных ресурсов. Особенно вязкими в вычислительном плане являются наиболее популярные на сегодняшний день криптографические системы RSA, Эль-Гамала, Рабина, а также их разнообразные модификации, ставшие национальными стандартами шифрования в различных странах мира.

Эти криптосистемы напрямую базируются на вычислениях в кольцах классов вычетов. Для реализации этих криптосистем особенно важны и актуальны любые подходы, снижающие сложность реализации тех или иных алгоритмов, не снижая при этом их криптографической стойкости.

Китайская теорема об остатках прочно вошла в арсенал средств современных вычислителей, пользователей современных криптографическими ресурсами.

Соответствующее место обязана занять эта теорема и в образовании инженеров соответствующих специальностей.

# **Ф и з и к а**

## Влияние слоя посадки кристалла на теплообмен в мощном светодиоде

Хорунжий И.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время широкое распространение получили сверхъяркие светодиоды, которые приходят на смену традиционным лампам накаливания.

Преимущества светодиодов заключаются в их более высокой энергетической эффективности и значительно большем сроке службы. В то же время, характер теплообмена светодиода с окружающей средой существенно отличается от теплообмена лампы тем, что в светодиодах основной вклад в теплообмен вносит не тепловое излучение, а теплопроводность. Обеспечить заявленную производителями продолжительность работы светодиодов возможно лишь при обеспечении необходимых тепловых режимов их работы в процессе эксплуатации. Тепловое сопротивление внутри корпуса современного качественного светодиода относительно невелико и составляет 5 – 15 К/Вт [1,2]. В то же время, значительная часть этого теплового сопротивления приходится на слой посадки кристалла, т.е. на тонкий слой клея, припоя или пасты, с помощью которых кристалл крепится к теплоотводу.

Учет слоя посадки при расчетах довольно затруднителен, т.к. с одной стороны, производители светодиодов не раскрывают параметры используемых материалов и другие параметры слоя посадки, а с другой стороны определение этих параметров является сложной инженерной задачей. В данной работе методом компьютерного моделирования выполнена оценка влияния теплового сопротивления слоя посадки на характер теплообмена внутри мощного светодиода.

Показано, что наличие слоя посадки кристалла приводит к значительному скачку температуры между кристаллом и теплоотводящим основанием, оказывая значительное влияние на величину перегрева р-п перехода.

### Литература

1. Никифоров, С. Стабильность параметров и надежность светодиодов закладываются при производстве // Компоненты и технологии, №5, 2007, с. 59-66.
2. Бумай, Ю.А. Обобщенный тепловой анализ мощных светодиодов и гетеролазеров / Ю.А. Бумай, О.С. Васьков, В.К. Кононенко, Е.В. Луценко // Полупроводниковые лазеры и системы на их основе. Сборник статей 7-ого Белорусско-Российского семинара / Под ред. Зубелевича В.З., Кононенко В.К., Яблонского Г.П. – Мн.: ИФ НАН Беларуси, 2009. – С. 149-152.

## Термоменеджмент мощного фотодиода

Хорунжий И.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время, в связи с бурным развитием фотоэлектроники возникла необходимость разработки мощных фотодиодов, работающих в СВЧ-диапазоне. Для обеспечения необходимого быстродействия размеры таких фотодиодов должны быть достаточно малы (диаметр активной области  $\sim 10\text{--}30$  мкм), в то же время, эти приборы должны выдерживать значительные мощности воздействующего лазерного модулированного сигнала ( $\sim 50\text{--}100$  мВт) при работе в непрерывном режиме. Такое сочетание параметров предъявляет особые требования к тепловым характеристикам прибора, которые должны обеспечивать эффективное охлаждение активной области во время работы, не допуская ее нагрев до температур выше  $\sim 120^\circ\text{C}$ . Компьютерное моделирование тепловых процессов происходящих в фотодиоде при стационарном режиме работы, показало, что в первоначальной конструкции фотодиода нагрев активной области при мощности 10 мВт превышал  $130^\circ\text{C}$ . Испытания опытных образцов фотодиодов показали, что при достижении мощности лазерного излучения 10 мВт фотодиоды выходят из строя. Этот результат явился подтверждением правильности полученных результатов моделирования. При анализе результатов моделирования было установлено, что основной отвод тепла от активной области происходит через анодный контакт, который имеет малое сечение и создает значительное тепловое сопротивление, кроме того недостаточным является отвод тепла через катодный контакт. Для улучшения тепловых характеристик фотодиода были увеличены толщина и ширина анодного контакта, а также принято решение не стравливать полностью с катодного контакта слой  $i\text{-InP}$ , обладающий высокой теплопроводностью. В результате чего значительно улучшился теплообмен через катодный контакт фотодиода. Кроме того компоновка фотодиода сделана более компактной и слой металлизации максимально приближен к активной области, чтобы максимально сократить расстояния на которые нужно передавать тепло.

Компьютерное моделирование показало, что при работе оптимизированного фотодиода в стационарном режиме максимальная температура активной области составила  $120^\circ\text{C}$  при мощности лазерного излучения 80 мВт. Таким образом, благодаря введенным изменениям конструкции фотодиода удалось существенно улучшить его тепловые характеристики и обеспечить приемлемые рабочие температуры при значительно увеличенной мощности излучения.

## Управление электрическими параметрами алмазных термочувствительных структур с помощью ионной имплантации и отжига

Казючиц Н.М., Русецкий М.С., Наумчик Е.В., Мартинович В.А.  
Белорусский государственный университет  
Белорусский национальный технический университет

Благодаря уникально высокой теплопроводности (в пять раз выше, чем у меди) природные и синтетические алмазы применяются в твердотельной электронике в качестве теплоотводящих подложек. Например, алмазные теплоотводы могут использоваться для предварительного распределения теплого потока от мощных полупроводниковых приборов к медному радиатору. Датчик температуры, встроенный в алмазный теплоотвод, позволит контролировать температуру прибора. Вследствие высокой теплопроводности и малой теплоемкости алмаза датчик температуры будет быстродействующим.

Целью работы являлось формирование термочувствительного слоя в алмазе, проводимость в котором обусловлена радиационными дефектами ионной имплантации. Термочувствительные слои создавались в пластинах, вырезанных из кристаллов синтетического алмаза производства РУП "Адамас БГУ". На поверхности пластин с помощью ионной имплантации формировались контактные и резистивные области. Контакты создавались полиэнергетической имплантацией ионов бора с последующим активационным отжигом в вакууме. Расположенные между контактами резистивные области формировались имплантацией ионов фосфора с энергией 180 кэВ в диапазоне доз от  $10^{14}$  до  $4 \cdot 10^{15}$  см<sup>-2</sup>. Изохронный отжиг проводился в вакууме в интервале температур от 300 до 1450 °С. Двухзондовым методом определялась удельная слоевая проводимость и рассчитывалась энергия активации проводимости в ионно-имплантированном слое.

В результате исследований установлено, что электрические параметры имплантированного слоя и их изменение в ходе термического отжига существенно зависят от дозы имплантации. При малых дозах проводимость слоя низкая и уменьшается с повышением температуры отжига вследствие восстановления нарушенного слоя. При дозах, выше кригической, происходит графитизация слоя, а последующая термическая обработка приводит к высокой проводимости и низким значениям энергии активации. При имплантации с критической дозой и отжигом от 500 до 700°С возможно получение достаточной для практических применений проводимости при сохранении энергии активации не менее 0,1 эВ.

**Современные аспекты создания плазменных ускорителей:  
приложение к учебной теме «Элементы физики плазмы»**

Кудин В.И., Мартинович В.А.

Белорусский национальный технический университет

Изучение элементов физики плазмы является одной из важных тем и курсе лекций по физике в техническом университете. Плазма уже давно нашла широкое применение в деятельности человека на Земле. Это, во первых, проблема получения управляемого термоядерного синтеза как практически неисчерпаемого источника энергии, газоразрядные источники света, плазменные импульсные ускорители и т.д.

В данной работе представлена лекционная презентация по современным аспектам создания плазменных ускорителей для получения пучков электронов с относительно невысокими энергиями (от 100 МэВ до 1 ГэВ). Такие пучки могут быть использованы в материаловедении, структурной биологии, ядерной медицине, а также для изучения термоядерного синтеза, переработки ядерных отходов, стерилизации пищевых продуктов и лечении некоторых видов рака.

В плазменном ускорителе высокоинтенсивный луч лазера фокусируется на сверхзвуковой струе газообразного гелия. Световой импульс создает в струе газа плазму. По существу, луч выталкивает электроны плазмы на периферию, оставляя за собой область положительного заряда. Она втягивает отрицательно заряженные электроны назад и позади лазерного импульса формируется электронный пузырь. Вдоль оси распространения электронного пузыря электрическое поле напоминает очень крутую океанскую волну (кильватерное поле). Это поле имеет фантастическую величину пиковой напряженности (до 100 ГВ/м).

Электронная пушка впрыскивает электроны в кильватерное поле, которое придает мощное ускорение электронному импульсу, захваченному задней частью пузыря. Волна движется вперед со скоростью света, поэтому нижектируемые электроны должны иметь околосветовую скорость, чтобы поймать волну и получить от нее дополнительную энергию. Согласно теории относительности дальнейшее увеличение энергии электронов происходит главным образом за счет увеличения их массы, а не скорости. Поэтому они не опережают плазменную волну, а как бы скользят на ее гребне, приобретая все большую энергию.

Такой плазменный ускоритель имеет небольшие размеры и может размещаться, например, на столе размером не более 2 м. Таким образом, плазма находит еще одно неожиданное и перспективное применение при создании в будущем ускорителей заряженных частиц.

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрено нелинейное уравнение вида

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \kappa u - \frac{1}{2} f u^2 + \delta^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) = 0. \quad (1)$$

Данное уравнение описывает локализацию деформации в задаче о динамическом нагружении одномерного стержня на стадии разупрочнения [1]. Здесь  $u$  - отклонение деформации от однородного состояния;  $\kappa > 0$ ,  $f < 0$  - параметры, описывающие аппроксимацию диаграммы материала;  $\delta > 0$  - параметр, описывающий неоднородность внутренней структуры материала. Приведенное выше уравнение получено в рамках упругопластической модели [2] и применимо к широкому кругу материалов, включая металлы, композитные материалы типа бетона, геоматериалы. Особенностью такой модели является зависимость функции текучести материала не только напряжения и деформации, но и от градиента деформации второго порядка. Уравнение (1) нельзя отнести к интегрируемым уравнениям. Попытка построить даже односолитонное решение этого уравнения приводит к состоянию, описываемому нелокализированной в пространстве и осциллирующей во времени функцией. Основная причина такого поведения состоит в отсутствии баланса между дисперсией и нелинейностью. Такой баланс может быть восстановлен, если в уравнении (1) учесть влияние диссипативных процессов. Упругопластическая модель применима к неоднородным материалам, как следствие этого простейшим способом учета диссипации будет введение в уравнение (1) слагаемого, учитывающего не только зависимость потери энергии от скорости изменения исследуемой функции, но и от ее поведения в пространстве. В результате уравнение (1) можно преобразовать к следующему виду:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \kappa u - \frac{1}{2} f u^2 + \delta^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) = 0, \quad (2)$$

где  $\alpha$  - коэффициент затухания.

Данное уравнение является интегрируемым и имеет любое (многосолитонное) решение.

1. Мягков, Н.Н. Письма в ЖТФ. - Т. 25, вып. 20. - 1999. - С. 48-53.

2. V. Kukudzhanov. J. Phys. IV (France). V. 8. - 1998. - P. 208-214.



### Анализ источников и величины погрешностей измерений интенсивности солнечного УФ излучения

Атрашевский Ю.И.<sup>1</sup>, Сикорский В.В.<sup>2</sup>, Стельмах Г.Ф.<sup>2</sup>, Турьшев Л.П.

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

<sup>3</sup>Национальный научно-исследовательский центр  
мониторинга озоносферы БГУ

Всемирная метеорологическая организация уделяет исключительное внимание корректному и полному учету всех неопределенностей измерения интенсивности УФ-излучения с помощью спектро радиометров, используемых в мировой сети. В настоящее время разработана система контроля качества измерений УФ-излучения, в рамках которой должен проводиться учет погрешностей измерения. Такая унифицированная методика учета всех погрешностей необходима для обеспечения сравнимости результатов измерений, выполненными в различных географических точках разными приборами. Все источники неопределенностей измерений можно условно разделить на две группы: первая связана с ошибками измерения интенсивности УФ-излучения самим прибором, и вторая – с погрешностями, обусловленными несовершенством методики измерения в натуральных условиях и обработки результатов, а также отклонениями условий натуральных измерений от стандартных.

1. Для градуировки чувствительности спектро радиометра "ПИОН-УФ" используется эталонная температурная лампа ТРУ1100-2350, аттестованная во ВНИИ оптико-физических измерений (г.Москва) по спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО). Погрешность аттестации зависит от длины волны и составляет от 5% для  $\lambda=280$  нм до 1.8% для  $\lambda=450$  нм.

2. Неопределенность СПЭО за счет неточности установки длины волны в монохроматоре спектро радиометра не превышает 3.5%.

3. Погрешность измерения, связанная с конечной спектральной шириной входной щели монохроматора оценивается величиной  $\sim 1\%$ .

4. Для спектро радиометра "ПИОН-УФ" неопределенность измерения СПЭО за счет нелинейности не превышает 2%.

5. Погрешность измерения солнечного излучения, связанная с отклонением угловой зависимости чувствительности спектро радиометра от косинусной можно оценить величиной  $\leq 1.5\%$ .

Суммарная погрешность измерения солнечного УФ-излучения спектро радиометром ПИОН-УФ оценивается величиной  $9,8\%$  для  $\lambda=300$  нм.

## Учет аппаратурных искажений при измерении спектральных и энергетических параметров оптического излучения в лабораторном практикуме

Атрашевский Ю.И.<sup>1</sup>, Сикорский В.В.<sup>2</sup>, Стельмах Г.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

Развитие методов спектроскопии привело к созданию малогабаритных спектрометров, предназначенных для решения широкого круга задач. Однако использование классических спектрометров с диспергирующим элементом при количественном измерении спектрально-энергетических характеристик оптического сигнала сопряжено с решением ряда принципиально неустранимых проблем.

Искажение входной информации в спектрометре обусловлено дифракцией, отражением, поглощением, рассеянием, дисперсией излучения на элементах прибора, а также преобразующими свойствами фотоприемника и сопряженных устройств (блоки питания, усиления и т.д.). Корректное использование классического спектрометра для решения задач спектрофотометрии возможно лишь на основе точного учета его оптических характеристик. К важнейшим характеристикам спектрофотометров относятся: аппаратная функция; дисперсия (угловая, линейная, обратная линейная); предел разрешения и разрешающая способность; относительная и абсолютная спектральные чувствительности; светосила; поляризующая способность.

На базе стандартного оборудования (КСВУ-12, МСД-1, ИСП-51) нами реализован цикл лабораторных работ специализации, в которых студенты исследуют влияние условий регистрации на качество записи спектров и учатся осуществлять градуировку спектрометров на базе монохроматора.

Калибровка по длинам волн производится с помощью специальных источников линейчатых спектров в разных диапазонах шкалы длин волн (безэлектродных высокочастотных ламп с парами металлов). Градуировку спектрометра КСВУ-12 по спектральной чувствительности выполняют с помощью калиброванной лампы накаливания типа ТРШ. Аппаратную функцию спектрального прибора в зависимости от ширины входной и выходной щелей исследуют, используя излучение гелий-неонового лазера.

Принципиальным моментом в лабораторном комплексе является определение для монохроматора МСД-1 с отражающей дифракционной решеткой его поляризующей способности, которая в диапазоне 400-750 нм варьируется от 5 до 48 %.

**Оптические компьютеры и физические явления,  
на которых основано их действие**

Блинков Г.Н., Блинкова Н.Г., Султанова И.К.

Белорусский национальный технический университет

Широкое внедрение в жизнь человека информационных технологий вызывает необходимость понимания будущими инженерами физических явлений, лежащих в основе этих технологий.

Интенсивно разрабатываются оптические, оптико-электронные, квантовые компьютеры. В оптическом компьютере (далее ОК) информация обрабатывается с помощью света, что позволяет увеличить объемы информации и скорость ее обработки. Передача информации в ОК происходит со скоростью света, в волоконных световодах используется явление полного внутреннего отражения, световые пучки в свободном пространстве могут пересекаться без помех, что позволяет обрабатывать одновременно несколько сотен сигналов. Возможна передача сигналов по одному и тому же каналу на разных оптических частотах, длинах волн. Это обеспечивает параллельную передачу и обработку изображений, массивов данных.

Для хранения информации в ОК используются голографические устройства памяти. При записи информации на оптические накопители и чтение с них применяются оптические квантовые генераторы, лазеры. Действие таких накопителей основано на явлении поляризации оптического излучения, оптическом эффекте Керра. В ОК применяются оптические затворы, использующие магнитооптические эффекты Фарадея, Керра, дифракционные явления и явления невзаимности. Работа различных коммутируемых компонентов ОК – оптических триггеров, транзисторов, а также ячеек памяти, носителей информации основывается на явлении оптической бистабильности. В ОК имеется возможность использования свойств прозрачных сред для обработки и хранения информации. Голографические устройства на таких средах служат как буферной памятью, так и обрабатывающим узлом оптического процессора. Информация в таких средах с нелинейными оптическими характеристиками записывается путем изменения показателя преломления по объему голограммы. Вычисления в компьютерах производятся с помощью нелинейных операций. В оптике такие операции осуществляются изменением длины волны излучения. С развитием нанотехнологий появляется возможность управления светом в ОК в наномасштабе.

Рассмотрение явлений применительно к ОК улучшает восприятие лекций третьей части физики.

**Программа для обработки экспериментальных результатов  
по изучению статистических закономерностей  
радиоактивного распада**

Блинков Г.Н., Блинкова Н.Г. Султанова И.К., Парфенов А.  
Белорусский национальный технический университет

Распад ядер имеет вероятностный характер, закономерности, описывающие этот процесс, являются статистическими. Проверка этих соотношений в рамках выполнения лабораторной работы требует привлечения компьютерной программы.

Целью работы является изучение закона радиоактивного распада, сравнение экспериментального закона распределения числа отсчетов с пуассоновским. Вначале проводится измерение фона в количестве 10 раз с помощью бытового дозиметра «Сосна». Среднее из полученных данных заносится в таблицу. Для исследования излучения от радиоактивного источника, необходимо провести 100 измерений, а результаты за вычетом среднего значения фона занести в таблицу.

Таблицы составлены в офисной программе Excel 2007. Обработка полученных результатов проводится при помощи Visual Basic for Application. Результаты расчетов представляются в виде гистограммы. Для этого на оси абсцисс откладываются целые числа, начиная от нуля до значения, равному наибольшему числу импульсов, зарегистрированных счетчиком в любом из 100 проведенных измерений, а по оси координат – доля случаев, когда число отсчетов счетчика равнялось одному из полученных значений числа импульсов.

Студент должен сделать вывод о соответствии экспериментальной и теоретических гистограмм. Затем, используя данные таблицы с экспериментальными результатами, провести анализ надежности работы аппаратуры на основании статистических закономерностей. С этой целью надо подсчитать импульсы за различные промежутки времени, повторив каждую серию по три раза. С помощью программы получают данные по скорости счета импульсов, среднее арифметическое скорости счета, отклонение числа импульсов от среднего арифметического, квадраты отклонений, среднюю квадратичную ошибку средней скорости счета. Затем проводится расчет относительной квадратичной ошибки среднего арифметического скорости счета для каждого временного интервала измерений и строится график зависимости относительной квадратичной ошибки среднего арифметического скорости счета от времени счета. Т.о., разработанная программа позволяет использовать большое количество экспериментальных данных, оценить надежность работы аппаратуры.

## Расчет коэффициента теплопроводности металлов

Смурага Л.Н., Авсиевич Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Если исходить из того, что существует экспериментальная установка на которой можно произвести нагрев образца металла, осуществить простое охлаждение, построить для него изотермы и вычислить темп охлаждения, то можно попытаться получить рабочую формулу для определения коэффициента теплопроводности этого образца.

Если на рис. 1 схематично изобразить поверхность цилиндра  $S$ , направление теплового потока, то согласно закону сохранения энергии, количество теплоты  $dQ_1$ , проходящей через поверхность  $dS$  за время  $d\tau$  из внутренних частей цилиндра, равна количеству теплоты  $dQ_2$  соответственно рассеивающейся во внешнюю среду через ту же поверхность  $dS$  и за то же время  $d\tau$

$$dQ_1 = -\lambda \frac{\partial t}{\partial r} \cdot dS \cdot d\tau.$$

$$dQ_2 = \alpha(t_n - t_0) \cdot dS \cdot d\tau.$$

Записать еще формулу по темпу охлаждения

$$m = \psi \frac{\alpha \cdot F}{cV}$$

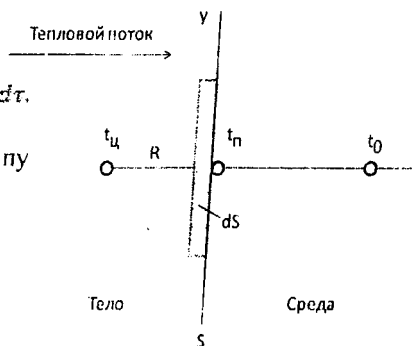


Рис. 1. Схема для пояснения

и решить приведенную систему уравнений, то получим рабочую формулу для расчета коэффициента теплопроводности металла

$$\bar{\lambda} = \frac{m \cdot R \cdot c \cdot \rho \cdot V}{\psi \cdot F} \cdot \frac{t_n - t_0}{t_k - t_0}.$$

Здесь  $\psi$  - коэффициент пропорциональности, характеризующий неравномерность температурного поля в теле, величина безразмерная ( $0 \leq \psi \leq 1$ );  $F$  и  $V$  - внешняя поверхность и объем тела;  $c$  и  $\rho$  - удельная теплоемкость и плотность образца.

## Излучение щелочных элементов в низкотемпературной плазме

Сандригайло Л.Е., Аношко И.А., Ермаченко В.С., Роевкова О.А.  
Белорусский национальный технический университет  
Институт тепло- и массообмена им. Лыкова  
Национальной академии наук Беларуси

Элементы с низким потенциалом ионизации входят в состав ракетных топлив, применяются в качестве присадок в МГД-генераторах, в том числе работающих на продуктах сгорания летательных аппаратов с реактивным двигателем. Эффективность их работы во многом определяется свойствами присадок, в качестве которых применяются в основном щелочные элементы. Излучение присадок в МГД-генераторах относится к числу радиационных потерь, уменьшающих генерацию электроэнергии.

В настоящей работе ставится задача рассчитать удельную мощность излучения  $\epsilon(T)$  атомов щелочных элементов в интервале температур  $(2-6)10^3$  К, характерных для режимов работы упомянутых установок. В отсутствие поглощения и в предположении ЛТР величины  $\epsilon(T)$  найдены как суммы мощностей излучений отдельных линий в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,0 мкм. В процессе подсчета величин  $\epsilon(T)$  для элементов лития, натрия, калия, цезия учтено излучение около 500 спектральных линий.

Анализ полученных результатов обнаруживает сильную зависимость удельной мощности от температуры и от потенциала ионизации. Наибольшее отличие величин  $\epsilon(T)/n$  разных элементов наблюдается при  $T=(2-3)10^3$  К. С ростом температуры отличие уменьшается, а при приближении к  $T=6000$  К указанные величины для щелочных элементов мало различаются между собой. Увеличение потенциала ионизации элементов приводит к заметному уменьшению величин  $\epsilon(T)/n$  особенно в области низких температур.

Установлено также, что резонансные линии вносят основной вклад в суммарное излучение всех щелочных элементов. С ростом температуры и потенциала ионизации доля излучения резонансных линий заметно уменьшается. Ионизация элементов уменьшает концентрацию  $n$  излучающих атомов. Как следует из расчетов по формуле Саха, практически полная ионизация исследуемых атомов наблюдается в области температур от 3500 до 5000 К.

Таким образом мощности излучения исследуемых атомов растут с увеличением температуры, достигают максимальных значений в области  $T=(2.5-3.0)10^3$  К. При дальнейшем росте  $T$  излучение атомов щелочных элементов резко падает и при  $T>5000$  К полностью отсутствует.

**Рейтинговая система – стимул регулярной  
работы студентов**

Литвинко А.Г., Митькина Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Регулярная работа студентов является залогом успешного и глубокого усвоения предмета, что требует постоянного и надлежащего контроля со стороны преподавателя. В особенности это касается дисциплин, по которым не предусмотрены экзамены.

Сдача зачетов является важным этапом в жизни студентов каждую сессию, так как даже при одном не сданном зачете студент не допускается к сессии. Учебными планами не выделяется время для подготовки к зачетам. Поэтому необходимо организовать систематическое изучение и поэтапную проверку знаний студентов.

Эту задачу успешно выполняет рейтинговая система. В начале занятия составляется план рейтинга, в котором каждый вид работы студентов оценивается по бальной системе. Если студент набирает 85% от максимального возможного количества баллов, он получает зачет по итогам работы в семестре – «автомат». При малом недоборе баллов по одному из разделов дисциплины и при условии незначительного пропуска занятий по уважительным причинам или обстоятельствам личного плана студенту предоставляется возможность выступить с докладом на семинарском занятии или на студенческой научно-технической конференции. Это может дать увеличение количества баллов не более 10-15% от общего количества баллов. Если же студент набирает 50% баллов, он допускается к зачету, который проходит как экзамен. Такой подход позволяет значительно уменьшить число студентов, которым нужно сдавать зачет в короткие сроки зачетной сессии и существенно облегчить работу преподавателя при большом потоке студентов.

В течение ряда лет рейтинговая система успешно применяется сотрудниками кафедры «Техническая физика» при изучении дисциплины «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях». Программа по этой дисциплине очень разносторонняя: основы ядерной физики, биологическое действие ионизирующих излучений, радиационная безопасность, изучение различных чрезвычайных ситуаций, прогнозирование последствий при их возникновении и правил поведения населения. Отношение студентов к этой дисциплине не профильной, не по специальности, а общеобразовательной – не совсем ответственное. Поэтому рейтинговая система представляется единственно возможной формой усвоения материала.

**Тонкопленочные люминесцентные преобразователи УФ излучения  
в видимое на основе комплексных соединений лантаноидов**Митькина Н.Н.<sup>1</sup>, Павич Г.А.<sup>2</sup>, Арабей С.М.<sup>3</sup>, Чернявский В.А.<sup>3</sup><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет<sup>2</sup>Институт физики имени Б.И.Степанова НАН Беларуси<sup>3</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет

Многие твердотельные оптические материалы для лазерной техники и спектрального оборудования созданы на основе твердотельных сред, активированных ионами лантаноидов. Проблема миниатюризации оптических элементов усиливает интерес к изучению тонкопленочных твердотельных материалов, активированных комплексными соединениями лантаноидов. Высокотемпературные условия получения неорганических стекол и многих полимеров исключают возможность их активации термически неустойчивыми органическими комплексами. Золь-гель технологии позволяют синтезировать при комнатной температуре объемные силикатные ксерогели и тонкие гель-пленки, содержащие в качестве примеси комплексы лантаноидов с органическими лигандами.

В настоящей работе приводятся результаты исследования спектрально-люминесцентных свойств силикатных гель-пленок микронных размеров, активированных комплексами европия с  $\beta$ -дикетонами. Комплексы европия вводились в тетраэтоксисилановый (ТЭОС) или винилтриэтоксисилановый (ВТЭОС) золь-гель материал. Использовались следующие комплексы европия с  $\beta$ -дикетонами:  $\text{Eu}(\text{BA})_3$ ,  $\text{Eu}(\text{BA})_3\cdot\text{TFFO}$ ,  $\text{Eu}(\text{BTFA})_3$ ,  $\text{Eu}(\text{BTFA})_3\cdot\text{TFFO}$ ,  $\text{Eu}(\text{Br-BTFA})_3$ ,  $\text{Eu}(\text{Br-BTFA})_3\cdot\text{TFFO}$ , где БА - бензоилацетон, БТФА - бензоилтрифторацетон и ТФФО - трифенилфосфин-оксид.

Установлено, что наиболее интенсивной люминесценцией обладают ВТЭОС гель-пленки, активированные комплексами европия, содержащими атомы F и Br в структуре органических лигандов, что обусловлено эффектом тяжелого атома, усиливающим процесс интерконверсии в Г-состояние органических лигандов. В частности, ВТЭОС/ $\text{Eu}(\text{Br-BTFA})_3\cdot\text{TFFO}$  гель-пленка имеет интенсивность свечения близкую к интенсивности свечения этого комплекса в кристаллическом состоянии или в органическом растворителе. Полученные результаты обсуждаются с позиций химической структуры ТЭОС и ВТЭОС гель-пленок, влияния на люминесцентное излучение комплексов матричных гидроксильных групп, наличия фторированных и бромзамещенных фрагментов в  $\beta$ -дикетонах. Детально проанализированы спектры люминесценции активированных гель-пленок при комнатной и гелиевой температурах.



## Применение метиленового синего в диагностике и фотодинамической терапии рака внутренних органов

Зенькевич Э.И.<sup>1</sup>, Парход М.В.<sup>2</sup>, Сташевский А.С.<sup>2</sup>, Гинько Т.А.<sup>3</sup>,  
Джеонг Джин Енг<sup>4</sup>, Чёнг Бонг Хён<sup>4</sup>

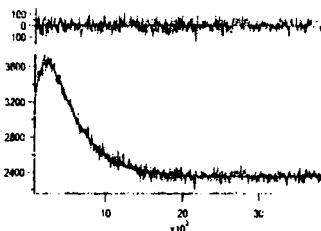
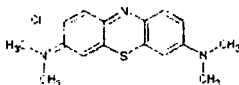
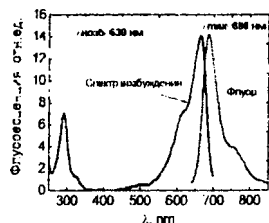
<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

<sup>3</sup>Белорусский государственный медицинский университет

<sup>4</sup>Корейский исследовательский институт бионаук и биотехнологий  
(Дайжен, Южная Корея)

Фотодинамическая терапия (ФДТ) как один из методов лечения рака основан на способности органических молекул (фотосенсибилизаторов) селективно накапливаться в ткани опухолей и при локальном воздействии светом вызывать образование синглетного кислорода или радикалов, приводящих к гибели раковых клеток. В докладе анализируются спектрально-кинетические свойства гистологического красителя метиленового синего МС (препараты Германии и Южной Кореи) и квантовые выходы генерации синглетного кислорода  $^1\Delta_g$ , а также результаты клинической хромокопии, диагностики и эндоскопической ФДТ предраковых состояний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).



Значения эффективностей генерации синглетного кислорода  $^1\Delta_g$  молекулами МС в водных растворах составили (с учетом корреляционного фактора  $\chi \sim 1.3 \div 1.4$  зависимостей аннигиляции от мощности возбуждения)  $\gamma_{\Delta} = 0.42 \pm 0.05$ .

Показано, что МС наиболее эффективно накапливается в цитоплазматических клетках путём эндоцитоза и пассивной диффузии. При ФДТ пациентов с 0.5 % раствором МС получен лечебный эффект, выразившийся в некрозе фокусов дисплазии.

Установлено, что применение МС в эндоскопии повышает диагностическую точность до 97%, а его использование в эндоскопической ФДТ позволяет существенно повысить эффективность лечения предраковой патологии ЖКТ.

**Нановолокна на основе природных и искусственных полимеров:  
получение, свойства, применения**

Зенькевич Э.И.<sup>1</sup>, Прокопчук Н.Р.<sup>2</sup>, Мулярчик В.В.<sup>3</sup>, Сакевич Л.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

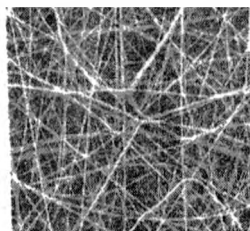
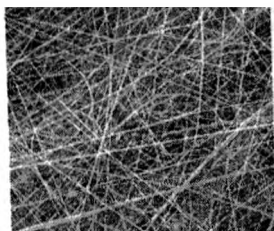
<sup>3</sup>ОАО «Завод горного воска» Белорусского государственного концерна  
«Белнефтехим» ( г.п. Свислочь, Беларусь)

В докладе анализируется состояние проблемы получения полимерных нановолокон, их свойства и потенциальные возможности. Для получения искусственных полимерных нановолокон использован метод электроспиннинга на лабораторной установке NS Lab 200 (фирма «Elmarco», г. Либерец, Чехия). Образование нановолокон диаметром до нескольких десятков нанометров осуществляется извержением электрически заряженной струи из тонкого капилляра под действием высокого напряжения (технология Nanospider).

Полимерные нановолокна являются перспективными для широкого использования в медицине, биотехнологии, машиностроении из-за большого соотношения объема к поверхности и уникальной архитектуры в нанометровом масштабе.

Технология Nanospider™

АСМ нановолокон из био- и оргполимеров



Обсуждаются вопросы развития образовательной, научно-производственной и инновационной деятельности в области нанотехнологий, предпринятые по исследованию полимерных нановолокон в тесной кооперации ученых (БНТУ – физика нанокомпозитов и квантово-размерные эффекты, БГУ – химия полимеров, Институт физики им Б.И. Степанова НАН Беларуси – физико-химия и спектроскопия полимерных волокон) и представителей производственных структур (фирма «Elmarco» – выпуск промышленного оборудования), ОАО «Завод горного воска» – приобретение, размещение и эксплуатация лабораторной установки NS Lab 200 по получению нановолокон, проведение научно-исследовательских и опытно-промышленных работ).

## Основные сложности преподавания дисциплины «Основы современного естествознания»

Киреенко В.П.

Белорусский национальный технический университет

Относительно недавно в вузах Республики Беларусь введена новая дисциплина «Основы современного естествознания». Она стала обязательной для студентов экономических, юридических и гуманитарных специальностей, и в настоящее время является для них основой естественнонаучного образования. Большое разнообразие фактического материала и недостаток учебно-методических изданий по этой дисциплине ставят преподавателей данного предмета в сложную ситуацию.

«Основы современного естествознания» преподаются студентам первого курса. Усвоение этой дисциплины предполагает понимание и знание материала таких предметов как физики, математики, химии, биологии, астрономии и географии за курс средней школы. И от уровня этих знаний во многом зависит методология и методика преподавания данного курса. Изложение материала значительно усложняется тем, что его форма должна быть доступной слушателям, для которых естествознание не является профессиональной дисциплиной.

При выборе фактического материала и логики построения данной дисциплины необходимо учитывать следующие факторы:

- слабое владение материалом школьных курсов физики, математики, химии, биологии и астрономии большинством студентов;
- наличие различных стилей мышления представителями гуманитарных и естественных наук;
- необходимость изложения на доступном языке фундаментальных теорий, принципов, законов и методов как классического, так и современного естествознания;
- постоянное обновление курса лекций последними научно-техническими достижениями и знакомство с ними студентов;
- распространение в средствах массовой информации ненаучных (и даже антинаучных) публикаций, рекламы сомнительных результатов, которые выдаются за революционные достижения науки.

Одной из самых сложных задач является изложение основных положений, сути современных научных теорий и гипотез в области естественных наук на языке доступном для понимания студентами первого курса гуманитарных направлений. И здесь большую помощь могли бы оказать научно-популярные статьи, публикации, разъяснения ведущих специалистов на понятном для широкого круга читателей языке.

## Оценка влияния аппроксимации кондуктометрической зависимости слабых электролитов на точность измерения их концентрации

Киреевко В.П., Русакевич Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Кондуктометрические методы измерения параметров жидких сред основаны на использовании функциональной зависимости удельной электрической проводимости (УЭП) растворов электролитов от массовой доли растворенного вещества (концентрации). Эта зависимость, вследствие наличия межмолекулярных взаимодействий, изменения вязкости раствора и т. п. носит немонокотный характер. К сожалению, в литературе отсутствуют точные значения удельной проводимости водных растворов многих электролитов в диапазоне 0 - 5 %. Все это осложняет процедуру определения концентрации многих технологических растворов. На практике, для растворов, применяемых при мойке оборудования и тары в молочной промышленности (NaOH, HNO<sub>3</sub> и т.д.) часто используют линейную аппроксимацию зависимости УЭП как от концентрации моющего раствора, так и от его температуры [1].

В данной работе проведена оценка абсолютной погрешности определения концентрации водных растворов NaOH, HNO<sub>3</sub> связанной с линейной аппроксимацией кондуктометрической зависимости для различного диапазона измерений. Зависимость выходного сигнала высокочастотного кондуктометрического двухэлектродного первичного измерительного преобразователя от концентрации была получена на частоте 32 кГц при амплитуде измерительного сигнала 100 мВ и температуре раствора 20 °С. Растворы приготавливались на основе соответствующих стандарт-титров, дистиллированной воды и мерной посуды. Относительная погрешность приготовления растворов не превышала 2%.

Сравнение экспериментальной кондуктометрической кривой и ее линейной аппроксимации показало, что в диапазоне концентраций 0-3,2% минимально возможная абсолютная погрешность определения данного параметра составляет 0,19%, для диапазона 0-2,5% – 0,1%, для диапазона 0-2,0% – 0,33%.

Таким образом, при разработке приборов по измерению концентрации водных растворов NaOH, HNO<sub>3</sub> в рабочем диапазоне 0 - более 2,0% линейная аппроксимация кондуктометрической зависимости не позволяет получить абсолютную погрешность менее 0,1%.

Литература:

1. Брусиловский, Л.П., Вайнберг, А.Я. Приборы технологического контроля в молочной промышленности.- М.: Агропромиздат. – 1990.- 288 с.

## Использование занимательных опытов для развития интереса к изучению физики

Корбан Н.Р., Соколова С.Н.

Лицей Белорусского национального технического университета

Занимательные физические опыты привлекают внимание учащихся стимулируют познание нового и позволяют сформулировать учебную проблему, продемонстрированную в физическом эксперименте. Все это вместе взятое даст мотивацию для вовлечения школьников в процесс самостоятельной проблемно-исследовательской деятельности. Задача преподавателя при этом – помогать начинающим исследователям приобретать опыт такой работы и направлять их деятельность.

Развитие познавательного интереса к физике ведется в лицее по многим направлениям. Одно из них – деятельность Научного общества любителей, в рамках которого проводится изучение различных физических явлений в несложных экспериментах, проводимых самими учащимися. При этом выявляются интересы и склонности детей к поисковой деятельности с учетом профессиональной ориентации. Принцип выбора опытов – простота используемой материальной базы, доступность (необходимо учитывать возрастные особенности учащихся и имеющиеся знания, умения и навыки). Большинство экспериментов не требует специальных приборов, что позволяет сделать физический эксперимент доступным для воспроизведения учащимися не только в физической лаборатории лицея, но даже и домашних условиях. Вместе с преподавателями учащиеся обсуждают суть исследуемых физических явлений, причины возникновения неожиданных для них эффектов, обсуждают этапы проведения исследовательской работы.

В качестве примера такой работы можно привести исследование запятого стекла, проведенное лицеистами в этом учебном году. Это исследование позволило глубже изучить тему «Интерференция и дифракция света». В другом исследовании учащиеся наблюдали всплытие пузырьков в жидкости. Этот эксперимент раскрыл тайны Архимедовой силы и давления. Изучение падения длинной нитки бус углубило понимание механических процессов. Каждый из этих экспериментов был прост в проведении и направлен на изучение определенной темы, вводил в ситуацию познавательного конфликта.

Результатом этой работы является успешное выступление на научно-практических конференциях учащихся, участие в физбоях и олимпиадах, а главное – глубокие и прочные знания, усвоенные учениками.

## Научная работа в лицейских классах как способ профессиональной ориентации учащихся

Корбан Н.Р., Соколова С.Н.

Лицей Белорусского национального технического университета

В лицее БНТУ уделяется большое внимание профессиональной ориентации учащихся. Цель этой работы – подготовка выпускников лицея к осознанному выбору будущей профессии. Среди многих направлений работы по профессиональной ориентации, проводимой в лицее БНТУ, важную роль играет совместная научная деятельность школьников и преподавателей, в которой учащиеся получают первичные навыки работы по специальности инженера-разработчика и научного работника.

В качестве примера такого направления профориентационной деятельности в лицее можно привести научно-исследовательскую работу «Компьютерное моделирование тепловых процессов в светодиодном осветительном устройстве», выполненную учениками 10 класса. При ее выполнении учащиеся получили реальное представление о работе специалистов, выпускаемых кафедрой «Системы автоматизированного проектирования» факультета информационных технологий и робототехники БНТУ. Работа была выполнена методом компьютерного моделирования с помощью компьютерного пакета ABAQUS. В работе исследовались особенности теплообмена в светодиодном осветительном устройстве, детальный расчет теплообмена необходим для обеспечения эффективного охлаждения устройства.

При подготовке к работе школьники изучили литературу по физическим основам работы полупроводниковых устройств, построили в программе ABAQUS компьютерную модель светодиодного осветительного устройства, подобрали теплофизические характеристики материалов отдельных деталей конструкции, задали параметры тепловых процессов в светодиодах, и рассчитали распределение тепловых потоков, а также распределение температур внутри светодиодов и во всем устройстве.

Помимо профориентационного эффекта данная научная работа стимулировала интерес ребят к изучению физики. Результаты, полученные при проведении исследования, были представлены учащимися на 16-ом республиканском конкурсе исследовательских работ – конференции учащихся 2012 года и удостоены диплома 3-й степени.

В целом опыт привлечения учеников лицея к изучению компьютерного моделирования заслуживает внимания и дальнейшего изучения при поиске наиболее эффективных методов работы по профессиональной ориентации учащихся.

## Самообразование и самостоятельная работа студентов

Симонова – Лобанок М.П., Терех В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Переход с 1 сентября 2012 г. большинства вузов Республики Беларусь на новый образовательный стандарт требует внедрения в практику учебных программ с повышенной долей самостоятельной работы студентов.

Самообразование - неотъемлемая часть систематического обучения, в процессе которого студенты самостоятельно приобретают знания вне учебного заведения и без помощи преподавателя.

В современной дидактике самостоятельную работу студентов необходимо рассматривать, с одной стороны, как вид труда (учебного), осуществляемый без непосредственного вмешательства, но под руководством преподавателя, а с другой – как средство вовлечения студентов в самостоятельную познавательную деятельность, которую можно рассматривать как самообразование.

Для самообразования студентам должны быть выданы виды заданий:

- для овладения знаниями;
- для закрепления и систематизации знаний;
- для формирования умений;
- для развития интеллекта и самостоятельности мышления.

Планирование объема времени, отведенного на самообразование по учебной дисциплине, должно осуществляться преподавателем, и утверждаться на кафедре.

При разработке рабочей программы по учебной дисциплине при планировании содержания самообразования студента преподаватель устанавливает содержание и объем теоретической учебной информации и практические задания по каждой теме, определяются формы и методы контроля результатов.

Самостоятельная работа студентов под руководством преподавателя не есть самостоятельная деятельность по усвоению материала, а есть особая система условий обучения, организуемых преподавателем.

Правильная организация самообразования и самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет привить студентам умения и навыки в овладении, изучении, усвоении и систематизации приобретенных знаний в процессе обучения, обеспечить высокий уровень успеваемости в период обучения, овладеть навыками повышения профессионального уровня в течение всей трудовой деятельности.

## Морфология поверхности быстрозатвердевших фольг сплавов алюминия с никелем

Неумержицкая Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

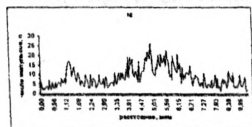
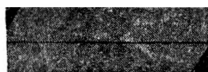
В последнее время активно и успешно развиваются методы получения материалов сверхбыстрой закалкой из расплава (СБЗР), которые являются энерго- и ресурсосберегающими. При скоростях охлаждения, превышающих  $10^5$  К/с, удается создать структуру и придать такие свойства материалу, которые нельзя получить традиционными методами синтеза и термической обработкой.

Сплавы алюминия с переходным металлом (Ni) были получены сплавлением компонент в индукционной печи. Для получения фольги капля расплава (0,2 г) инжестировалась на внутреннюю поверхность вращающегося медного цилиндра, где и происходила кристаллизация. Для исследования брались фольги толщиной 20...80 мкм. Скорость охлаждения жидкости при получении фольг такой толщины  $\sim 10^6$  К/с.

При сверхбыстрой закалке из расплава на поверхности фольг Al чистотой 99,9999% ячеистая и дендритная структуры не наблюдаются. В фольгах сплавов алюминия с переходными металлами (ПМ) при СБЗР формируется ячеистая структура рис.

На рис. представлена кривая распределения интенсивности  $K_{\alpha}$  линии легирующего элемента на поверхности быстрозатвердевшей алюминиевой фольги сплава Al-0,6 ат.% Ni. На границах ячеек четко видно увеличение концентрации никеля в сплаве Al-0,6 ат.% Ni. Одной из причин, вызывающих неоднородное распределение чужеродных атомов в поверхностном слое, является их неодинаковая растворимость в твердой и жидкой фазах. Коэффициент распределения  $K < 1$  для сплавов Al-Ni и повышенная концентрация никеля наблюдается на границах ячеек.

В литых сплавах алюминия с ПМ наблюдается дендритная структура. В местах соприкосновения дендритов образуются микропоры, микроскопические усадочные раковины, что ухудшает механические и физические свойства сплавов. В гранулах алюминиевых сплавов с ПМ (скорость охлаждения  $10^3 - 10^4$  град/с) также наблюдали дендритные ячейки. Тщательное исследование поверхности быстрозатвердевших фольг (скорость охлаждения  $10^6$  К/с) сплавов алюминия с переходными металлами не обнаружило дендритной структуры.





## Синтез многолучевых углеродных нанотрубок

Мальцев А.Г., Мальцев И.А.

Белорусский национальный технический университет

Работа посвящена проблеме разработки технологии управляемого синтеза многолучевых одно-стенных УНТ с заданной геометрией. Синтезированы многолучевые углеродные наноструктуры Y, X и  $\star$  видов. Полученные наноструктуры могут стать базовыми элементами для создания функциональных логических наносхем в радиоэлектронике XXI века. Эти структуры не только имеют баллистический характер проводимости электрического тока и электрон-электронных взаимодействий, но и микроскопически малы, что позволит упаковать в один чип миллиарды транзисторов. В разработанном нами реакторе «Тесла» осуществлен синтез УНТ в объеме, что позволяет значительно увеличить производительность процесса. В реакторе производительность процесса синтеза пропорциональна не поверхности, а объему реакционной камеры и может в несколько раз превысить величину, характерную для традиционных методов синтеза УНТ. В оригинальном объемном дуговом реакторе катодные дуговые пятна дистанционно отделены от положительного столба дугового разряда. Вследствие этого сам разряд не засоряется разнокалиберными частицами материала катода. Метод объемного синтеза в реакторе «Тесла» объединяет основные параметры процесса: это регулируемый источник температурного воздействия, изменяемая геометрия реактора, подборка структуры и качества углеродной мишени.



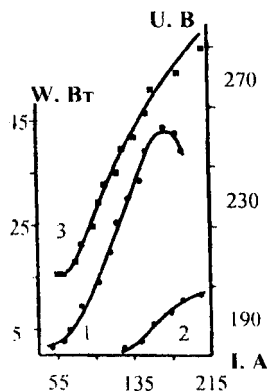
Представленные микрофотографии получены без предварительной очистки исследуемых наноструктур. Таким образом, процесс синтеза многолучевых УНТ в реакторе имеет относительно беспримесный характер. Но микрофотографиям видно, что в условиях нашего эксперимента на поверхность кварцевой приемной камеры выпали углеродные многолучевые одно-стенные и двустенные УНТ с диаметрами от 3 до 12 нм. На микрофотографиях наблюдаются квазипериодические самоорганизующиеся морфологические наноструктуры трех, четырех и пяти-лучевых одно-стенных УНТ Y, X и  $\star$  видов. Эти УНТ представляют собой новый тип логических элементов, на основании которых можно многократно увеличить быстродействие и функциональные возможности микросхем, микроконтроллеров и других электронных устройств.

## Селекция моды $TEM_{00}$ в газовых лазерах на ионах ArII-ArIII

Мальцев А.Г., Мальцев И.А.

Белорусский национальный технический университет

Выполнена экспериментальная работа по исследованию селекции основной поперечной моды  $TEM_{00}$  в двухзеркальном выпукло-вогнутом резонаторе газового лазера на ионах ArII-ArIII. Мода  $TEM_{00}$  обладает наименьшей расходимостью и наиболее равномерным распределением мощности излучения по поперечным координатам. Но обычные устойчивые резонаторы при длине  $L=1-2$ м обладают очень малым диаметром пучка моды ( $w \approx (\lambda L)^{1/2} \sim 1$ мм). Получение качественного излучения в газовых лазерах на ионах ArII-ArIII с диаметром разрядной трубки  $d=7-16$  мм имеет большое значение для технологических применений.



В выпукло-вогнутом резонаторе газового лазера использовалась расширяющаяся часть гауссова пучка. Роль эффективной длины резонатора играет расстояние от перетяжки пучка до плотного зеркала, т.е.  $L_{эф} \sim -R_2$ . Для эффективной селекции необходимо выполнить условие  $w \approx (\lambda L)^{1/2} \sim d$ . Для определения основных параметров резонатора использовалось приближение гауссовых пучков [1]. Расчет проводился для радиусов кривизны зеркал  $R_1 = -R_2 = 10$ м, длина резонатора  $L = 1,5$ м. Диаметры каустики на зеркалах для нашего случая вычислялись по формуле [1]  $w_i \approx 2(\lambda R g_i / \pi)^{1/2}$ , где  $g_i = 1 - L/R_i$ ,  $i, j = 1, 2$ . Согласно приведенной

формуле, диаметр пучка на выходном зеркале  $w_2 = 2,4$ мм, на плотном зеркале  $w_1 = 2,7$ мм.

На рисунке представлены реализованные экспериментально графики зависимости мощности  $W$  оптического излучения в моде  $TEM_{00}$  на  $\lambda=488+514,5$ нм и  $\lambda=334+364$ нм от величины тока и вольтамперная характеристика дугового разряда (кривая 3). Величина мощности излучения в видимом диапазоне оптического спектра на  $\lambda=488+514,5$ нм достигала 43Вт (кривая 1). В ультрафиолетовом диапазоне на  $\lambda=334+364$ нм  $W=12$ Вт (кривая 2). Характерно, что в ультрафиолетовой области спектра генерация на ионах ArIII возникла при величине разрядного тока 120А, в видимой области на ионах ArII генерация начиналась при токе 45А.

### Литература

1. Ананьев. Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки, с.81 (М. Наука, 1990).

**Разработка химических реагентов для технологии утилизации нефтяных асфальтосмолопарафиновых отложений**

Егоркин И.А., Новиков А.Е., Шибeko E.M., Чорный А.Д.

ОАО «Полочктранснефть Дружба», Белорусский национальный технический университет, Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси

В работе показана возможность создания новых химических реагентов (растворителей) для технологии утилизации асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), образующихся при эксплуатации резервуаров хранения нефти, технологического оборудования и линейной части трубопроводов. После проведения цикла лабораторных исследований была предложена комбинированная методика псевдооживления (растворения) сильнонакаленных АСПО различных типов. Растворение осуществляется путем переноса осадков в водонефтяную эмульсию с использованием низкомолекулярных растворителей (продукты пиролиза нефти, ароматические углеводороды) позволяющих интенсифицировать процесс химического растворения АСПО, и второй компоненты в качестве стабилизирующей добавки. Относительная растворяющая способность растворителей, использовавшихся в эксперименте, оценивалась путем измерения времени растворения без перемешивания небольших навесок (1,2 г) АСПО в 10 миллилитрах растворителя при нормальных условиях.

Разрабатываемый реагент для размыва отложений должен обладать свойствами ресуспензионного псевдооживающего полимерного (оптимально – двухкомпонентной жидкости) растворимого соединения. Метод ресуспензии требует использования определенного объема жидкости для обеспечения возможности суспензировать осадки, то есть, кроме фазы смешивания реагентов с водой с соблюдением определенной последовательности действий и соотношения компонент, требуется использовать сырую нефть, в объеме 25-30% от общего объема осадка. В качестве компонент реагента нами испытаны водные эмульсии ароматических углеводородов, в том числе активизированные, (например, отходы типа кумол) и гидростабилизированные продукты пиролиза (в частности, типа ПГС), а также керосина, скипидара. Доказана возможность создания ресурсосберегающей технологии с применением ароматических углеводородов и продуктов пиролиза нефти. Устойчивость суспензий обеспечивается рядом факторов: поведением двойного электрического слоя на межфазной поверхности капель эмульсии, количеством солей поливалентных металлов органических кислот и других полярных компонентов нефтепродукта, адсорбирующихся на асфальто-смолистых агрегатах с переводом их в коллоидное состояние.

## Исследование технологических особенностей извлечения углеводов из труднорастворимых осадков и нефтяных АСПО

Дроботов В.И., Бондарчук В.У., Новиков А.Е.

Петраковский В.В., Шибeko Е.М.

ОАО «Полоцктранснефть Дружба»

Белорусский национальный технический университет

В работе приведены основания, подтверждающие актуальность, возможность и преимущества апробированного способа утилизации асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), нефтяных отходов предприятий нефтекомплекса, образующихся при эксплуатации резервуаров хранения нефти, технологического оборудования и линейной части трубопроводов, путем извлечения из них углеводородных (УВ) и отделения минеральных компонентов. Физико-химические свойства АСПО (на примере донных осадков) – характеризуются высокими значениями плотности- до 1900 кг/м<sup>3</sup>, вязкости, влажности- до 50%, содержания парафинов - до 19% масс. и зольности) обуславливают необходимость, в ходе утилизации с учетом требований технологий энергосбережения, перевода их в низковязкие эмульсии, с последующим разделением на фазы.

После проведенных исследований предложена комбинированная методика утилизации вязких АСПО из донных осадков, путем перевода АСПО в водонефтяную эмульсию с помощью экспериментальной установки - механического диспергатора и интенсифицирующих процесс растворения низкомолекулярных продуктов пиролиза нефти и ароматических УВ. Для стабилизации эмульсий апробировались различные поверхностноактивные вещества (ПАВ) – неолон АФ912, сульфонол, синтанол ДТ7, НСПЦ-6 и т.п.

Разработанная и изготовленная экспериментальная установка была испытана в производственных условиях (в разное время года). В результате проведенных испытаний из высокопарафинистых осадков, образовавшихся (в том числе накопившихся в фильтрах) при эксплуатации резервуаров для хранения нефти, а также извлеченных при очистке линейной части трубопровода, было получено около 500 л жидких углеводородных эмульсий. Таким образом, в результате применения предложенной технологии из АСПО получается низковязкий гомогенный нефтепродукт, пригодный для дальнейшего хозяйственного использования, водная компонента, пригодная для дальнейшего использования при работе разработанной установки и минеральная компонента, в виде легко утилизируемого осадка. Это позволяет применять установку также в различных местах, где необходимо утилизировать небольшие количества АСПО (например, при утилизации аварийных нефтяных загрязнений).

## Программирование и визуализация задач механики компьютерного лабораторного практикума по курсу физики в среде Builder C++

Андреенок Ю.И., Федорова Е.Л., Кушнир В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Разрабатываемый компьютерный практикум является частью общего курса физики и включает разделы «Механика», «Электричество и магнетизм», «Колебания и волны». Практикум, построенный в соответствии с учебной программой стандартного курса практических занятий, устраняет, вместе с тем, несогласованность последнего с лекционным курсом по уровню излагаемого материала. Раздел практикума «Механика» в первую очередь адаптирует студента к вузовской программе: например, моделируется (с визуализацией решения) задача о движении тела, брошенного под углом к горизонту, с учетом силы сопротивления воздуха. Далее, реализуется исторический подход; в частности, достаточно большой объем занимает цикл задач небесной механики, в рамках которого ранее была рассмотрена (при помощи вычислительных средств Mathcad) задача о движении тела в поле тяготения Земли и Луны [1]. Ориентированность практикума на строительные специальности отражается серией задач об устойчивости конструкций. Для реализации компьютерного практикума предполагается использовать, главным образом, интегрированную среду программирования Builder C++, а также Mathcad. Среда Builder C++ удобна для постановки, организации и контроля выполнения заданий лабораторной работы. Возможность постановки многовариантных заданий

большого объема, вместе с достаточным набором опций по визуализации решений задач делает данную среду программирования эффективной для усвоения изучаемого материала. В качестве примера на рисунке 1 приводится иллюстрация к решению задачи о движении тела, брошенного под углом к горизонту.

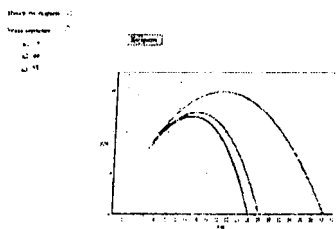


Рис. 1. Вид экрана с решениями задачи о движении тела, брошенного под углом к горизонту

### Литература

1. Кушнир, В.Н. Лабораторный практикум общего курса физики (раздел Механика) в MathCAD / В.Н. Кушнир// Материалы Восьмой международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике». В 4 томах. Том 3.- Минск, БНТУ, 2010. - С. 372.

## Программирование и визуализация задач теории колебаний компьютерного лабораторного практикума по курсу физики в среде Builder C++

Андреенко Ю.И., Федорова Е.Л., Кушнир В.Н.  
Белорусский национальный технический университет

В предлагаемой лабораторной работе компьютерного практикума, реализованной в среде Builder C++, рассматривается задача о сложении одномерных колебаний и задача о двумерных колебаниях. Работа выполняется в первом семестре и является необходимым элементарным примером и иллюстративным материалом для изучения разделов «Колебания и волны» курса физики и «Ряды Фурье» курса высшей математики в следующих семестрах. Работа обеспечена ясным интерфейсом, использующим стандартные элементы управления. Студенты выполняют последовательно 3 задания, каждое из которых сопровождается построением диаграмм. В частности, на рисунке 1 приведен вид экрана с демонстрацией фигуры Лиссажу, образуемой в процессе гармонических колебаний в двух взаимно перпендикулярных направлениях с разностью начальных фаз  $\pi/4$  и соотношением частот  $9/10$ .

Предыдущее задание

Промоделировать сложение двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаний  $x=A_1 \cos(\omega_1 t + \alpha_1)$  и  $y=A_2 \cos(\omega_2 t + \alpha_2)$  для различных соотношений значений  $\omega_1/\omega_2$  и разности начальных фаз  $\alpha_1 - \alpha_2$ . В таблицу 2 зарисовать полученные на экране фигуры Лиссажу:

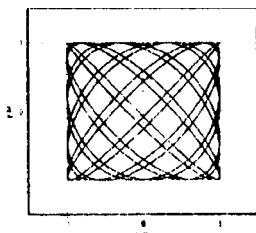
Разность фаз: 0,45,90,135,180

Введите разность фаз  $\alpha_1 - \alpha_2$  °

Соотношение частот  $\omega_1/\omega_2$ : 1/1, 1/2, 1/3, 2/3

Введите  $\omega_1$  #

Введите  $\omega_2$  #



Сделать вывод о зависимости вида фигур Лиссажу от  $\alpha_1$  и  $\omega_1/\omega_2$ .

Рис.1. Вид экрана. Фигура Лиссажу для заданных параметров

Предлагаемая работа может быть легко модифицирована (с целью реализации индивидуального подхода на занятиях) как путем увеличения количества заданий, так и их усложнением.

## Изучение колебаний двух сопряженных маятников в лабораторном практикуме

Баранов А.А., Позняк В.С., Делесевич А.П.

Белорусский национальный технический университет

На приборе FRM-13 предлагается изучение свободных колебаний двух сопряженных, т.е. связанных пружиной, маятников. Такая система характеризуется двумя степенями свободы (двумя углами).

В общем случае колебания таких маятников являются негармоническими. Описание движения связанных маятников значительно упрощается при условии слабой связи, когда  $mgL \gg kd^2$ , т.е. когда моменты силы тяжести существенно больше моментов силы упругости. В этом случае движение сильно зависит от выбора начальных условий. При слабой связи, когда в начальный момент времени оба маятника отклонены от положения равновесия в одну сторону на одинаковый угол, маятники

колеблются синфазно (синхронно) с одинаковой частотой  $\omega_c = \sqrt{\frac{mgL}{I}}$ . В

этом случае пружина, соединяющая маятники не меняет своей длины и не влияет на характер движения.

Если маятники отклонены от положения равновесия на одинаковые углы в противоположные стороны, то возникают противофазные

(антифазные) колебания с частотой  $\omega_n = \sqrt{\frac{mgL + 2kd^2}{I}}$ .

Третий интересный случай приводит к биениям в чистом виде, когда амплитуда колебаний каждого маятника меняется со временем. Такой вариант колебаний возникает, если первый маятник оставить в положении равновесия, а второй отклонить на малый угол ( $\varphi = 10^\circ$ ). При этом колебания второго маятника, возбуждая колебания первого маятника начинают загухать. Когда второй маятник останавливается, амплитуды колебания первого маятника достигает максимума. После этого первый маятник начинает раскачивать второй маятник, и процесс повторяется. Общая энергия колебаний системы маятников (без учета потерь) остается постоянной с перекачиванием энергии из одного маятника в другой. Амплитуда колебаний маятников меняется с частотой биения  $\omega_b = \omega_n - \omega_c$ .

Экспериментальные и теоретические значения частот  $\omega_c$ ,  $\omega_n$  оказываются близкими, относительная погрешность не превосходит 4-8%.

Особый интерес представляют вынужденные колебания таких сопряженных систем, когда происходит фильтрация частот колебаний.

## Взаимосвязь лабораторных и практических занятий по физике

Бибик А.И., Журавкевич Е.В., Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

Бесспорно, что физическое образование является основой для успешного изучения общетехнических и специальных дисциплин, особенно в условиях быстрого устаревания специальных технических знаний. Однако, при осознаваемой всеми важности курса физики для будущих инженеров, происходит неуклонное сокращение числа часов, выделяемых как на изучение теории, так и на практические занятия. Следовательно, внимание преподавательского состава физических кафедр должно быть нацелено на организацию занятий повышающих эффективность цельного восприятия студентами основных законов курса физики.

Преподавание физики в техническом вузе включает в себя изучение теории в лекционном курсе и проведение практических занятий (решение задач и выполнение лабораторных работ). Эти виды занятий по времени проведения и, зачастую, по содержанию мало связаны, как с лекционным курсом, так и между собой. Поэтому невозможно в полной мере использовать практические занятия для приведения знаний в определенную систему, для успешного их закрепления, что понижает качество знаний, приводит к их формальному предьявлению, исключает проявление инициативы и активности студентов. Согласование практических занятий по физике приводит к улучшению качества знаний студентов, при этом увеличивается возможность индивидуального подхода и степень самостоятельности студентов. Возможны следующие варианты объединения практических занятий с лабораторными занятиями:

- решение задач возможно лишь после предварительной постановки эксперимента;
- решение задач, которые можно проверить и уточнить их решение экспериментально;
- решение задач, позволяющих предсказать характер протекания физического процесса;
- решение задач, позволяющих научить методам измерения.

Подобная методика проведения практических занятий по физике формирует исследовательские умения и навыки у будущих инженеров различных специальностей и даёт возможность ориентировать студентов не на формальное предьявление знаний, а на активное их использование при анализе конкретных явлений и процессов.



## Определение концентрации раствора соли при помощи рефрактометра

Бибик А.И., Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Тема «Геометрическая оптика» является весьма важной для изучения в техническом вузе, но традиционно вызывает определенные трудности у студентов при изучении. В работе представлена модернизация существующей лабораторной работы и методического обеспечения к ней для студентов строительных специальностей БНТУ. Изложены основные теоретические моменты темы «Законы геометрической оптики», приведен вывод законов отражения и преломления света на основе принципа Гюйгенса. Рассмотрены границы применимости законов геометрической оптики. Сформулированы ограничения на разрешающую способность оптических приборов, связанные с волновой природой света.

Проведен подробный анализ явления полного внутреннего отражения, сформулированы условия его возникновения, выведены формулы для предельных углов отражения и падения. Рассмотрены примеры применения явления полного внутреннего отражения в современных волоконно-оптических сетях передачи данных и других оптических системах.

Проанализирован принцип работы рефрактометра, в основе которого лежит явление полного внутреннего отражения, представлен алгоритм измерения концентрации соли в растворе на основе измерения абсолютного показателя преломления раствора с помощью рефрактометра.

Для измерения концентрации соли в исследуемом растворе проводится измерение абсолютных показателей преломления растворов с известной концентрацией соли. далее на основе предположения о том, что абсолютный показатель преломления раствора линейно возрастает с увеличением концентрации соли в нем, экстраполируется график зависимости абсолютного показателя преломления от концентрации соли и по графику определяется концентрация в исследуемом растворе.

Студентам предлагается не только провести стандартную, общую для всех, часть работы, но и выполнить исследовательское задание, провести измерение абсолютных показателей преломления растворов других солей, проверив гипотезу о том, что при небольших концентрациях растворенного вещества абсолютный показатель преломления раствора пропорционален его концентрации.

Собранная экспериментальная установка апробирована в ходе лабораторного практикума у студентов строительных специальностей.

**Организационно-методическая компонента учебного процесса  
поисковой лабораторной работы**

Ветохин С.С., Климович И.А.

Белорусский государственный технологический университет  
Белорусский национальный технический университет

Поисковая лабораторная работа является одним из активных методов обучения, применяемых в учебном процессе вузов. В основе ее организации и проведения лежит методология научного исследования. Обозначим общие принципы к организации и методическому обеспечению поисковой лабораторной работы. Проведению поисковой лабораторной работы должна предшествовать лекция, на которой преподаватель знакомит студентов с целями и задачами такого вида учебной деятельности, с элементами научного творчества, с основными этапами научного исследования. Цель поисковой лабораторной работы – развитие навыков научно-исследовательской деятельности каждого из студентов, к задачам можно отнести формирование представлений о научном исследовании и навыков проведения научно-исследовательской деятельности. В основе поисковой лабораторной работы лежит проблемная ситуация, в алгоритме которой можно выделить шесть этапов: поисковый, подготовительный, определяющий, разрешающий, заключительный. На поисковом этапе проводится отбор содержания учебного материала с целью обнаружения общенаучных противоречий. На подготовительном этапе выявляются те вопросы, на основе которых возможно создание проблемной ситуации, формулировка проблем, которые можно внедрить в учебный процесс. На определяющем этапе происходит планирование предполагаемой деятельности студентов, формируется и развивается теоретическое мышление студентов. Прогнозирование возможных решений проблемных ситуаций происходит на разрешающем этапе. Заключительный или методологический этап предполагает анализ всей работы, проделанной студентами, с целью рефлексии и ориентации студентов на дальнейшую деятельность.

Предполагается, что детальная разработка организации и методического обеспечения выше названных этапов поисковой лабораторной работы, будет способствовать формированию мотивации научно-исследовательской деятельности студентов, вовлечению их в активную мыслительную деятельность, развитию логической формы мышления (анализа, синтеза, сравнения, обобщения и т.д.) приобретению первоначального опыта научно-исследовательской деятельности. При этом оптимально сочетаются методы традиционного и активного обучения.

Глушко Л.В., Кириленко А.И.

Минский государственный высший авиационный колледж

При выполнении экспериментальных (лабораторных) работ по физике желательно иметь достаточно много простых экспериментальных установок для того, чтобы работы были примерно одинаковы по сложности. В силу определенных ограничений это трудно достижимо. Мы предлагаем использовать одну и ту же лабораторную установку, но использовать её в разных режимах. Трудно найти для этих целей более простой и наглядный прибор, чем маятник Максвелла. Он хорошо известен, прост в изготовлении и используется даже в качестве игрушки. Мы предлагаем использовать его при изучении механических колебаний в четырех основных режимах:

- Стандартный режим с закручиванием нитей на оси с диском. Здесь уточняется определение периода колебаний, изучаются законы сохранения и изменения энергии и момента импульса;

- Режим колебаний физического маятника без вращения диска и направлении перпендикулярном плоскости содержащей обе нити. Здесь изучается теорема Штейнера;

- Режим колебаний физического маятника в плоскости, содержащей нити. Как и в предыдущем случае важна теорема Штейнера. Уточняются представления о поступательном и вращательном движении;

- Режим круглых колебаний в горизонтальной плоскости. Уточняется представление о малых колебаниях;

После небольшой модернизации установки оказалось возможным решать дополнительные задачи:

- Диск маятника можно выполнить полым. При этом возможно заполнить его водой (керосином, глицерином) и изучать влияние вязкости жидкости на характер движения во всех четырех перечисленных режимах колебаний, которые отличаются характером движения жидкости и полости. Возможно изучать характер колебаний при изменении момента инерции диска путем помещения внутрь его металлической спирали прижатой силами упругости к внешней части обода;

- Возможно изучать колебания связанных маятников Максвелла подвесив к оси первого маятника нити, закрепленные в свою очередь на ось второго маятника. Этот второй маятник может отличаться от первого по массе, моменту инерции (распределению масс) и скорости диссипации энергии. Таким образом, диапазон доступных изучению движений маятника Максвелла значительно расширяется.

## Экспериментальное исследование распределений температуры с использованием компьютера\*

Дорошевич Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Проведены работы по составлению и решению оригинальных экспериментальных и теоретических задач по распространению тепла в различных материалах и средах. Представляем постановку одной из таких задач.

Сосуд объемом  $V$ , диаметр которого значительно больше его высоты, наполовину  $V_1=V/2$  заполнен водой при температуре  $T_1$  ( $20^\circ\text{C}$ ). Внутри круглого сосуда с плоским дном вблизи одного из его краев находится датчик температуры, выход которого

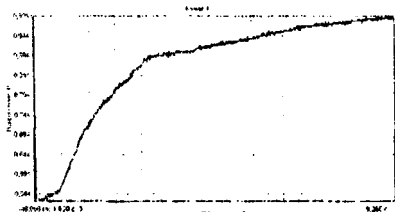


Рис.1

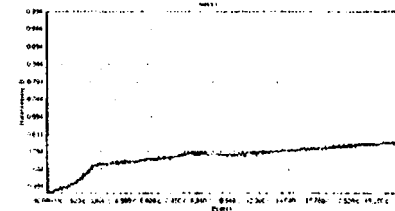


Рис.2

соединен с цифровым осциллографом, соединенным с монитором. В сосуд в течение времени  $t_1$  (5с ...) наливают воду при температуре  $T_2$  ( $90^\circ\text{C}$ ) вблизи противоположной стенки сосуда. Температура воды в объеме изменяется в результате ее циркуляции и теплообмена. Зависимость величины

электрического напряжения, снимаемого с датчика и прямо пропорционального температуре ( $1^\circ$  соответствует  $12 \cdot 10^{-3}\text{В}$ ), от времени для указанных параметров  $T_1$ ,  $T_2$  и  $t_1$  показана на рис. 1. Аналогичная зависимость показана на рис. 2 для случая, когда в сосуде по его диаметру установлена перегородка с зазорами возле краев сосуда, затрудняющая циркуляцию и теплоперенос в направлении датчика. По графикам на рисунках можно определить скорость изменения температуры воды в сосуде, а также установившуюся температуру. После этого записывают уравнение теплового баланса для указанных случаев, из которого с учетом экспериментальных данных определяют удельную теплоемкость воды  $c$  или при известной величине  $c$  находят другие искомые параметры.

Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе при изучении процессов переноса тепла.

\*Работа выполнена под руководством Павлюченко В.В.

## Определение эффективной удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах

Журавквич Е.В., Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

Излучение естественных радионуклидов, содержащихся в земной коре, почве, воде и воздухе является одной из составляющих естественного радиационного фона. Основной вклад в дозу облучения человека вносят радионуклиды  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  и дочерние продукты распада урана и тория.  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  являются родоначальниками радиоактивных рядов. В результате альфа- и бета- распадов  $^{238}\text{U}$  превращается в изотоп  $^{226}\text{Ra}$ , который является основным дозообразующим элементом для радиоактивного ряда  $^{238}\text{U}$ . Содержание изотопа  $^{40}\text{K}$  в объектах окружающей среды создает естественное (фоновое) облучение. Бета- и гамма- излучение  $^{40}\text{K}$  вносит существенный вклад в суммарную дозу облучения человека. Содержание радионуклидов в земной коре определяется радиоактивностью пород, из которых они образовались. Наибольшее количество радионуклидов содержится в горных породах вулканического происхождения, меньше – в осадочных породах. Атомы урана обладают большой подвижностью, образуют растворимые комплексные соединения, хорошо сорбируются и вымываются из верхних слоев земной коры. Торий хорошо сцеплен с остатками горных пород, постепенно накапливается в верхних слоях почвы. Калий равномерно распределяется в верхнем слое земной коры и прочно удерживается глинами.

Для характеристики материалов, используемых в строительстве, применяется эффективная удельная активность.

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,99A_{\text{K}},$$

где  $A_{\text{Ra}}$  и  $A_{\text{Th}}$  – удельные активности  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ ,  $A_{\text{K}}$  – удельная активность  $^{40}\text{K}$ .

В лабораторной работе студенты с помощью радиометра РКГ–АТ1320 измеряют удельные активности радионуклидов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , определяют эффективную удельную активность в предлагаемых пробах.

На основе полученных данных студенты делают заключение о возможности использования того или иного материала в строительстве жилых и общественных зданий, сравнивая  $A_{\text{эфф}}$  со значениями, рекомендованными НРБ-2000.

## Математическая модель перенормировки заряда в рамках электрон-позитронного взаимодействия

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрены зависящие от времени волновые пакеты электрон-позитронного поля с учетом поперечности поля

$$\left\{ \left( -i \frac{\partial}{\partial t} - i \vec{\alpha} \vec{\nabla} - e_0 \vec{\alpha} \vec{A} + \beta m_0 \right) + e_0 \varphi(\vec{r}) \right\} \Psi(\vec{r}, t) = 0,$$

$$\left\{ \left( i \frac{\partial}{\partial t} - i \vec{\alpha} \vec{\nabla} - e_0 \vec{\alpha} \vec{A} + \beta m_0 \right) + e_0 \varphi(\vec{r}) \right\} \Psi^c(\vec{r}, t) = 0.$$

Решение этой системы рассматривается в виде движущегося волнового пакета, описываемого биспинором

$$\Psi(\vec{r}, t) = e^{i\vec{p}\vec{r} - itE} \Phi(\vec{r} - \vec{u}t).$$

При анализе этих уравнений в работе получено самосогласованное вариационное уравнение, описывающее распределение заряда в «физическом» электроне или позитроне. Найдено решение этих уравнений, определяющее массы и заряды «голых» электронов и позитронов.

Показано, что полученные характеристики соответствуют сильной связи электрон-позитронного и электромагнитного полей. Найдено, что трансляционное движение «физических» частиц отделяется от их внутренних степеней свободы, так, что зависимость энергии одночастичного возбуждения от его полного импульса определяется формулой

$$E(\vec{P}) = \sqrt{P^2 + m^2},$$

соответствующей релятивистскому спектру свободной частицы с наблюдаемой массой  $m$ . Регуляризация членов ряда теории возмущений по константе тонкой структуры обусловлена возникновением форм-фактора «физического» электрона и соответствует обрезанию импульса  $P_c \approx m_0$ .

Получено вариационное соотношение, описывающее конечную перенормировку заряда и массы электрона (позитрона). Найдено, что константа связи электрон-позитронного и электромагнитного полей  $\alpha_0$  и масса  $m_0$  «голого» электрона связаны с наблюдаемыми значениями постоянной тонкой структуры и массой «физического электрона» соотношениями  $m_0 \alpha \approx m$  и  $\alpha_0 \alpha \approx 1$ .

## Сложение колебаний, совершаемых в плоскости

Кириленко А.И.

Минский государственный высший авиационный колледж

При выполнении курсовых работ по физике необходимо иметь подборку примеров примерно одинаковых по сложности, но, в то же время, обладающих некоторой степенью самостоятельности. Изучение колебательных процессов, совершаемых в плоскости, таким свойством обладает. Мы выделяем следующие теоретические вопросы:

- Изучение фигур Лиссажу;
- Влияние начальных условий на вид траектории;
- Сложение колебаний с иррациональным отношением частот;
- Сложение затухающих колебаний;
- Сложение поляризации в электродинамике. Преобразование двух электрических поляризации в круговую. Схождение двух круговых поляризации;
- Сложение неперпендикулярных колебаний (поляризации);
- Получение циклоидальных траекторий;
- Сложение трех поляризации: линейной и двух круговых;
- Разложение частной поляризации на две круговые (разложение Френеля);
- Вращающееся магнитное поле и его механический аналог;

При экспериментальном изучении колебаний в плоскости решаются следующие задачи:

- Изучение деформаций фигур Лиссажу при их проекции на плоскость;
- Стробээффект и направление обхода фигуры Лиссажу;
- Переход фигур Лиссажу в циклоиды и вопросы сканирования пространства;
- Эволюция фигур Лиссажу (эллипсов) в зависимости от темпа возбуждения колебаний.

Все эти вопросы решаются посредством единого математического подхода, однако имеют приложение к различным разделам физики: к механике, электротехнике, электродинамике и оптике.

Практическое значение рассматриваемых вопросов видно уже из их перечня. Кроме того, изучение колебаний в плоскости позволяет моделировать некоторые глубокие результаты из математической теории множеств, например, такие как достижимость и недостижимость точек плоскости в различных контурах (в прямоугольнике, параллелограмме, окружности, эллипсе), напрямую связанные с практическими задачами сканирования пространства лазерным лучом.

**Физический эксперимент – основа усвоения и систематизации знаний по курсу фотометрии для студентов строительных специальностей**

Климович И.А., Потачиц В.А.

Белорусский национальный технический университет

Фотометрия относится к достаточно трудной и одновременно наиболее востребованной части курса общей физики для студентов строительных специальностей. Это связано с тем, что для прикладной светотехники существенна не только объективная энергетическая характеристика света, но и мера воздействия излучения на селективный приемник, в частности, на человеческий глаз. В результате оптическое излучение характеризуется и энергетическими параметрами, и световыми, что приводит к многообразию схожих фотометрических понятий.

Наиболее дифференцированной характеристикой светового потока служит яркость, определяющая мощность, распространяющуюся в заданном направлении вблизи данной точки пространства. Знание яркости необходимо при исследовании самосветящихся предметов (источников света), ибо в этом случае определяется и освещенность, и сила света, и поток – мощность, переносимая во всех направлениях через заданную поверхность. В зависимости от назначения и устройства регистрирующей аппаратуры результаты измерения выражаются через различные фотометрические величины. Например, свет, испущенный всей поверхностью звезды в направлении наблюдателя, определяет силу света звезды; фотоприемное устройство фотоаппаратов осуществляет суммирование энергии по углам, т.е. здесь регистрируется освещенность; а в приборах с тепловыми приемниками излучения измеряется полный поток, падающий на всю поверхность приемника по всем направлениям.

Несмотря на широкое развитие объективных фотоэлектрических приборов, основанных на пропорциональной зависимости фотоэлектрического тока от поглощенного фотоэлементом светового потока, на занятиях физического практикума большое внимание уделяется визуальным измерениям, производимым непосредственно глазом. Например, при работе с поляриметром студентами непосредственно устанавливается, что глаз обладает уникальной чувствительностью по определению равенства освещенности соприкасающихся поверхностей, имеющих одинаковый цвет. Уравнивая тем или иным способом освещенности, создаваемыми сравниваемыми источниками, один из которых эталонный, можно измерять силу света другого в выбранном направлении. Студенты также знакомятся с «методом гашения» для измерения малых яркостей.



## Определение собственных мод колебаний и их частот для массивных дисковых тел с помощью метода конечных элементов

Латарцев А.А., Шалимо О.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является определение собственных мод колебаний и их частот для массивных дисковых тел из алюминия, меди и железа с помощью метода конечных элементов.

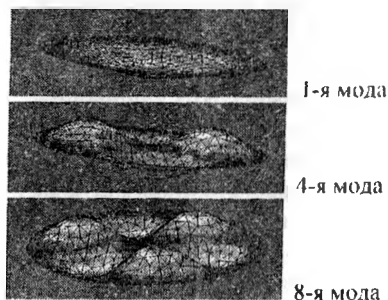


Рис. 1. Моды колебаний диска из алюминия

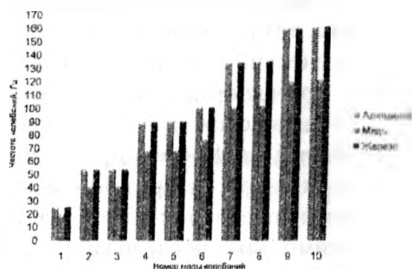


Рис. 2. Гистограмма распределения частот по номеру моды колебаний дисков из алюминия, меди и железа

Размеры дисков составляли: диаметр  $d = 1,0$  м, толщина  $a = 1,0 \cdot 10^{-3}$  м. Входными характеристиками для расчета собственных частот и мод колебаний дисков с неподвижной внешней границей являлись величины плотности, модуля Юнга, коэффициента Пуассона алюминия, меди и железа. Расчет первых десяти мод и соответствующих частот колебаний дисков проводился методом конечных элементов, реализованном в инженерном программном комплексе Abaqus 6.10-2SE.

Результаты расчета представлены на рис. 1, 2. Анализ полученных результатов показал, что для всех дисков с увеличением номера моды частота колебаний возрастает. Наименьшие частоты колебаний мод получены для диска из меди. Установлено, что частоты колебаний для дисков из алюминия и железа практически одинаковы, что связано с близкими по значению величинами отношений модулей Юнга к плотностям материалов:

$$\left(\frac{E}{\rho}\right)_{\text{Al}} = 2,59 \cdot 10^7 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}, \quad \left(\frac{E}{\rho}\right)_{\text{Fe}} = 2,68 \cdot 10^7 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}, \quad \left(\frac{E}{\rho}\right)_{\text{Cu}} = 1,46 \cdot 10^7 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}.$$

Установлено, что для 2 и 3, 4 и 5, 7 и 8, 9 и 10 мод имеется соответственное совпадение частот собственных колебаний дисков из алюминия, меди и железа (рис. 2).

## Способы магнитноимпульсного контроля объектов из электропроводящих материалов

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Разработаны способы контроля объектов из электропроводящих и магнитных материалов, повышающие точность определения их удельной электропроводности  $\sigma$ , магнитной проницаемости  $\mu$ , однородности распределения  $\sigma$  и  $\mu$ , толщины контролируемых объектов и параметров дефектов сплошности в них. Применение способа контроля толщины пластины из электропроводящего материала с использованием гистерезисных свойств преобразователей магнитного поля представлено на рис. 1 – 2. На преобразователь магнитного поля (магнитный носитель), приложенный к объекту, воздействовали импульсом магнитного поля в полволны с разными параметрами заднего фронта. Записанную на нем информацию считывали с помощью воспроизводящей магнитной головки и получали на экране монитора зависимости электрического напряжения от времени  $U(t)$ . На рис. 1 и рис.2 показаны зависимости  $U(t)$  соответственно для пластин из алюминия толщиной  $1,0 \cdot 10^{-4}$  м и  $1,3 \cdot 10^{-4}$  м. Величина

нулевого максимума при  $t = 1 \cdot 10^{-3}$  с (рис.2) составляет  $5,9 \cdot 10^{-2}$  В, а нулевого минимума при  $t = 1 \cdot 10^{-3}$  с (рис.1) равна

нулю. Величина относительной погрешности с учетом диапазона измерения и величины приведенной погрешности осциллографа будет  $\delta = 0,53\%$ . Так как изменение толщины пластины составляет 30%, то относительная погрешность измерения толщины равна 0,16%.

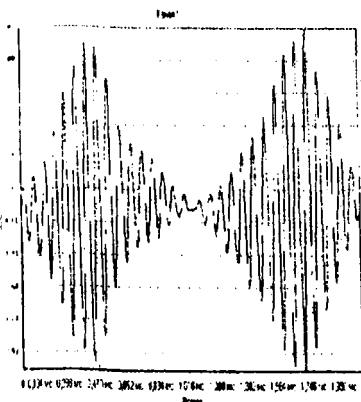


Рис.1

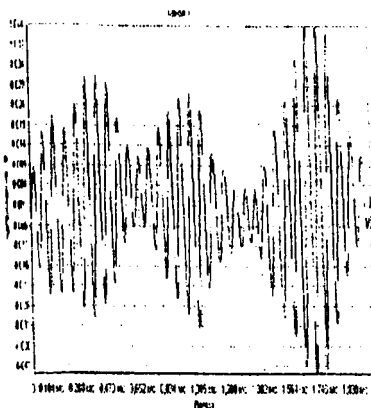


Рис.2

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

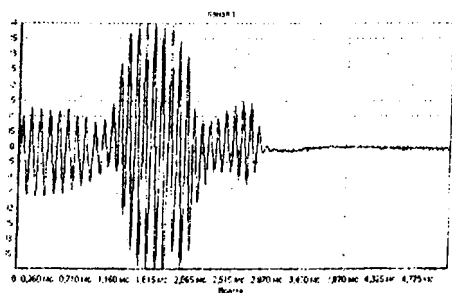


Рис. 1

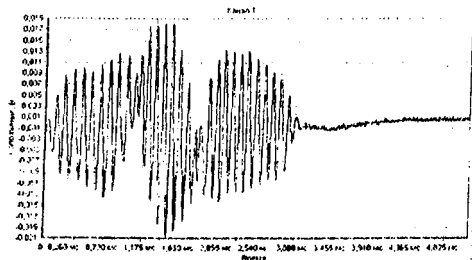


Рис. 2

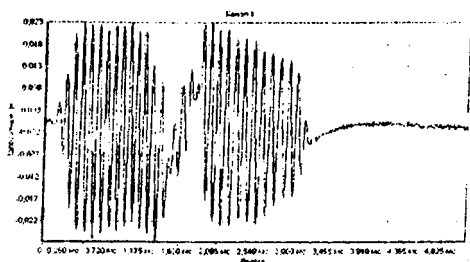


Рис. 3

Разработаны конструкции излучателей импульсного магнитного поля преобразователей магнитного поля и воспроизводящих устройств, найдены параметры импульсов магнитного поля для определения электрических и магнитных свойств

материалов, а также дефектов сплошности в них.

На рис.1-3 показаны зависимости величины электрического напряжения, снимаемого с воспроизводящей магнитной головки от времени  $U(t)$  при сканировании ею магнитного носителя с записями полей дефектов сплошности. Максимумы сигнала на рис.1 и рис.2 и центральный максимум на рис.3 соответствуют центру отверстия диаметром  $9,5 \cdot 10^{-3}$  м в пластине из алюминия толщиной  $2,2 \cdot 10^{-3}$  м. Эти зависимости получены на экране монитора цифрового осциллографа при воздействии на объект

импульсами магнитного поля в полволны с разными амплитудами и с разными параметрами переднего и заднего фронта, что позволяет находить оптимальные условия магнитоимпульсного контроля.

**Внедрение в учебный процесс основных понятий и процессов, характеризующих фуллерены и фуллереноподобные структуры**

Петренко С.И., Юркевич Н.П.

Белорусский национальный технический университет

Физика и химия фуллеренов – это наиболее яркое научное направление последнего десятилетия. Однако до настоящего времени такие понятия как «фуллерен», «нанотрубка», «фуллереноподобный объект» практически не представлены в учебном процессе курсов физики и химии. Для того, чтобы студенты имели представление о данных понятиях, необходимо вносить разнообразие в формы проведения занятий, активизируя их самостоятельную работу. Одним из элементов в изучении фуллеренов в курсе физики может быть подготовка рефератов по следующим темам: 1. Ученые, открывшие фуллерены. 2. Фуллерены и фуллериты. 3. Фуллереносодержащие материалы и их свойства. 4. Использование фуллереносодержащих материалов для уменьшения силы трения. 5. Возможность использования композиционных материалов на основе аллотропных форм углерода. 6. Углеродные нанотрубки: синтез, свойства, применение. 7. Углеродные нанотрубки – уникальный элемент электроники будущего. При соответствующем уровне подготовки возможно построение студентами 3D-моделей молекул  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ , одностенных углеродных нанотрубок типа «зигзаг» или «седло». При проведении практических занятий возможно решение следующих задач:

1. Рассчитать удельную площадь поверхности ( $m^2/g$ ) различных молекул фуллеренов ( $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{84}$ ).
2. Рассчитать удельную площадь поверхности ( $m^2/g$ ) одностенных углеродных нанотрубок заданного диаметра.
3. Рассчитать удельную площадь поверхности ( $m^2/g$ ) многостенных углеродных нанотрубок заданного диаметра с различным количеством стенок ( $n = 2, 3, 4, 5$ ).
4. Модифицирование поверхностей трущихся тел фуллеренами позволяет снизить коэффициент трения скольжения на 40 % с одновременным повышением износостойкости. Рассмотреть варианты практического применения данного эффекта.
5. Использование фуллеренов в качестве присадок к смазочным маслам позволяет значительно повысить износостойкость поверхностей в машинах и механизмах, а также получить экономию топлива за счет уменьшения силы трения в двигателях до 20%. Оценить возможную экономию топлива и энергии в целом при использовании этого эффекта на железнодорожном транспорте.

## Экспериментальное исследование скоростей упорядоченного и теплового движения электронов, их концентрации в металлах

Позняк В.С., Баранов А.А., Юшко В.С.

Белорусский национальный технический университет

Классическая электронная теория металлов позволяет определить скорости упорядоченного и теплового движения электронов, а также определить концентрацию свободных электронов в металле. Электронный газ в классической теории является идеальным и имеет среднюю арифметическую скорость теплового движения электронов равную

$$v_T = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}.$$

Эта скорость при комнатной температуре является достаточно большой и составляет по порядку величину  $10^5 \frac{м}{с}$ .

Предлагается путем непосредственного измерения вольтамперной характеристики для проволоки из нихрома определить скорость упорядоченного движения электронов и их концентрацию.

Как следует из электронной теории скорость упорядоченного движения электронов в металле равна  $v = \frac{e U}{2m l} \tau$ , где  $l$  – длина проволоки,  $m$

масса электрона,  $e$  – его заряд,  $U$  – напряжение,  $\tau$  – время свободного пробега электрона в металле. В качестве  $\tau$  принято значение  $3 \cdot 10^{-15}$  с. Тогда скорости упорядоченного движения электронов, создающего постоянный ток, составляют доли мм/с. В силу соотношения  $j = env$  эта скорость линейно возрастает с увеличением плотности тока  $j$ , что убедительно подтверждается экспериментом.

Для концентрации  $n$  электронного газа в металле из электронной теории следует соотношение  $n = \frac{2mIl}{e^2 S U \tau}$ , где  $S$  – площадь поперечного сечения проволоки,  $I$  – сила тока.

Расчеты выполненные с учетом экспериментальных значений  $I$  и  $l$  приводят к величине  $n = 1,9 \cdot 10^{28} \frac{1}{м^3}$ . Это значение по порядку величины согласуется с соотношением для концентрации «атомов» нихрома

$$n = \frac{N_A}{\mu} \rho = 0,88 \cdot 10^{28} \frac{1}{м^3}, \text{ где принято } \mu = 56 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}, \rho = 8,2 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}.$$

Из сопоставления двух последних концентраций вытекает, что в среднем на каждый «атом» нихрома приходится примерно два свободных электрона.

## Роль границы в возникновении и развитии структурных искажений в пространственно интегрированных модулирующих микрообъемах жидких кристаллов

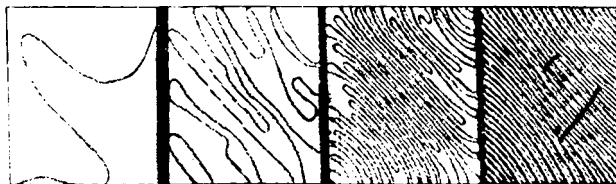
Развин Ю.В., Потачиц В.А.

Белорусский национальный технический университет

В матричных пространственно интегрированных структурах жидких кристаллов (ЖК) контакт кристалла осуществляется с системой электродов, выступающих над поверхностью подложки. Возникают начальные отклонения ориентации молекул ЖК ( $\theta$ ) от планарного расположения на краях электродов. Компоненты директора ЖК в этом случае представляются в виде  $n_x = \cos\theta$ ,  $n_y = 0$ ,  $n_z = \sin\theta$ . Исходная ориентация молекул вдоль оси  $OX$ , ось  $OZ$  направлена по толщине ЖК-слоя, ось  $OY$  перпендикулярна направлению электронов на одной из подложек модулятора. Процесс переориентации молекул ЖК в электрическом поле  $E$  рассматриваем исходя из уравнения Франка для плотности свободной энергии слоя в одноконстантном приближении. Решение этого уравнения (для диэлектрической анизотропии ЖК  $\Delta\epsilon \geq 0,2$ ), как было показано нами ранее, описывает стенку, связанную с переходом Фредерикса. Зависимость  $\theta(y)$  здесь не учитывается, ибо при любых  $\theta \neq 0$  происходит безпороговая переориентация молекул. При уменьшении  $\Delta\epsilon$  до  $\sim 0,1 \dots 0,05$  процесс переориентации молекул ЖК приостанавливается (растет величина порога Фредерикса,  $\theta \ll 1$ ),  $\theta(z) \rightarrow \text{const}$  для достаточно протяженной области ЖК слоя. Уравнение ориентационной структуры в этом случае имеет вид:

$$\partial^2 \theta / \partial y^2 + \Delta\epsilon E^2 \theta / 4\pi k = 0, \quad k - \text{константа упругости ЖК.}$$

Решение этого уравнения с учетом граничных условий можно представить в виде  $\theta = A \cos \sqrt{\Delta\epsilon / 4\pi k} E y$ . Постоянная  $A$  определяется из граничных условий. Таким образом, в пикселях модулятора образуется периодическая вдоль оси  $OX$  система доменов, параллельных оси  $OX$ , ориентация молекул ЖК в доменах отличается на  $180^\circ$ .



На микрофотографиях представлен процесс преобразования стенки, связанной с переходом Фредерикса при уменьшении

$\Delta\epsilon$  ЖК в систему  $180^\circ$  доменов для твист-эффекта, размер пикселя  $50 \times 50$   $\mu\text{м}^2$ .

### Условия получения СВЧ материалов для керамических элементов антенн GPS-ГЛОНАСС навигационных систем

Савчук Г.К.<sup>1</sup>, Летко А.К.<sup>2</sup>, Карпей А.Л.<sup>2</sup>, Степанова Л.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет

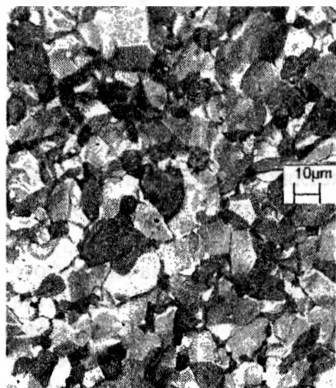
<sup>2</sup> ГНПО НИЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск

<sup>3</sup> НИИ физико-химических проблем БГУ, г. Минск

Диэлектрические материалы, которые используются для изготовления элементов малогабаритных керамических антенн диапазона GPS и ГЛОНАСС, наряду с миниатюризацией антенны должны обеспечивать эффективность ее работы. По проведенным расчетам для обеспечения эффективности антенны в полосе GPS-ГЛОНАСС необходимы материалы с  $\epsilon \sim (17-20)$  и температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости  $(\text{ТК}\epsilon) < 19 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . При этом диэлектрические потери не приводят к значительному снижению эффективности антенны при тангенсе угла диэлектрических потерь  $(\text{tg}\delta)$  порядка  $1 \cdot 10^{-4}$ .

Целью данной работы являлось изучение условий получения СВЧ материалов для керамических элементов GPS-ГЛОНАСС антенн.

Определены условия получения, химический состав, кристаллическая и микроструктура (см. рис.) СВЧ - керамических материалов для элементов диапазона GPS и ГЛОНАСС на основе легированной системы  $(\text{Zn,Mg})\text{-Ti-O}$ .



$\epsilon$	КСВ	$f_r$ ГГц	$\Delta f_r$ МГц	Размеры КЭ, мм
20.0	1.597	1.579	65 (1.547- 1.612)	t=4, a=32.1
18.8	1.160	1.590	59 (1.566- 1.625)	t=4.2, a=32.2

Изучены зависимости коэффициента стоячей волны (КСВ), полосы пропускания  $\Delta f_r$  и резонансной частоты  $f_r$  керамических элементов (см. табл.) от свойств керамических материалов. Данная работа выполнена в рамках ГНИП "Функциональные материалы".

## Условия получения и кристаллическая структура СВЧ керамики $BaAl_2Si_2O_8$

Акимов А.И.<sup>1</sup>, Савчук Г.К.<sup>1</sup>, Петроченко Т.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup> ГНПО НПЦ НАН Беларуси по материаловедению. Минск

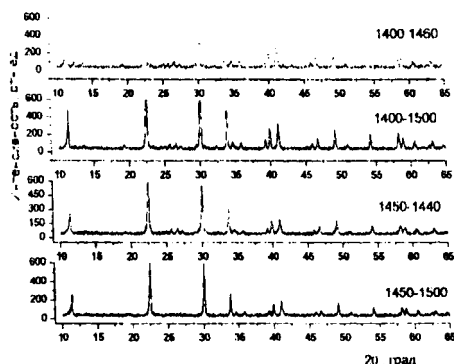
Соединение  $BaAl_2Si_2O_8$  имеет высокую температуру плавления и низкий температурный коэффициент линейного расширения, что предопределяет высокую стойкость к термическим ударам СВЧ керамических материалов, полученных на его основе.

Целью данной работы являлось изучение условий получения СВЧ керамики на основе  $BaAl_2Si_2O_8$  и определение параметров ее кристаллической структуры.

Проведенные исследования показали, что керамика состава  $BaAl_2Si_2O_8$  является однофазной, если  $T_{\text{синтеза}} = 1450$  °С, а  $T_{\text{ожиг}} = 1500$  °С (см. рис.).

Для гексагональных керамик состава  $BaAl_2Si_2O_8$  определена пространственная группа, вычислены параметры элементарной кристаллической ячейки, основные межатомные расстояния, координаты атомов и их среднеквадратичные смещения  $U$  относительно положений равновесия ( $\text{Å}^2$ ) (см. табл.).

С помощью ДТА анализа и температурных измерений относительной диэлектрической проницаемости установлена для образцов гексагональной цельзиановой керамики



$BaAl_2Si_2O_8$	Координаты атомов и $U$	Межатомные расстояния, $\text{Å}$
$Ba^{2+}(0, 0, 0)$	$U$ 0.02265	Al-Si 3.08358
$Al^{3+}(1/3, 2/3, z)$	$z$ 0.3114	Ba-Al 3.90507
	$U$ 0.03681	Ba-Si 3.68252
$Si^{4+}(1/3, 2/3, z)$	$z$ 0.7370	Al-O1 1.67409
	$U$ 0.0343	Al-O2 1.72200
$O^{2-}(1)(1/3, 2/3, z)$	$z$ 0.5263	Si-O1 1.64114
	$U$ 0.1153	Si-O2 1.62134
$O^{2-}(2)(x, y, z)$	$z$ 0.1172	Ba-O2 3.48188
$\gamma=0.005 \quad \nu=0.428$	$U$ 0.0079	Ba-O2 2.82084
Пространственная группа P-3	Параметры ячейки $\alpha=\beta=90^\circ$ , $\gamma=120^\circ$ , $a=b=5.300$ $c=7.788$	

температура структурного перехода  $\alpha$ -гексагональной модификации в  $\beta$ -гексагональную модификацию.

Данная работа выполнена в рамках ГНИП "Молекулярные и кристаллические структуры".



**Разработка электронного учебно-методического обеспечения для изучения свойств ферромагнетиков в курсе физики**

Юркевич Н.П.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является разработка электронного учебно-методического обеспечения для изучения свойств ферромагнетиков студентами инженерно-технических специальностей.

В работе рассматриваются основные закономерности поведения ферромагнетиков во внешнем магнитном поле. Приведены сведения о магнитном моменте атома, намагниченности и характере ее зависимости

от внешнего поля, видах магнетиков, описаны нелинейные свойства ферромагнетиков и их доменная структура. Представлена методика получения петли магнитного гистерезиса для ферромагнетиков на экране осциллографа.

Электронное издание выполнено в виде Web-страниц, содержит оглавление, рисунки, выполненные с помощью растровой графики, и основной текст одного из форматов Word.

Переходы по тексту созданы с помощью гиперссылок. Данная форма издания, содержащего текст, рисунки и формулы, является наиболее приемлемой с точки зрения совместимости с текстами, созданными средствами Word.

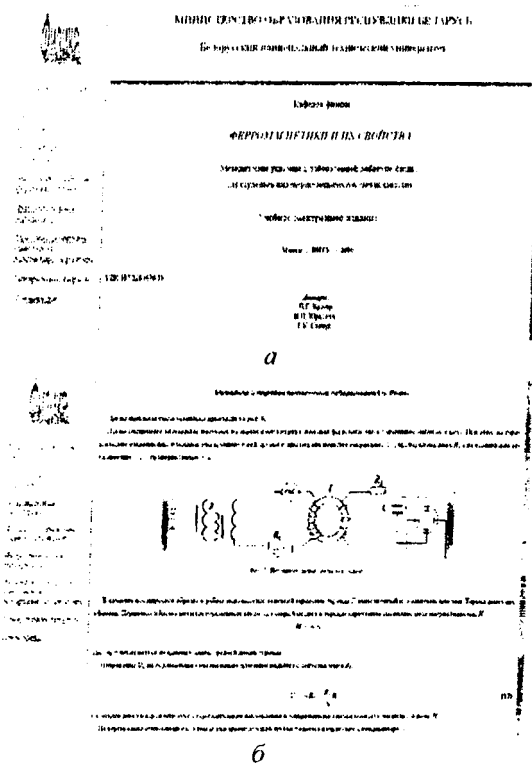


Рис. 1. Экранное представление электронного издания: а – титульная страница; б – переход по гиперссылке

**Магниторезонансная диагностика системы углеродное волокно - никелевое покрытие**

Адашкевич С.В.<sup>3</sup>, Бакаев А.Г.<sup>2</sup>, Гордиенко А.И.<sup>2</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>,  
Стельмах В.Ф.<sup>3</sup>, Чапланов А.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет

Поглощение электромагнитного излучения веществом определяется его электрическими и магнитными свойствами (электропроводность, диэлектрическая проницаемость, магнитная проницаемость среды) и происходит за счет диэлектрических и магнитных потерь.

Углеродные волокна обладают высоким модулем упругости и в настоящее время используются в качестве армирующих материалов.

Совместимость армирующего волокна и связующего может быть достигнута нанесением покрытия на композиционные материалы. Металлическое покрытие волокна необходимо, когда связующее не смачивает поверхность волокна при температурах получения композиционного материала. Для армирования углеродными волокнами связующего на основе эпоксидных смол важно обеспечить прочность адгезионной связи.

Кроме того, нанесение металлического покрытия из никеля позволяет частично предохранить углеродную нить от выгорания в окислительной атмосфере. Такие материалы могут использоваться для экранирования электромагнитного излучения в СВЧ области.

Электролитическим способом с использованием электролита Уоттса получено никелевое покрытие на углеродные волокна типа ЛО, которые производятся в республике Беларусь.

Исследования морфологии и состава образцов проводилось с помощью системы энергодисперсионного (EDS) микроанализа, установленной на сканирующем электронном микроскопе SEM 515.

Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе ЭПР «Минск 22».

Методами магниторезонансной диагностики системы углеродное волокно-никелевое покрытие установлено, что происходит поглощение СВЧ-излучения. Методы на основе магнитного резонанса и нерезонансных потерь, могут использоваться для контроля технологии нанесения никелевого покрытия на углеродные волокна.

Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания поглощающих покрытий электромагнитного излучения.

## Изучение спектров электролюминесценции белых светодиодов

Бобученко Д.С.<sup>1</sup>, Красовский В.В.<sup>1</sup>, Мудрый А.В.<sup>2</sup>, Цвирко В.И.<sup>3</sup><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет<sup>2</sup>ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»<sup>3</sup>РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»

Большую перспективу в плане энергосбережения представляет использование белых светодиодов (СД) для нужд освещения. По этой причине исследование их свойств составляет повышенный интерес.

Наиболее распространенные светодиоды белого свечения состоят из AlGaInN-светодиода, излучающего в полосе длин волн 420 – 500 нм, и возбуждаемого им желтого люминофора – алюмоиттриевого граната активированного церием. Эти СД отличаются повышенной светоотдачей, однако по сравнению с известными RGB-светодиодами характеризуются более низким индексом цветопередачи [1].

В работе изучалось спектральное распределение излучения белых светодиодов производства фирмы Cree при температуре  $T = 77\text{K}$  и было проведено сравнение его со спектрами, снятыми при  $T = 300\text{K}$ . Типичный спектр излучения представлен на рисунке 1. Соотношение интенсивностей

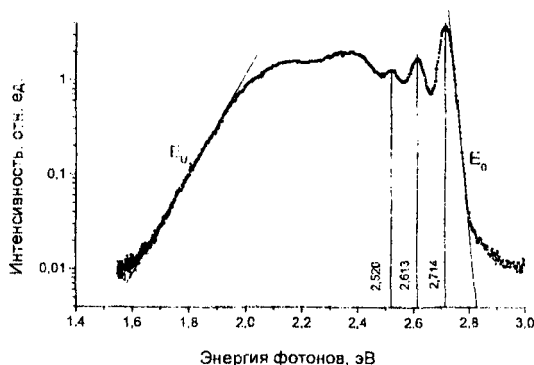


Рисунок 1 - Спектр белого светодиода

определение наклона высокоэнергетического фронта  $E_0$  и урбаховского спада низкоэнергетического фронта излучения люминофора  $E_U$ , которые составляют соответственно  $E_0 = 14,4\text{ мэВ}$  ( $T_{эфф} = 167\text{K}$ ) и  $E_U = 82,6\text{ мэВ}$ .

## Литература

1. Шуберт, Ф.Е. Светодиоды / Фред Е. Шуберт; пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. - 2-е изд. - Москва: Физматлит, 2008. - 495 с.

## Использование вольтамперных характеристик для анализа деградации светонзлучающих диодов

Бумай Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Замена традиционных источников света светоизлучающими диодами (СИД) белого свечения в системах освещения является одной из приоритетных задач энергосбережения. Анализ вольтамперных характеристик (ВАХ) является достаточно простым и эффективным способом выявления деградации СИД и отбраковки потенциально ненадежных СИД. Деградация СИД, обнаруживаемая по виду ВАХ, происходит в основном по следующим причинам: из-за деградации кристалла, последствий внутренних напряжений в корпусе (деформаций), утечек по оптическим покрытиям в случае перегрева СИД или нарушения герметичности. Существуют три взаимосвязанные причины деградации кристалла: повышенная плотность тока, высокая температура и неоднородность инжекции по площади гетероструктуры из-за вариации состава In и неоднородного распределения дефектов по площади InGaN гетероструктур. Как следствие в отдельных областях происходит быстрый рост количества дефектов кристаллической решетки, а также электромиграция атомов из контактов, приводящая к образованию безызлучательных дефектов вблизи их. При деградации кристалла могут возрасти также токи утечек. В результате уменьшается прямое напряжение на СИД, и, следовательно, мощность.

В результате вышеупомянутых причин происходят следующие изменения в ВАХ СИД: увеличиваются обратные и генерационно – рекомбинационные токи при малых прямых смещениях, изменяется фактор неидеальности, увеличивается последовательное сопротивление СИД, появляются токи утечек. Большие последовательные сопротивления СИД могут появляться из-за увеличения сопротивления контактов или слоев СИД. Любые каналы, связанные с разрушением областей кристалла СИД, появлением областей дефектов или дефектами на поверхности приводят к образованию параллельных или последовательных паразитных сопротивлений или диодов. Параллельные паразитные сопротивления обнаруживаются при обратных и малых прямых токах, последовательные при больших, параллельные паразитные диоды – в начале инжекции. В области малых токов перспективными являются также анализ дифференциальных ВАХ (зависимостей  $dU/d\ln I$  от  $I$  или  $U$ ), позволяющих обнаружить резонансные переходы с участием дефектов, а также анализ генерационно – рекомбинационных шумов и неустойчивостей.

**Анализ спектров люминесценции светодиодных линеек  
фирмы Paragon**

Доманевский Д.С.<sup>1</sup>, Манего С.А.<sup>1</sup>, Трофимов Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий  
НАН Беларуси»

Для определения срока службы светодиодов широко используются методики ускоренных испытаний при повышенных значениях температуры окружающей среды и прямого тока.

В основу этих методик могут быть положены различные теоретические модели и механизмы деградации светового потока светогонящего устройства. Однако, все эти исследования деградационных процессов объединяет необходимость точного знания температуры активной области испытываемых светодиодов.

Таким образом, создание достаточно простого и точного метода измерения температуры активной области светодиодов представляет определенный научный и практический интерес.

В данной работе исследовались линейки (L-Series) светодиодов фирмы Paragon Semiconductor Lighting Technology Co., Ltd. (линейки голубых и красных светодиодов). В качестве метода измерения температуры активных областей и кристалла светодиодов использовался люминесцентный метод [1, 2]. Были определены температуры активных областей и кристалла светодиодов в диапазоне токов накачки (1 - 600 мА) при двух условиях крепления линеек светодиодов (с и без внешнего теплоотвода).

Измерения показали, что температура перегрева активных областей и кристаллов голубых светодиодов без теплоотвода при постоянном токе равном 600 мА была равна 57,6°C, с теплоотводом – 20°C, тогда как для линеек с красными светодиодами температура перегрева была: без теплоотвода – 72°C, с теплоотводом – 7°C.

**Литература**

1. Lutsenko, E.V. Growth, Stimulated Emission, Photo- and Electroluminescence of InGaN/GaN EL-Test Heterostructures / E.V. Lutsenko, V.N. Pavlovskii, V.Z. Zubialevich [et al] // Phys. stat. sol. - 2002. - Vol.0, № 1 - P.272-275.
2. Sukach, G.A. Determination of Overheating of Active Region in Semiconductor Emitters with Potential Barriers / G.A. Sukach, A.V. Bushma, Yu.M. Gavrilyk, D.O. Olifirenko //Physics and Chemistry of Solid State. 2004. - Vol.5, №1. - P.16-25.

## Определение температуры активной области светодиода по высокоэнергетическому фронту спектра электролюминесценции

Доманевский Д.С.<sup>1</sup>, Бобученко Д.С.<sup>1</sup>, Красовский В.В.<sup>1</sup>, Цвирко В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий  
НАН Беларуси»

Одним из возможных способов определения температуры перегрева светоизлучающих диодов (СИД) является анализ высокоэнергетического фронта спектра электролюминесценции. Как предлагается в [1], высокоэнергетический фронт спектра электролюминесценции необходимо аппроксимировать формулой  $\ln I(h\nu) = B - h\nu/kT$  и по наклону прямых можно определить температуру электронной подсистемы светоизлучающих слоев. Однако, проведенная таким образом оценка дает существенно завышенные значения температур для всех СИД.

Это связано, во-первых, с тем, что аппроксимация приведенной выше функцией является корректной, если энергия квантов  $h\nu$  намного больше эффективной ширины запрещенной зоны  $E_k$  ( $h\nu \gg E_k$ ), что не выполняется для высокоэнергетического фронта спектра. Поэтому более точным является аппроксимация высокоэнергетического фронта экспериментального спектра функцией заполнения электронных состояний вблизи дна зоны проводимости (функция Ферми-Дирака):  $I(h\nu) \approx A / (\exp((h\nu - E_k)/kT) + 1)$ . Измерены спектры электролюминесценции различных СИД при разных уровнях возбуждения. Проведенные расчеты по ним показали, что температуры, полученные из аппроксимации функцией Ферми-Дирака меньше от нескольких единиц до нескольких десятков градусов, чем оценки температур по линейному участку. Но в отдельных случаях они остаются достаточно высокими по сравнению со значениями, полученными из обработки электрических параметров и с помощью тепловизора.

Во-вторых, интегральный спектр электролюминесценции представляет собой наложение спектров различных участков кристалла СИД с различными длинами доминирующих волн, что связано с флуктуациями состава полупроводниковых соединений вдоль поверхности чипа.

Следует также учесть, что наклон высокоэнергетического фронта спектра электролюминесценции дает температуру электронной подсистемы, а не кристаллической решетки.

### Литература

1. Шуберт, Ф.Е. Светодиоды / Фред Е. Шуберт; пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. - 2-е изд. - Москва: Физматлит, 2008. - 495 с.

## Методика входного контроля транзисторов с затвором Шоттки, изготовленных на $n^+p-i$ – GaAs-структурах

Емельяненко Ю.С., Новоселов А.М.

Белорусский национальный технический университет

При исследовании фотолюминесценции (ФЛ) субмикронных  $n^+p-i$  структур было установлено, что имеются корреляционные зависимости между шумовой температурой ( $T_{ш}$ ) полевых транзисторов Шоттки (ПТШ), изготовленных из данных структур - ФЛ исходной структуры и холловской подвижностью электронов в  $p$ -слое структуры (рис.1). С ростом интенсивности ФЛ от структуры к структуре -  $T_{ш}$  ПТШ монотонно увеличивалась, а с ростом холловской подвижности -  $T_{ш}$  ПТШ монотонно уменьшалась.

Как показано в работе [1], интенсивность ФЛ рассматриваемых структур обратно пропорциональна холловской подвижности электронов в  $p$ -слое структуры. И, следовательно, более совершенные структуры имеют меньшие значения ФЛ. С другой стороны,  $T_{ш}$  ПТШ тем меньше, чем совершеннее исходная структура.

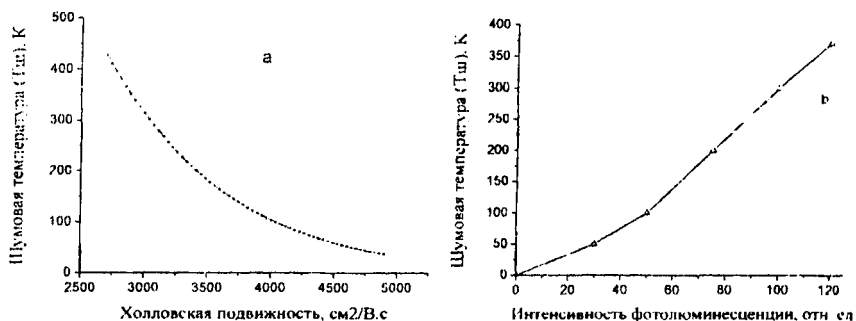


Рисунок 1 - Зависимости холловской подвижности и интенсивности фотолюминесценции от шумовой температуры

Таким образом, измеряя интенсивность ФЛ исходной структуры, мы можем заранее определить шумовую температуру, сформированных на данной структуре ПТШ.

### Литература

1. Емельяненко, Ю.С. Зависимость фотолюминесценции субмикронных эпитаксиальных  $n^+p-i$ -структур  $A^3B^5$  от их электрофизических характеристик / Ю.С. Емельяненко, С.А. Малышев, А.И. Покрышкин // Оптический журнал. – 2003. - Т.70, № 10. - С. 8-13.

Электрические свойства полупроводниковых  
тонких пленок  $Pb_xSn_{1-x}Te$ Иванов В.А.<sup>1</sup>, Малаховская В.Э.<sup>1</sup>, Гременок В.Ф.<sup>2</sup>, Сейди Х.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет<sup>2</sup>ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Полупроводниковые соединения  $A^{IV}B^{VI}$   $PbTe$  и  $SnTe$  являются материалами с хорошими термоэлектрическими свойствами а также интересны как потенциальные материалы для длинноволновых инфракрасных детекторов. Ширина запрещенной зоны этих материалов изменяется от  $E_g = 0,18$  eV для  $SnTe$ ) до  $E_g = 0,32$  eV для  $PbTe$ . Эти соединения кристаллизуются в кубической решетке типа  $NaCl$  и являются во многих отношениях аналогами.

Представляет интерес исследовать свойства тонкопленочных соединений  $Pb_xSn_{1-x}Te$  при изменении их состава.  $PbTe$  кристаллизуется в составе, близком к стехиометрическому, и необходимая концентрация носителей тока получается добавлением соответствующих примесей (например, галогенов для получения  $n$ - $PbTe$  и щелочных металлов для получения  $p$ - $PbTe$ ), в то время как  $SnTe$  всегда кристаллизуется с большой концентрацией вакансий в металлической подрешетке; металл при этом выпадает в виде второй фазы.

Поликристаллические слитки  $PbSnTe$  сплавов были непосредственно синтезированы из стехиометрические смеси их составных элементов в вакуумированной кварцевой ампуле. Тонкие пленки были приготовлены из полученного слитка на стеклянных подложках термическим вакуумным испарением методом “горячей стенки”.

Полученные поликристаллические пленки были монофазными с кубической структурой. Все пленки имели избыток атомов теллура. Избыток теллура в этих соединениях создает акцепторные уровни в запрещенной зоне. Поэтому все исследованные пленки толщиной 0.7-2.5 мкм были  $p$ -типа проводимости. С ростом концентрации атомов свинца величина термоэдс ( $\alpha$ ) растет, а проводимость ( $\sigma$ ) уменьшается. При комнатной температуре значения термоэдс и проводимости пленок составляли  $\alpha = 20 - 400$  мкВ/К и  $\sigma = 3 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^1$  ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup> соответственно. В температурном интервале  $\Delta T = 100 - 190$  К для пленок всех составов наблюдалась независимость проводимости от температуры, что характерно для кристаллов халькогенидов свинца.

Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания ИК-фотоприемников и тонкопленочных ветвей термоэлектрических преобразователей.



**Связь режимов управления и светомодуляционных параметров многоканальных модуляторов света на основе электрооптической керамики**

Малаховская В.Э., Сидоренко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Используемая в многоканальных модуляторах света (ММС) квазисегнетоэлектрическая керамика PLZT 9/65/35 при комнатных температурах находится в параэлектрической фазе и характеризуется отсутствием доменной структуры. Вектор поляризации и, соответственно, анизотропия оптических свойств в ней индуцируются внешним электрическим полем за счет смещения отрицательных и положительных ионов в ее структурных зернах-кристаллитах. При отключении внешнего поля материал возвращается в оптически изотропное состояние.

Но такая керамика может проявлять эффект накопления остаточной поляризации. Этот эффект наблюдается при многократной подаче на световой клапан (СК) импульсов напряжения одной полярности, что вызывает в керамическом материале асимметричные структурные изменения и образование устойчивых доменов, не исчезающих при отключении внешнего поля. Обусловленная этими доменами анизотропия оптических свойств приводит к увеличению остаточного светового потока через поляризационно-оптическую систему СК и соответствующей дстрадации контрастных параметров ММС. Подавить эффект накопления остаточной поляризации и заметно улучшить светомодуляционные, в частности, контрастные параметры ММС на основе квазисегнетоэлектрической керамики позволяет биполярный режим управления, при котором подаваемые на СК электрические сигналы, имеют вид симметричного меандра. Поскольку материал обладает квадратичным электрооптическим эффектом, величина наведенного двулучепреломления определяется квадратом напряженности поля в апертуре СК и не зависит от его полярности. Поэтому при возбуждении СК пугом симметричных биполярных сигналов (меандров), несмотря на импульсный характер управления, величина оптического пропускания СК постоянна в течение всей длительности цуга. Симметричный биполярный сигнал управления не вызывает структурных изменений в керамике. Зерна-кристаллиты сохраняют свою слабо поляризованную структуру со столь незначительной спонтанной поляризацией, что при снятии внешнего поля сегнетоэлектрические домены исчезают. В результате, светомодуляционные характеристики ММС стабилизируются и не зависят от информационной предыстории СК.

## Исследование фазовых превращений в тонкопленочной системе Si-Mg-Si при импульсном фотонном отжиге

Маркевич М. И.<sup>1</sup>, Чапланов А. М.<sup>2</sup>, Щербакова Е. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

Силицид магния ( $Mg_2Si$ ) представляет интерес в качестве в качестве узкозонного полупроводника для создания термоэлектрических преобразователей в температурном диапазоне от 500 до 800 К на базе кремниевой планарной технологии. В настоящей работе с целью разработки новых методов формирования тонких пленок силицида магния были исследованы фазовые превращения, происходящие в системе тонкопленочной системе Si-Mg-Si при импульсном фотонном отжиге. Верхний слой кремния необходим для предотвращения окисления магния. Исходная тонкопленочная композиция была нанесена на ситалловую подложку методом электронно-лучевого осаждения. Состав осажденной композиции рассчитывался по формуле:

$$P_{Mg} = \rho_{Mg} d_{Mg} / A_{Fe} (\rho_{Mg} d_{Mg} / A_{Mg} + \rho_{Si} d_{Si} / A_{Si}),$$

где  $\rho_{Mg}$  и  $\rho_{Si}$  – плотность магния и кремния,  $A_{Mg}$  и  $A_{Si}$  – атомный вес магния и кремния,  $d_{Mg}$  и  $d_{Si}$  – толщина осажденной плёнки магния и кремния,  $P_{Mg}$  – атомное процентное содержание магния.

Рассчитанное таким образом соотношение толщин слоев в многослойной композиции Si-Mg-Si, оптимальное для формирования силицида  $Mg_2Si$ , составляло 20 нм -100 нм-20 нм. Исследования элементного состава проводились с помощью системы энергодисперсионного (EDS) микроанализа для сканирующих микроскопов, установленной на микроскопе SEM 515. Рентгеноструктурные исследования элементного состава исходных систем Si-Mg-Si показали, что содержание Mg составляло 63,19 ат.%, Si – 36,81 ат %. Отжиг производился на установке УОЛ.П-1, нагрев образцов в рабочей камере осуществлялся излучением 3-х газоразрядных ксеноновых ламп ИМП 16/250 в вакууме при  $P_{ост} = 3 \cdot 10^{-3}$  Па при плотностях энергии 200 и 230 Дж/см<sup>2</sup>. Как показали проведенные расчеты, данные плотности энергии соответствуют температурам 588°C и 755°C. Исследование фазовых превращений в системах проводилось методами электронографии на отражение на электронографе ЭМП-102, для расшифровки электронограмм использовали базу данных of the International Centre for Diffraction Data. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности использования ИФО для синтеза тонких пленок силицида магния.

**Расчет и монтаж электрической схемы емкостного накопителя энергии (техническое моделирование в рамках УИРС)**

Развин Ю.В., Сорока В.В.

Белорусский национальный технический университет

Техническое моделирование, выполняемое студентами в рамках учебно-исследовательской работы, представляет собой самостоятельную образовательную задачу. Совершенствование форм и методов технического моделирования в технологии инженерного образования неразрывно связано с усилением познавательной деятельности студентов и развитием их способностей. Во-первых, такая работа позволяет студентам не только получить определенные практические навыки работы по проектированию и созданию опытных образцов, но и способствует усвоению теоретического материала по изучаемой дисциплине. Во-вторых, участие в этих работах студентов младших курсов позволяет ускорить процесс их адаптации к условиям обучения в техническом университете. В качестве примера в докладе приведены результаты по разработке действующего макета твердотельного лазера.

Целью выполняемого макетирования является создание на кафедре демонстрационного пособия по курсу общей физики (раздел «Оптика»). В докладе приведены результаты расчета и монтажа электрической схемы создаваемого макета. Основными узлами электрической схемы данного макета являются высоковольтный выпрямитель, емкостный накопитель энергии, цепь управления зарядом накопителя и цепь формирования разрядного импульса и коммутации накопителя с импульсной лампой оптической накачки активного элемента. Управление зарядом накопителя осуществляется в первичной цепи высоковольтного выпрямителя. Цепь формирования разрядного импульса представляет отдельную функциональную секцию, независимую от основной силовой цепи. В электрическую схему также включены приборы контроля, элементы блокировки схемы и цепь экстренного разряда накопителя. Монтаж электрической схемы выполнялся в модульном варианте. Поэтому рабочую конфигурацию электрической схемы макета можно достаточно просто адаптировать к требуемому режиму накачки используемых активных элементов. Источником излучения накачки в макете является импульсная газоразрядная лампа типа ИФП-250. Напряжение на выходе высоковольтного выпрямителя плавно регулируется в интервале 0–1000 В. Через зарядное сопротивление напряжение подается на рабочую батарею конденсаторов, состоящую из батареи соединенных параллельно конденсаторов К-75.

## Мультистабильность в кольцевом газовом лазере с анизотропным резонатором

Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Явление мультистабильности, заключающееся в одновременном сосуществовании в фазовом пространстве нескольких аттракторов с различной топологией, обнаружено в четырехчастотном кольцевом газовом лазере с эллиптическими состояниями поляризации генерируемых волн [1].

На плоскости экспериментально регулируемых управляющих параметров, в качестве которых выбраны коэффициент линейной связи встречных волн  $r$  и отстройка частоты генерации от центра линии усиления  $x$ , обнаружена область, в которой в зависимости от начальных условий ( $\tau = 0$ ) для интенсивностей  $I_{1,2}^{\pm}$  и разностей фаз встречных волн  $\Psi_{1,2}$  возможно сосуществование различных режимов генерации.

Так, в точке  $x = -39.84 \text{ МГц}$ ,  $r = 0.0005$  при нулевых начальных данных фиксируется симметричный предельный цикл (рис. 1а), при движении с малым шагом по параметру отстройки - асимметричный странный аттрактор (рис. 1б), а при начальных данных  $I_1^-|_{\tau=0} = 2.58, I_1^+|_{\tau=0} = 10.28, I_2^-|_{\tau=0} = 4.098, I_2^+|_{\tau=0} = 2.68, \Psi_1|_{\tau=0} = 0.947, \Psi_2|_{\tau=0} = -1.58$  возможен хаос, возникающий в результате бистабильности асимметричных странных аттракторов: система попадает в область притяжения обоих этих аттракторов, и фазовая траектория попеременно находится то на одном, то на другом из них (рис. 1в).

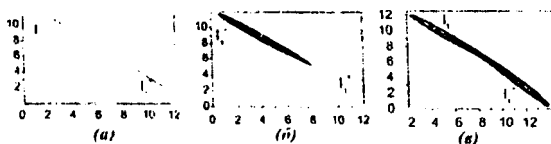


Рисунок 1 - Симметричный предельный цикл (а) и асимметричные хаотические аттракторы (б, в)

Явление мультистабильности служит основой для разработки элементов компьютерной логики, а также для кодирования и защиты информации. В оптическом приборостроении оно может быть использовано для управления характеристиками лазерного излучения.

1. Svirina, L.P. Symmetry Breaking Phenomena in Vector -Field Lasers / L.P. Svirina // Optical Memory & Neural Networks. – 2011. – V.20, №1. – P. 76-83.

## Эффект Шоттки в электровакуумных диодах

Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

Электровакуумные диоды уже длительное время используются в электронике. Однако предлагаемая интерпретация отдельных участков их вольтамперной характеристики (ВАХ) (см., например, [1]) вызывает сомнения.

На начальном участке ВАХ при росте напряжения между катодом и анодом наблюдается заметный рост тока, связанный с рассасыванием основной массы электронного облака, формирующегося вблизи катода. Быстрый рост тока сменяется более плавным, что во многих случаях интерпретируется как проявление эффекта Шоттки [1]. Как показывают экспериментальные данные, зависимость анодного тока  $I_a$  от напряжения между анодом и катодом  $U_a$  описывается на данном участке сублинейной функцией  $U_a$ . Между тем, теоретические оценки, приведенные в работе [1], дают, что уменьшение работы выхода электрона составляет  $\Delta A = \sqrt{e^3 k E}$ , где  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $k = 9 \cdot 10^9$  (Н·м<sup>2</sup>)/(Кл)<sup>2</sup>,  $E$  - напряженность электрического поля вблизи катода. Величина  $E$  определена в этой же работе и составляет  $E = U_a / \{r_k \ln(r_a / r_k)\}$ , где  $r_a$  и  $r_k$  - радиусы анода и катода. С учетом последних двух зависимостей ВАХ диода должна быть не сублинейной, а сверхлинейной функцией  $U_a$ , если проявляется эффект Шоттки. Согласно [1], работа выхода уменьшается всего на 1,5% при  $U_a = 1000$  В, что свидетельствует о том, что эффект Шоттки является очень слабым и проявляется только при высоких значениях  $U_a$ .

Это подтверждается и экспериментальными данными. Протяженный участок сублинейной зависимости  $I_a$  от  $U_a$  для исследованных электровакуумных диодов при напряжениях  $U_a = 400 - 450$  В сменяется узким плато, после которого благодаря высокой чувствительности измерительных приборов наблюдалась сверхлинейная зависимость  $I_a$  от  $U_a$ , что качественно согласуется проявлением эффекта Шоттки. Участок сублинейной зависимости связан с медленным рассасыванием небольшой части пространственного заряда вблизи катода [2].

## Литература

1. Арбузов, В.А. Методы физических измерений: лабораторный практикум по физике / В.А. Арбузов, Л.И. Андреюк. [и др.]; под ред. Р.И. Солоухина. - Новосибирск: Наука, 1975. - С. 124 - 153.
2. Путилов, К.А. Курс физики: в 3 т. /К.А. Путилов.- Москва: Физматгиз, 1963. - Т. 2. - С. 254 - 256.

## Электрофизические свойства светоизлучающих диодов

Черный В.В., Новоселов А.М.

Белорусский национальный технический университет

Исследовались вольтамперные и вольт-фарадные характеристики зеленых светодиодов на основе InGaN/GaN, а также их интегральная интенсивность излучения.

Вольт-фарадные характеристики, измеренные на частоте 1 МГц, в координатах  $C^{-2}(U)$  оказались нелинейными. При этом наблюдавшиеся экспериментальные результаты не удалось удовлетворительно описать в рамках известной теоретической модели, принимающей во внимание только вклад в емкость, связанный с особенностью профиля легирующей примеси. При температуре измерений 300К наблюдалось резкое увеличение емкости в процессе роста прямого смещения от 0,4 В до 0,9 В. С повышением температуры до 350К подобный участок наблюдался в области от 0,3 В до 0,8 В. С ростом температуры от 300 до 350К емкость светодиода при нулевом смещении монотонно возрастала почти по линейному закону.

На вольтамперных характеристиках наблюдался резкий рост тока при прямых напряжениях  $U > 2,5$  В. Интегральная интенсивность излучения резко возрастала при росте напряжения в интервале 1,7 – 2,5 В, затем плавно снижалась.

Полученные результаты качественно хорошо согласуются с данными, полученными в работе [1] для голубых светодиодов на основе того же материала.

Особенности вольт-фарадной характеристики могут быть связаны с наличием на границе локализованных состояний, которыми могут быть дислокации, другие дефекты структуры, атомы примесей. Ранее отмечалось, что происходит сегрегация кислорода и водорода на протяженных дефектах в GaN. Нелинейный характер зависимости  $C^{-2}(U)$  можно объяснить увеличением плотности заряженных состояний в переходной области в результате туннелирования свободных электронов и последующего их захвата на локализованные состояния.

Напряжение 2,5 В соответствует полному заполнению ловушек, после чего концентрация носителей, инжектируемых в квантовую яму, растет.

## Литература

1. Бочкарева, Н.И. Влияние состояний на границах раздела на емкость и эффективность электролюминесценции InGaN/GaN – светодиодов /Н.И. Бочкарева, Е.А. Жирнов, А.А. Ефоров [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2005. - Т 39, вып. 7. - С. 829 – 833.

# **Компьютерная механика**

## Построение обратных операторов бесконечно высокого порядка

Акимов В.А., Хотеев А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Одним из часто встречающихся в теории операторов является оператор сдвига вида  $D_s = sh(ad_x)$ , где  $d_x = \frac{d}{dx}$ .

Его действие на произвольную функцию представляется равенством

$$D_s * f(x) = \frac{f(x+a) - f(x-a)}{2}.$$

Аналогично вводится оператор  $D_c = ch(ad_x)$ , который действует на произвольную функцию по формуле  $D_c * f(x) = \frac{f(x+a) + f(x-a)}{2}$ .

Попутно отметим здесь известное свойство

$$D = D_s + D_c = sh(ad_x) + ch(ad_x) = e^{ad_x}, \quad D * f(x) = f(x+a).$$

Построим для них обратные операторы с присущими им свойствами вида

$$D_s^{-1} * f(x) = -2 \sum_{n=1}^{\infty} f(x+2(n-1)a)$$

$$D_c^{-1} * f(x) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} f(x+2(n-1)a)$$

$$D^{-1} * f(x) = e^{-ad_x} * f(x) = f(x-a)$$

Можно непосредственно убедиться в справедливости следующих соотношений  $DD^{-1} = 1$ ,  $D_s D_s^{-1} = 1$ ,  $D_c D_c^{-1} = 1$ .

Если в качестве примера взять  $a = \pi$  и  $f(x) = \sin kx$ , то можно получить равенства вида

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sin kx}{nshn\pi d_x} = (-1)^{k-1} \sin kx, \quad \frac{\sin kx}{chn\pi d_x} = \alpha \sin kx.$$

$$\text{где } \alpha = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} = \begin{cases} 0, & \text{если } n - \text{четные} \\ 1, & \text{если } n - \text{нечетные} \end{cases}$$

Обратные операторы обладают рядом специфических свойств, которые как и прямые операторы, применяемые, в частности, при разложении функций в ортогональные и неортогональные ряды, можно использовать при решении новых прикладных задач.



## Операторный метод понижения размерности задач теории упругости

Акимов В.А., Хотеев А.Л.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе предпринята новая попытка представить ряды перемещений в виде гармонических операторных функций с неопределенными операторными коэффициентами.

Выпишем однородное уравнение динамической задачи теории упругости для бесконечного упругого слоя, у которого координаты  $x$  и  $y$  идут вдоль слоя, а координата  $z$  ему перпендикулярна  $\square_{\frac{3}{2}}^2 + k\partial_z \partial_t U_j = 0$ . Здесь

$$\square_{\frac{3}{2}}^2 = \partial_1^2 + \partial_2^2 + \partial_3^2 - C_2^{-2} \partial_t^2, \quad \partial_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \quad \partial_2 = \frac{\partial}{\partial y}, \quad \partial_3 = \frac{\partial}{\partial z}, \quad \partial_t = \frac{\partial}{\partial t}, \quad k = 1 + \lambda/\mu, \quad \lambda, \mu -$$

коэффициенты Ламе;  $C_2$  - скорость распространения в упругом теле по поперечной волны. Причем  $i=1,2,3$ , а по  $j$  идет суммирование от 1 до 3. Теперь непосредственно запишем

$$u_1 = [A_1 \cos(z\Delta_1) + B_1 \cos(z\Delta_2)] * f_1(x, y, t),$$

$$u_2 = [A_2 \cos(z\Delta_1) + B_2 \cos(z\Delta_2)] * f_1(x, y, t),$$

$$u_3 = [A_3 \sin(z\Delta_1) + B_3 \sin(z\Delta_2)] * f_1(x, y, t),$$

$$\text{где } \Delta_1 = \sqrt{\partial_1^2 + \partial_2^2 - C_1^{-2} \partial_t^2}, \quad \Delta_2 = \sqrt{\partial_1^2 + \partial_2^2 - C_2^{-2} \partial_t^2}.$$

$C_1$  - скорость распространения поперечных волн.

Попутно отметим, что несложно записать перемещения для двух других слоев: для этого достаточно произвести циклическую замену переменных  $x, y, z$ .

Подставляя решение (2) в уравнение движения (1), получим систему соотношений для неопределенных операторных неизвестных  $A_i, B_i, i=1,2,3$ . Кроме этого надо задействовать еще два условия на границах слоя  $z=+h$  и  $z=-h$ , например, положить равными нулю касательные напряжения. В результате пять операторных коэффициентов будут выражаться через один, на который потом можно сократить т.к. ввиду однородности уравнения (1) ряды перемещений определяются с точностью до операторного множителя. Итак, предложенный новый способ позволяет существенно упростить получение общих операторных решений динамических задач теории упругости.

**О двух видах граничных условий в задаче об изгибе кости  
с ненулевой начальной кривизной**

Куриленко А.В.

Белорусский национальный технический университет

В работе [1] были получены уравнения равновесия под действием силы гжести круглой кости имеющей первоначальную кривизну постоянного радиуса, т.е. форму дуги окружности:

$$\begin{cases} u'' - v' + \frac{k^2}{4}(v'' + u'') = 0, \\ -\frac{k^2}{4}(v'' + u'') + (u' - v) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $k = \frac{r}{R}$ ,  $R$  – радиус кривизны кости,  $r$  – радиус сечения кости;  
 $u = u(\varphi)$  – перемещение произвольного сечения кости вдоль оси  $ox$ ,  
 $v = v(\varphi)$  – перемещение произвольного сечения кости в направлении оси  $oy$ , штрихом обозначены производные по  $\varphi$ .

Далее было построено решение, зависящее от шести произвольных постоянных. Граничные условия задачи были следующими:

$$\begin{aligned} u|_{\varphi=-\gamma} = v|_{\varphi=-\gamma} = 0; \quad (v'' + u'')|_{\varphi=\pm\gamma} = 0; \\ (u' - v)|_{\varphi=\gamma} = \frac{GR \cos \gamma}{EA}; \quad (u \sin \varphi - v \cos \varphi)|_{\varphi=\gamma} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Как показал дальнейший анализ, граничные условия (2) обеспечивают точное выполнение силовых характеристик, но при этом кинематические характеристики являются неприемлемыми. Предлагается в граничных условиях третье соотношение оставить только при  $\varphi = -\gamma$  и добавить новое

$$u''' + v''' = \frac{GR \sin \gamma}{EA} \text{ при } \varphi = \gamma.$$

Литература.

1. Куриленко, А.В. Изучение напряженно-деформированного состояния кости с учетом ее первоначальной кривизны. Теоретическая и прикладная механика. Минск. БНТУ, 2012. стр. 306-308.

## Объёмная лазерная резка металла

Александров Е.С., Веремей П.В.

Белорусский национальный технический университет

Данная работа посвящена обзору перспективной технологии объёмной лазерной резки (ОЛР), которая сможет обеспечить высокую точность изготовления деталей с высоким качеством поверхностей резания при оптимальных технико-экономических показателях. Применение ОЛР позволило изготавливать детали сложной конфигурации поверхностей, а также детали, имеющие сложный профиль внутренних полостей и каналы, которые невозможно было получить традиционными методами механической обработки без разделения детали на несколько конструктивных элементов.

Например, с помощью технологии ОЛР возможно изготовить спиральные каналы охлаждения блока цилиндров с высоким качеством поверхности, что позволит улучшить охлаждение за счёт оптимального размещения канала в стенке блока, а также уменьшить турбулентные потоки жидкости, снизить гидравлические сопротивления в системе, и, как результат, давление в гидравлической системе охлаждения.

К преимуществам технологии также можно отнести:

- Отсутствие сил резания и связанных с ними деформаций детали.
- Экономия материальных ресурсов за счёт отсутствия потребности в режущем инструменте, приспособлений для его наладки, уменьшения складских площадей под инструмент, парка различных станков.
- Экономия времени на транспортировку деталей между операциями обработки, так как все работы выполняются на одном станке.
- Отпадает необходимость образования заделов, улучшается планирование и управление производством.
- Экономия производственных площадей, так как не требуется площади для складирования и межоперационного пролеживания заготовок.

Возможность реализации данной технологии обуславливается созданием новых материалов, способных пропускать лазерное излучение на необходимую глубину. Одним из таких материалов может служить так называемый «прозрачный алюминий» (получен в лаборатории физики Фраунгофера, Германия), представляющий собой оксид алюминия. Развитие и внедрение технологии ОЛР позволит кардинально изменить подход к проектированию технологического процесса.

Беляева Г.И.

Белорусский национальный технический университет

В процессе разработки технологии обучения необходимо выделить несколько основных этапов: подробный анализ предстоящей профессиональной деятельности; определение содержания образования в целом на весь период обучения и на каждый курс отдельно; проверка степени нагрузки студентов и расчет необходимого времени на обучение; выбор организационных форм обучения; подготовка материалов для осуществления мотивационного компонента дидактического процесса по отдельным дисциплинам, темам и конкретным занятиям; разработка системы учебных упражнений, заданий и т.п. и включение их в содержательный контекст учебных пособий; разработка тестов и других контрольных материалов для объективного контроля качества усвоения студентами знаний и способов действий; разработка структуры и содержания учебных занятий, нацеленных на эффективное решение образовательных задач, планирование самостоятельной работы студентов; апробация проекта на практике и проверка завершенности учебного процесса в целом.

На первом этапе требуется глубокое изучение существующих нормативных документов, на их основе – определение целей и задач обучения.

К задачам изучения технических дисциплин можно отнести следующие: освоение студентами системы технических знаний; развитие технического мышления, становление методологической культуры; формирование репродуктивных и творческих способов познавательной деятельности; формирование аналитико-диагностических, прогностических, проективных конструктивно-организационных, контрольно-оценочных, коммуникативных умений; развитие важнейших профессионально-личностных качеств.

В результате выполнения второго этапа на базе существующих нормативных документов должен быть разработан подробный план изучения содержания каждой дисциплины.

Нагрузка студентов определяется рабочим учебным планом с разбивкой по отдельным видам занятий. Формами организации обучения будут являться аудиторные и внеаудиторные занятия.

Одновременно с этим должна быть предусмотрена подготовка профессорско-преподавательских кадров на основе применения новых методов обучения.

## Операторный метод сведения трёхмерных задач трансверсально-изотропных тел к двумерным

Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Операторный метод сведения трехмерных задач трансверсально-изотропных тел к двумерным основан на символическом представлении детерминанта исходной задачи. В нашем случае он имеет вид:

$\det = (A_{66}\Delta_1^2 + A_{44}\partial_3^2) \det_1$ , где

$$\det_1 = A_{11}A_{44}(\Delta_1^2)^2 + [A_{11}A_{33} - A_{13}(A_{13} + 2A_{44})]\Delta_1^2\partial_3^2 + A_{33}A_{44}(\partial_3^2)^2$$

$$\Delta_1^2 = \partial_1^2 + \partial_2^2, \quad \partial_1 = \partial/\partial x, \quad \partial_2 = \partial/\partial y, \quad \partial_3 = \partial/\partial z$$

В частности, если  $\lambda_1 = (b + \sqrt{b^2 - 4c})/2$ ,  $\lambda_2 = (b - \sqrt{b^2 - 4c})/2$  являются корнями уравнения  $x^2 - bx + c = 0$ , где

$$b = (A_{11}A_{13} - A_{13}(A_{13} + 2A_{44}))/\sqrt{A_{11}A_{44}}, \quad c = A_{33}A_{44},$$

то определитель  $\det_1$  представляется в виде:  $\det_1 = (\sqrt{A_{11}A_{44}}\Delta_1^2 + \lambda_1\partial_3^2)(\sqrt{A_{11}A_{44}}\Delta_1^2 + \lambda_2\partial_3^2)$ .

Тогда ряды перемещений исходной задачи можно записать как сумму операторных гармонических функций с девятью неопределенными операторными коэффициентами

$$u = A_1 \cos(z\sqrt{\frac{A_{66}}{A_{44}}}\Delta_1) + B_1 \cos(z\sqrt{4\frac{A_{11}A_{44}}{\lambda_1^2}}) + C_1 \cos(z\sqrt{4\frac{A_{11}A_{44}}{\lambda_2^2}}),$$

$$v = A_2 \cos(z\sqrt{\frac{A_{66}}{A_{44}}}\Delta_1) + B_2 \cos(z\sqrt{4\frac{A_{11}A_{44}}{\lambda_1^2}}) + C_2 \cos(z\sqrt{4\frac{A_{11}A_{44}}{\lambda_2^2}}),$$

$$w = A_3 \sin(z\sqrt{\frac{A_{66}}{A_{44}}}\Delta_1) + B_3 \sin(z\sqrt{4\frac{A_{11}A_{44}}{\lambda_1^2}}) + C_3 \sin(z\sqrt{4\frac{A_{11}A_{44}}{\lambda_2^2}}).$$

Подставляя эти соотношения в исходные уравнения и соответствующие краевые условия, получим систему линейных операторных уравнений для нахождения  $A_i, B_i, C_i$   $i=1,2,3$ . Предложенный алгоритм решения основан на понижении размерности задачи на единицу, что позволяет существенно упростить все проводимые выкладки.

## Совершенствование непрерывной конструкторской подготовки инженеров

Глубокий В.И.

Белорусский национальный технический университет

Курсовое и дипломное проектирование оказывает важное влияние на развитие творческого мышления и инженерных умений специалистов технических специальностей. Курсовое проектирование по технологическому оборудованию машиностроительного производства выполняется перед дипломным проектированием. К этому времени прочитаны лекции по общетехническим и основным специальным дисциплинам и уже имеется некоторый опыт конструирования и разработки технологических процессов (курсовое проектирование по теории механизмов и машин, деталям машин, гидроприводу, режущему инструменту и т.д.). По существу курсовые проекты и дипломное проектирование определяют в значительной степени уровень подготовки специалиста. Связано это с тем, что при их выполнении необходимо проявить аналитические способности, самостоятельность в выборе того или иного конструкторского решения и его обоснование, способность находить и использовать современную научно-техническую информацию о проектируемом объекте, владеть методиками расчета основных узлов проектируемого объекта. Все это при самостоятельном анализе, выборе и обосновании принятых конструктивных решений способствуют существенному повышению уровня подготовки и приобретению требуемых инженерных навыков.

Важной проблемой при проектировании является преемственность при выполнении курсовых и дипломного проектов с целью обеспечения непрерывной конструкторской подготовки и средством для решения этой проблемы является установление междисциплинарных связей. Кроме того можно выделить следующие направления дальнейшего совершенствования курсового и дипломного проектирования:

- а) расширение тематики дипломных и курсовых проектов по разработке силовых узлов и средств автоматизации высокопроизводительных станков с ЧПУ, в том числе с микропроцессорными устройствами управления;
- б) применение современных методик расчета узлов, в том числе с использованием компьютерной техники для оптимизации параметров и конструкций проектируемых узлов, а также компоновки станка в целом;
- в) введение в курсовые и дипломные проекты обзорно-аналитических, патентно-информационных и научно-исследовательских разделов;
- г) более детальная разработка вспомогательных устройств, обеспечивающих требуемую работоспособность и долговечность узлов.

## Исследование путей формирования навыков инновационного проектирования

Глубокий В.И.

Белорусский национальный технический университет

Для методического обеспечения формирования навыков инновационного проектирования технологического оборудования необходимо установление структуры организации процесса формирования конструкторских и технологических знаний и умений и взаимосвязи между их компонентами в процессе обучения. Это связано с тем, что при создании конструкции нового технического объекта необходимо получить не только рациональную конструкцию, но и иметь оптимальную технологичность изделия. Поэтому необходимо определить содержание знаний и умений по конструированию и технологии изготовления изделий, установить структуру конструкторской и технологической подготовки и выделить основные этапы наиболее рационального построения процесса обучения проектированию.

1. Конструктивные особенности и технологичность изготовления деталей: а) функциональное назначение и конструкции типовых деталей; б) формообразование деталей; в) техническая и конструктивная характеристика деталей; г) расстановка размеров деталей от конструкторских и технологических баз; д) обоснование принятых конструктивных решений.

2. Конструктивные особенности и характеристики сборочных единиц: а) функциональное назначение и конструктивные характеристики типовых узлов; б) устройства типовых сборочных единиц; в) стандартные и нормализованные узлы; г) условия эксплуатации и требования к работе проектируемого объекта; д) анализ аналогичных конструкторских решений по чертежам и реальным объектам; ж) технологичность конструкции объекта.

3. Проектирование типовых сборочных единиц технологического оборудования: а) стадии разработки конструкторской документации; б) принципы, способы и методы конструирования; в) выполнение проектных расчетов; г) разработка и составление эскизной компоновки объекта; д) проверка и обоснование принятого конструктивного решения; ж) требования техники безопасности при эксплуатации конструируемого объекта; з) умение выполнять сборочные чертежи; е) выполнение проверочных расчетов.

4. Разработка технологии изготовления объекта и его сборки: а) знания технологических возможностей и принципа работы типового станочного оборудования; б) типовые приспособления и технологические возможности их применения; в) выбор и обоснование применения режущих инстру-

ментов; г) типовые мерительные инструменты и область их применения; д) разработка технологии изготовления и сборка объекта.

УДК 621.9

### Ионно-плазменная металлизация деталей типа фильер

Беляев Г.Я., Зимницкий С.М.

Белорусский национальный технический университет

Фильеры для волочения проволоки, изготовленные из сверхтвердого материала, являются прецизионным инструментом, обеспечивающим качество и производительность процесса волочения. В обобщенном виде требования к фильерам можно сформулировать следующим образом: высокая прочность на сжатие и жесткость; высокая твердость и износостойкость; высокое качество рабочей поверхности, контактирующей с катанкой или проволокой, подвергаемыми волочению.

Поэтому в качестве материала для изготовления фильер выбирают карбид вольфрама, натуральный алмаз, синтетический монокристаллический алмаз, часто называемый «Monodie», синтетический поликристаллический алмаз типа COMPAH. Обработка такого рода материалов сопряжена с большими трудностями, ведь даже карбид вольфрама, самый мягкий из названных материалов, имеет твердость в 3 раза превышающую твердость сталл.

Имеются некоторые различия в способах окончательной обработки фильер. В Европе применяется волочильный инструмент с тщательной полировкой всех поверхностей, включая входной и выходной конусы. В США полируется только волочильный конус и несущая часть фильеры.

В качестве одного из методов улучшения механических свойств указанных деталей и увеличения срока их службы было предложено модифицирование их поверхности ионно-плазменной обработкой путем осаждения тонких пленок. В настоящее время для нанесения тонкопленочных покрытий широко применяются Ti, Zr, Cr, Mn, Al, Mo, W, их оксиды, нитриды и карбиды, сплавы и композиции. Исходя из эксплуатационных требований к фильерам было предложено нанесение тонких пленок нитрида и карбонитрида титана.

Были определены режимы нанесения пленок (давление реакционного газа в вакуумной камере  $p_{N_2}=10_{-3}-3 \cdot 10_{-2}$  Па, ток дуги  $I_d=65$  А, потенциал смещения  $U_{cm}=250$  В, время осаждения 10-100 с.). Для измерения толщины и структуры в камеру помещались образцы-свидетели. Микротвердость по Виккерсу определялась на приборе ПМТ-3 при различных нагрузках (50 и 100 г.).



## **Формирование у студентов умений и навыков самостоятельной работы**

Богинская Т.Ф., Глубокая Э.Э.

Белорусский национальный технический университет

Поступив в ВУЗ, студенты включаются в своеобразные по целям, результатам, содержанию, условиям виды деятельности, важнейшим из которых является учебно-познавательная деятельность, связанная с подготовкой студентов к освоению будущей профессии, формированием системы знаний, умений и навыков работы. Студенты испытывают большие трудности при адаптации к учебному процессу в вузе, в организации своей самостоятельной работы. Эти трудности во многом обусловлены недостаточным развитием навыков и умений самостоятельной работы.

В педагогике нет общепризнанной классификации умений и навыков. Это связано с отсутствием единого подхода к классификации видов деятельности, выделения функций специалиста.

Так, различают следующие умения и навыки, формируемые в процессе обучения: учебные и трудовые, общеучебные и специальные, решение определенного типа задач.

Под умениями понимается осознанное владение методами и приемами самостоятельной работы, основанное на использовании знаний; под навыками - автоматизированное владение методами и приемами самостоятельной работы.

В качестве основного признака классификации умений и навыков мы считаем вид самостоятельной работы студентов. Для цикла физико-математических дисциплин - это умение работать с учебной литературой, решение задач и т.д.

На наш взгляд, при выборе показателей сформированности умений и навыков самостоятельной работы следует судить по объективным данным, характеризующим эффективность самостоятельной работы, проявляющимся при выполнении конкретного вида самостоятельной работы (например, решении серии учебных задач). Поэтому нами были выбраны следующие показатели: а) качество выполнения учебной работы определенной уровня сложности; б) время выполнения данной работы; в) степень самостоятельности.

Важнейшими из этих показателей являются качество и время выполнения задания. Для качественной оценки степени самостоятельности были использованы следующие критерии: а) самостоятельность на всем протяжении решения задач; б) количество обращений к преподавателю за время работы.

**Методика проведения лекций и практических занятий  
по теоретической механике в техническом вузе**

Богинская Т.Ф., Глубокая Э.Э.

Белорусский национальный технический университет

Теоретическая механика, наряду с другими общеинженерными дисциплинами, составляет основу подготовки инженерных кадров. Дальнейшее совершенствование подготовки будущих инженеров немыслимо без улучшения преподавания этой дисциплины.

Овладение методами теоретической механики связано как с изучением студентами основ теории, так и с приобретением навыков применять ее к решению типовых задач и для выполнения конкретных инженерных расчетов. Как показывает практика преподавания, овладение навыками применения теоретических знаний при решении задач представляет для студентов значительно большие трудности, чем изучение теории. Поэтому необходимо повышать эффективность чтения лекций и особенно проведения практических занятий.

Методика чтения лекций включает следующие аспекты:

- постановка проблемы или задачи;
- изложение теоретического материала и рекомендации по его использованию на практике при решении конкретных задач;
- анализ полученных результатов и выводы;
- установление связей между вновь полученными результатами и ранее установленными выводами.

Основное содержание практических занятий – решение задач. Главная цель этих занятий – выработка навыков применения знаний по теоретической механике к конкретным расчетам при решении практических задач. Нами выработана следующая методика проведения практических занятий:

- информация о программе и цели занятия;
- сообщение плана занятия и основных теоретических положений;
- информация о возможности практического применения теоретического материала по данной тематике для решения конкретных задач;
- обсуждение содержания задачи и составление плана ее решения;
- выполнение решения общей для всех задачи по составленному плану;
- решение самостоятельно индивидуальных задач каждым студентом;
- математический анализ выполненного решения;
- обсуждение полученных результатов.

Все это происходит под руководством преподавателя. Далее студенты решают задачи самостоятельно, но также обсуждается содержание задачи, составляется план решения, обсуждаются полученные результаты и т.д.

## Применение законов механики для обоснования движения вертолета

Горбач Н.И., Розыев Б.Дж.

Белорусский национальный технический университет

Вертолет может без разбега совершать вертикальный подъем, зависать на одном месте, перемещаться в любом направлении.

Вертикальный взлёт обеспечивается подъемной силой, возникающей при вращении несущего винта вследствие обтекания воздухом лопастей винта. Кроме этого при вращении винта он сообщает некоторой массе воздуха движение вдоль оси винта, отбрасывая эту массу вниз. Если рассматривать отбрасываемую массу и вертолет как одну механическую систему, то силы взаимодействия винта и воздуха как внутренние не могут изменить суммарное количество движения этой системы; внешние силы (вес и подъемная сила) уравновешены.

Поэтому в соответствии с законом сохранения количества движения системы при отбрасывании массы воздуха вниз вертолёт получает собственную скорость движения вверх, такую чтобы общее количество движения системы было равным нулю, так как оно до начала движения было равно нулю.

В свою очередь установленный на вертолете несущий винт не только отбрасывает воздух вниз, но и сообщает отбрасываемой массе вращение. Суммарный момент количества движения (кинетический момент) отбрасываемой массы воздуха и вертолета должен остаться равным нулю, так как система в начале была неподвижна, а при взлете внешние силы – сила тяжести и подъемная сила не создают момент относительно вертикальной оси, то в этом случае имеет место закон сохранения кинетического момента

$$\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(F_k^e) = 0 \Rightarrow L_z = const, \quad (1)$$

Так как кинетический момент несущего винта и вращающейся массы воздуха не равен нулю, то вертолет может вращаться в сторону, противоположную направлению вращения винта с некоторой угловой скоростью такой чтобы, суммарный кинетический момент системы был равен нулю.

Действующий при этом на фюзеляж вертолета вращающийся момент называют **реактивным моментом**.

Чтобы предотвратить реактивное вращение корпуса вертолета применяются различные способы компенсации этого момента.

## Способы компенсации реактивного момента, действующего на вертолет

Горбач Н.И., Розыев Б.Дж.

Белорусский национальный технический университет

Обычно используется дополнительный вертикальный рулевой винт (схема с рулевым винтом) (рис 1 в).

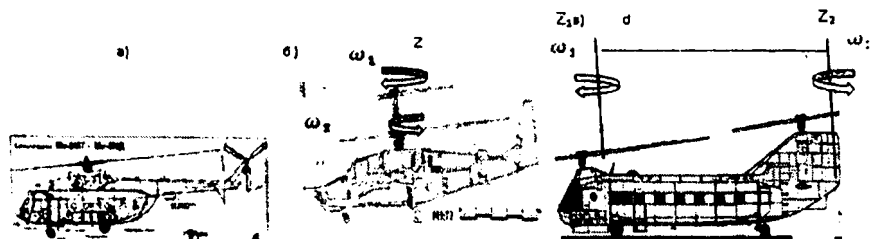


Рисунок 1

Так как система в начале была неподвижна, то суммарный кинетический момент системы относительно оси  $z$  в соответствии с законом сохранения кинетического момента  $L_z = 0 = \text{const}$ . Чтобы корпус не вращался, хвостовой винт должен вращаться в противоположную сторону вращению несущего винта.

Угловая скорость  $\omega_2$  вращения хвостового винта определится из условия

$$L_z = I_{z_1} \omega_2 - I_{z_1} \omega_1 = 0 \Rightarrow \omega_2 = \frac{I_{z_1} \omega_1}{I_{z_2}}, \quad (1)$$

где  $I_{z_1}$ ,  $I_{z_2}$  – моменты инерции несущего и хвостового винтов относительно осей вращения;  $\omega_1$  – угловая скорость несущего винта.

Другим вариантом компенсации реактивного момента является два несущих винта, вращающихся в противоположных направлениях на одной оси (соосная схема) (рис 1 б).

В некоторых конструкциях вертолетов (рис 1 а) хвостовой винт устанавливается на горизонтальной оси, таким образом, чтобы при вращении этого винта действующая со стороны воздуха на винт сила, создавала момент относительно оси вращения несущего винта, который компенсировал бы действие реактивного момента.

### Некоторые уточнения решения задачи о движении артиллерийского снаряда в сопротивляющейся среде

Амельянчик А.И., Горбач Н.И., Гурвич Ю.А., Крайник Д.А.  
Белорусский национальный технический университет

В работе [1] рассматривалось движение снаряда весом  $P$ , которому сообщена начальная скорость  $V_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту, с учетом силы сопротивления воздуха  $\vec{R} = -kP\vec{V}$ .

Движение снаряда в декартовых осях  $xOy$  определялось уравнениями:

$$x = \frac{V_0 \cos(\alpha)}{kg} (1 - e^{-kgt}). \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{kg} \left( \frac{1}{k} + V_0 \sin(\alpha) \right) (1 - e^{-kgt}) - \frac{t}{k}. \quad (2)$$

Исключив из этих уравнений время  $t$ , получим уравнение траектории в координатной форме

$$y = xtg(\alpha) + \frac{x}{kV_0 \cos(\alpha)} + \frac{1}{k^2g} \ln \left( 1 - \frac{kgx}{V_0 \cos(\alpha)} \right). \quad (3)$$

Для сравнения полученного уравнения траектории с уравнением траектории полета снаряда в безвоздушном пространстве разложим выражение  $\ln \left( 1 - \frac{kgx}{V_0 \cos(\alpha)} \right)$  в ряд Тейлора, затем первые пять слагаемых ряда Тейлора подставим в уравнение (3). В итоге получим приближенное уравнение траектории снаряда:

$$y = xtg(\alpha) - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2(\alpha)} - \frac{kgt^2x^3}{3V_0^3 \cos^3(\alpha)} - \frac{k^2g^2x^4}{4V_0^4 \cos^4(\alpha)}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) видим, что первые два слагаемых полностью совпадают с известным уравнением траектории полета снаряда в безвоздушном пространстве. В работе [1] учитывались только четыре первых слагаемых ряда Тейлора, что позволило получить формулу для определения дальности  $L$  полета снаряда. Однако определенная по этой формуле дальность полета оказалась весьма завышена и не может быть равной или превышать значение  $x = \frac{V_0 \cos(\alpha)}{kg}$ .

1. К вопросу о движении артиллерийского снаряда/Амельянчик А.И., Горбач Н.И. // Международный научно-технический журнал / БНТУ. – Мн.: 2009. – выпуск 24: Теоретическая и прикладная механика. – с. 247-260.

### О дальности полета артиллерийного снаряда в сопротивляющейся среде

Амельянчик А.И., Горбач П.И., Гурвич Ю.А., Крайник Д.А.  
Белорусский национальный технический университет

Движение артиллерийного снаряда в осях  $xOy$  в сопротивляющейся среде описывается уравнениями

$$x = \frac{V_0 \cos(\alpha)}{kg} (1 - e^{-kgt}), \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{kg} \left( \frac{1}{k} + V_0 \sin(\alpha) \right) (1 - e^{-kgt}) - \frac{t}{k}. \quad (2)$$

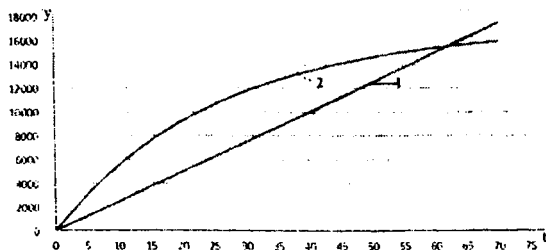
Максимальная дальность полета снаряда имеет место при некотором угле  $\alpha = \alpha_{\text{опт}}$ . Для определения этого угла установлена аналитическая зависимость дальности полета  $S$  до достижения максимальной высоты подъема снаряда

$$S_{\text{max}} = \frac{V_0^2 \sin(2\alpha)}{2g(kV_0 \sin(\alpha) + 1)}. \quad (3)$$

При расчете на ЭВМ с использованием этой формулы при  $V_0 = 800$  м/с;  $k = 0,004$  с/м определено более точно значение  $\alpha_{\text{опт}} = 31,5^\circ$ , вместо  $34,2^\circ$ , полученного ранее. Решим уравнение (2) графически, для чего представим его в виде двух уравнений.

$$y_1 = \frac{t}{k} \quad \text{и} \quad y_2 = \frac{1}{kg} \left( \frac{1}{k} + V_0 \sin(\alpha) \right) (1 - e^{-kgt}). \quad (4)$$

При указанных выше значениях  $V_0$ ,  $k$  и  $\alpha_{\text{опт}}$  вычислим  $y_1$  и  $y_2$  по формулам (3) и построим графики  $y_1(t)$  – линия 1, а  $y_2(t)$  – линия 2.



Точка пересечения этих линий определяет время, при котором  $y_1 = y_2$ , а  $y = y_2 - y_1 = 0$ , т.е. время полета снаряда, которое оказалось равным  $t = 62,2$  с =  $t_{\text{пол}}$ .

Для определения дальности полета подставим в уравнение (1) данные  $\alpha_{\text{опт}} = 31,5^\circ$  и  $t_{\text{пол}} = 62,2$  с, получим  $L = x/t = t_{\text{пол}} = 15881,8$  м.

**О возможности использования различных методов  
решения некоторых задач механики**

Горбутович Ю.Г., Соколовский Г.С.

Белорусский национальный технический университет

В изучении теоретической механики большую роль играют практические занятия, на которых студенты закрепляют теоретические знания путем решения различных задач механики.

Обычно для той или иной же задачи используется определенная теорема или метод решения. Но так как механика опирается на незыблемые законы, которые представляют собой основу всех теорем и принципов, то представляется возможным научить студентов различным способам решения одной и той же задачи.

В динамике к таким задачам можно отнести задачи по определению ускорения твердого тела, входящего в механическую систему, при действии на эту систему разнообразных сил. Задачи такого типа можно решать с помощью: 1) теоремы об изменении кинетической энергии механической системы; 2) принципа Даламбера; 3) общего уравнения динамики; 4) уравнения Лагранжа II рода.

Задачи динамики точки можно решать с помощью дифференциальных уравнений движения, а можно использовать для их решения теоремы об изменении количества движения и об изменении кинетической энергии точки.

Задачи статики по определению усилий в стержнях плоской фермы можно решать: 1) с помощью уравнений равновесия для системы сходящихся сил; 2) методом Риттера, основанном на использовании уравнений равновесия плоской произвольной системы сил. Кроме того, можно рекомендовать два метода решения и для задач по определению реакций связей составных конструкций: 1) с использованием уравнений равновесия произвольной системы сил; 2) с использованием принципа возможных перемещений.

В кинематике два способа решения задач можно применить для определения угловых скоростей при сложении вращений твердого тела вокруг параллельных осей: 1) метод плоского движения; 2) метод Виллиса.

Применение различных методов решения задач позволяет студентам более глубоко освоить материал по теоретической механике, научить их мыслить творчески, разностороннее. Умение подойти к решению тех или иных задач с различных сторон, позволит им в дальнейшей работе по избранной специальности искать неординарные решения практических задач, которые может поставить перед ними профессиональная деятель.

ность. Наибольшее внимание к указанным вопросам должны уделить преподаватели, которые читают лекции. Они имеют высокую квалификацию и могут передать студенческой аудитории необходимые знания.

УДК 539.37 (532.593)

## Механизм временной самоорганизации контактной системы разъединителей

Беляев Г.Я., Беляева Г.И.

Белорусский национальный технический университет

Взаимодействие контактирующих поверхностей различного рода разъединителей при прохождении электрического тока большой плотности можно оценить с учетом ряда особенностей процессов, протекающих в области контакта (геометрические характеристики поверхностей, изменения свойств материала в поверхностном слое, наличие и вид поверхностных пленок и т. д.)

При контактировании реальных поверхностей твердого тела различают три площади контакта: номинальную, определяемую геометрическими размерами соприкасающихся тел; элементарную контурную и фактическую площадку контакта. Она составляет обычно менее 0,1% от номинальной площади контакта, но именно в ней и происходят основные физико-механические и химические процессы взаимодействия поверхностей. Из-за влияния различного рода шероховатостей (макро-, микро- и субмикровыступы) в контактном соединении разъединителей возникает переходное сопротивление  $R_{пер}$ , которое вызвано сопротивлением области стягивания  $R_{ст}$  и туннельным сопротивлением оксидных пленок  $R_{тун}$ . Внутри области стягивания градиент электрического потенциала значительно больше, чем за ее пределами. Перегрев областей стягивания за счет Джоулева тепла делает микро- и субмикровыступы квазизжидкими или вообще жидкими, вследствие чего контактные поверхности сближаются и идет сокращение удельной поверхности, что приводит к уменьшению поверхностной энергии. Под действием сжимающей силы оксидные и другие пленки диссоциируют и туннельное сопротивление уменьшается или исчезает полностью. Всякая неровность, в том числе и микрошероховатая поверхность, при подводе энергии извне стремится к уменьшению своей поверхностной энергии. Это значит, что при сообщении некоторой толчко-вой тепловой энергии все атомы, находящиеся на вершинах неровностей, начинают «скатываться» во впадины и занимать там свободные вакансии. Этот процесс «скатывания» атомов с вершин в долины приводит к выравниванию микрорельефа и к уменьшению поверхностной энергии.



## Деформация поверхности при качении жесткого диска

Горбутович Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет

Вопросы качения колеса занимают умы человечества с давних пор. Однако полной ясности в этом вопросе не существует и в настоящее время. Множество авторов занимались вопросами качения колеса (диска) по деформируемой поверхности, но единого взгляда на этот процесс пока не выработано. Во-первых, что такое деформируемая поверхность? Она может быть и линейно упругой (например -- торфяная залежь) и пластичной (например -- глина), а может содержать элементы того и другого типа. В данной работе рассматривается линейно -- деформируемая поверхность.

Для анализа качения жесткого диска представляется весьма важным определиться с тем, как будет происходить деформация поверхности, ибо она оказывает влияние на сопротивление качению диска, а, следовательно, и на энергозатраты на перемещение колесных машин.

Существует множество схем, анализирующих деформацию поверхности при качении. Одна из них приведена в более ранних работах автора. Согласно этой схеме, диск при качении вдавливает поверхность на некоторую глубину  $H$ , но при этом отсутствует восстановление поверхности после прохода колеса. Однако, исследования многих других авторов, занимавшихся вопросами качения колес по торфяной залежи, показывают, что после прохода колеса наблюдается восстановление залежи на некоторую высоту  $h$ .

Поэтому, в настоящем исследовании рассматривается схема качения диска с учетом частичного восстановления поверхности после прохода колеса. Поскольку восстановление поверхности после ее какой-либо деформации происходит не мгновенно, а зависит от времени, то в случае качения диска необходимо это учитывать.

Если принять скорость восстановления поверхности после прохода колеса --  $u$ , скорость качения диска --  $v$ , а радиус диска  $R$  то, выполнив расчеты по схеме качения, получим формулу для определения высоты восстановления поверхности

$$h = \frac{R(v - \sqrt{v^2 - u^2})}{v}.$$

Проанализировав эту формулу для реальных скоростей движения диска (колеса) и скорости восстановления поверхности (торфяной залежи), полу-

чим результаты, указывающие, что высота восстановления во всех случаях будет весьма незначительна.

Данные исследования еще раз подтверждают выводы о нецелесообразности рассмотрения схем движения жесткого диска по линейно-деформируемой поверхности с учетом зоны ее восстановления.

УДК 629.113.073

### **Методы описания динамики многоосных и шарнирно-сочлененных машин по критериям управляемости и устойчивости**

Гурвич Ю. А., Сафронов К. И.

Белорусский национальный технический университет

Шарнирно-сочлененные и многоосные машины занимают достаточно большой сегмент рынка техники и активно используется не только на закрытых карьерах, производственных и строительных площадках, но и на дорогах общего пользования. При этом транспортные скорости движения этих машин постоянно растут.

В данной статье описаны предварительные результаты исследования процесса поворота: двух- и трехосных шарнирно-сочлененных машин; двух-, трех- и четырехосных мобильных машин. Каждая машина схематизируется пространственной моделью с системой координат, зафиксированной в проекции центра заднего моста на опорную плоскость. Для определения сил, действующих на колеса многоосных машин, используются уравнения равновесия машины, выведенные с учетом конструкции и характеристики подвески, а также закона распределения касательной силы по колесам машины. Чтобы уже при конструировании оценить качество рулевого управления целесообразно математическое исследование силовых и кинематических параметров рулевого привода в зависимости от углов поворота управляемых колес. Возможность достаточно точного определения сил и моментов действующих на управляемые колеса машины при ее повороте повышает эффективность такого исследования.

Используя разработанные методы описания динамики многоосных и шарнирно-сочлененных машин, можно определить следующие кинематические и силовые характеристики поворота машин в функции угла складывания: координаты центра поворота и радиус поворота машины; вертикальная нагрузка на каждом из колес машины; различные характеристики взаимодействия каждой шины с дорогой в зависимости от нагрузки на колесо; касательная сила тяги на каждом из колес машины; боковая сила на каждом из колес машины; коэффициент буксования на каждом из колес машины; характеристики поворота машины.

**Применение методов виртуального моделирования  
при исследовании управляемости и устойчивости движения  
многоосных машин**

Петровский А.Л., Гурвич Ю.А., Кoryтко Л.С.  
Белорусский национальный технический университет

Проблема обеспечения управляемости и устойчивости движения транспортных средств и мобильного технологического оборудования до сих пор остается актуальной и однозначно не решена. Наиболее остро эта проблема встаёт при проектировании многоосных транспортных средств. Такого рода машины находят своё применение в строительной, горнодобывающей, сельско- и лесохозяйственной отраслях промышленности и обладают повышенной грузоподъёмностью и проходимостью.

Исследование динамических характеристик таких машин с использованием аналитических методов сопряжено со сложностью решения системы дифференциальных уравнений с большим количеством неизвестных, точностью описания движения каждого колеса и т. д.

В литературе известны работы, в которых описаны методы виртуального моделирования исследования устойчивости многоосных машин в статике без учёта движения по пересечённой местности и по наклонным поверхностям.

В данной работе описана методика расчёта показателей маневренности и устойчивости движения на стадии проектирования автомобиля с учётом массово-инерционных характеристик, конструктивных особенностей рамы и ходовой части многоосной машины, которая базируется на построении модели и проведении виртуальных испытаний в пакете SolidWorks Motion.

В результате проведения виртуальных испытаний на управляемость и устойчивость многоосных автомобилей в пакете SolidWorks Motion были получены значения контактных усилий между колёсами и дорогой, графики траекторий неустановившегося поворота на различных скоростях движения, а также углы бокового крена при потере устойчивости во время наезда автомобиля на препятствие и езде по нему.

Принимая во внимание возможности программных продуктов и компьютерной техники, использование методов виртуальных испытаний позволяют с большой точностью смоделировать поведение многоосных машин в экстремальных условиях, что в свою очередь значительно сокращает объём натуральных испытаний, а также время выпуска и стоимость новых машин.

## Вероятностно-статистические методы определения припусков на механическую обработку

Антихович М. В., Змитрович В. И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время известно несколько различных методов расчета припусков на механическую обработку, отличающихся степенью детализации расчетов, методиками определения и элементарным составом припуска. К основным из них можно отнести опытно-статистический метод, расчетно-аналитический и метод расчета припусков в соответствии с правилами размерного анализа. Дело в том, что к различным по точности операциям механической обработки предъявляются и различные требования к физико-механическим свойствам поверхностного слоя. Поэтому на предварительных этапах обработки требуется удалить только следы предшествующей обработки ( $R_z$ ), на чистовых же операциях необходимо удалить в дополнение к этому и дефектный слой материала ( $h$ ), образовавшийся в результате выполнения предшествующей операции или перехода. Тогда в первом случае величину минимально необходимого припуска можно определить по формуле

$$Z_{\min} = R_z.$$

Если необходимо удалить не только образовавшуюся шероховатость, но и дефектный слой,  $Z_{\min}$  определяется из выражения

$$Z_{\min} = R_z + h.$$

Удаление дефектного слоя обязательно только в двух случаях: при черновой обработке отливок и поковок по «корке» и при окончательной обработке, когда качество поверхностного слоя оговорено техническими требованиями чертежа.

В данной работе были решены следующие задачи:

- опытно-статистическим и расчетно-аналитическим методом определены величины припусков на обработку для различных интервалов размеров заготовок цилиндрической формы, получаемых методами литья, штамповки, свободнойковки;
- по полученным данным построены графики распределения припуска в зависимости от количества стадий обработки детали;
- выполнен анализ полученных результатов, позволивший выявить зависимость распределения припусков по этапам обработки;
- определены факторы, влияющие на характер распределения припусков по этапам обработки;
- рассмотрен метод определения припусков на механическую обработку по правилам размерного анализа технологического процесса.

**Размерный анализ техпроцесса обработки детали  
«Вал переходной» по линейным размерам**

Романовская К. А.

Белорусский национальный технический университет

Весь объем технологической подготовки производства можно разделить на несколько этапов, каждый из которых отличается и содержанием и методами выполнения. Из всех этапов наиболее сложным и ответственным является размерный анализ техпроцесса. Размерным анализом техпроцессов механической обработки и сборки машин называют совокупность специальных способов выявления размерных связей деталей в процессе их изготовления и методы расчета выбранных параметров путем решения технологических размерных цепей. Целью размерного анализа являются:

- а) обеспечение качества и технологичности изделий, их элементов и заготовок;
- б) получение размеров и предельных отклонений, необходимых для заполнения технологической документации, эскизов наладок, управляющих программ, расчета режимов резания и норм времени.

в) минимизация издержек производства.

Для безошибочного и быстрого выявления размерных связей по ходу технологического процесса необходимо осуществить целый ряд мероприятий, основные из которых следующие:

1. Преобразование и проверка конструкторской документации.
2. Составление карты исходных данных.
3. Разработка технологического маршрута обработки и подробного плана операций.
4. Построение размерной схемы техпроцесса.
5. Выявление технологических размерных цепей по каждой операции и их расчет.

В данной работе было представлено следующее:

- технологическая размерная схема обработки детали типа вал переходной;
- граф производного дерева;
- граф исходного дерева;
- граф совмещенного дерева;
- технологические размерные цепи;
- таблица расчетных зависимостей для определения размерных параметров составляющих звеньев технологических размерных цепей;
- результаты расчета технологических размерных цепей;
- обобщенная таблица размерного анализа техпроцесса.

## Нелинейное вязкоупругое деформирование пластин при стационарном нагреве и облучении высокоэнергетическими частицами

Костюк Д.М., Ширвель П.И.

Белорусский национальный технический университет

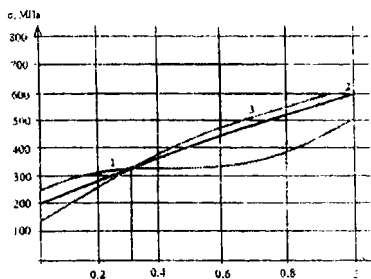
Предложена математическая модель поведения тонких пластин с учетом влияния радиационного облучения на примере деформирования прямоугольной пластины из полимерного материала.

В работе на основе нелинейного уравнения, описывающего область устойчивой и не устойчивой ползучести, записано уравнение тонких пластин с учетом вязкоупругих деформаций при нестационарном нагреве. Предложены модели НДС пластины различных схемах воздействия и приложенной нагрузки. Показано, что под влиянием радиационной среды происходит существенное изменение механических характеристик пластины

Алгоритм расчета пластины включает несколько блоков: блок задания исходных данных; блок силового расчета пластины на действие нагрузки без учета радиационного облучения; блок определения НДС и проверки прочности пластины; блок расчета пластины с учетом облучения и температурного воздействия; блок определения НДС при совместном действии нагрузки, температуры и облучения; блок проверки выполнения условий прочности и долговечности. В предлагаемом алгоритме заложена процедура итерационного уточнения, позволяющая получать достаточно точные результаты при ограниченном числе циклов.

В качестве примера исследовано поведение тонкой пластины из полимерного материала при длительном действии растягивающей нагрузки в условиях нейтронного облучения потоком быстрых нейтронов, когда температура стационарна и линейно изменяется по ширине пластины. Кривые распределения напряжений по ширине пластины во времени представлены на рисунке. Кривые 1,2,3 соответствуют распределению напряжений при  $t=0, 150, 300$  ч. соответственно.

Анализ кривых распределения напряжений по сечению образца показывает, что определяющие уравнения деформирования среды позволяют описать процесс перераспределения напряжений по сечению материала ( $\xi=x/b$ ) при любом законе изменения температуры  $T(\xi)$ , флюенса нейтронов (интегрального нейтронного потока) и нагрузки.



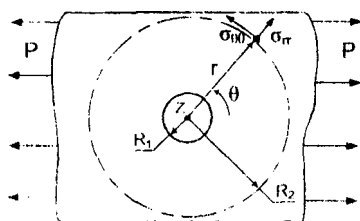
прочности пластины; блок расчета пластины с учетом облучения и температурного воздействия; блок определения НДС при совместном действии нагрузки, температуры и облучения; блок проверки выполнения условий прочности и долговечности. В предлагаемом алгоритме заложена процедура итерационного уточнения, позволяющая получать достаточно точные результаты при ограни-

## Решение задачи Кирша в условиях радиационного облучения

Сергей А.А., Костюк Д.М., Ширвель П.И.

Белорусский национальный технический университет

Многие конструктивные элементы активной зоны АЭС имеют отверстия конструктивного или технологического характера. Очевидно, что достоверное прогнозирование безопасной работы таких элементов конструкций возможно только на основе полного решения физически нелинейной задачи об определении НДС с одновременным учетом механического воздействия, радиационной ползучести и распухания материала. В связи с этим может оказаться целесообразным вначале решить более простые в некотором смысле модельные или тестовые задачи и лишь затем, по мере необходимости усложнять постановку задачи. Точное аналитическое решение задачи об определении напряженно-деформированного состояния (НДС) одноосно растянутой пластины, ослабленной круговым отверстием (задача Кирша) в упругой постановке приведено во многих классических



трудах. В данном исследовании рассматривается одна из задач, которая не имеет аналитического решения. Это задача о бесконечной пластине, ослабленной круговым отверстием, которая на бесконечности нагружена равномерно распределенным растягивающим напряжением и находится

длительное время под действием потока быстрых нейтронов, вызывающего радиационную ползучесть материала пластины. Материал пластины принят изотропным и одинаково сопротивляющимся деформациям растяжения-сжатия.

Цель исследования – создать механико-математическую модель НДС для механического и радиационного нагружения с учетом ползучести, а также численно решить данную задачу и определить характер напряженного состояния вблизи отверстия. В рамках исследования получена механико-математическая модель и произведено построение численного решения задачи в любой точке пластины (с учетом радиационной ползучести на каждом из этапов нагружения) с последующей оценкой его НДС на основе того или иного критерия. Выполнено сравнение полученных приближенных численных результатов с точным аналитическим решением для простейших случаев нагружения пластины с отверстием. Также проведено моделирование в пакете ANSYS.

## **Размерный анализ технологического процесса изготовления детали «Шестерня»**

Киреев Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

При проектировании технологических процессов изготовления изделий в современном производстве значительную и все возрастающую роль играют размерные расчеты выходных параметров и оценка точности всего техпроцесса в целом. Вместе с тем, как показывает практика, проектные технологические процессы всегда требуют доработок в значительных объемах. Значительно снизить объем технической подготовки производства позволяет система раннего, на стадии проектирования, прогнозирования характеристик техпроцесса на основе широкого применения размерного анализа.

Размерный анализ позволяет уточнить намечаемый вариант технологического процесса и решить при этом следующий круг задач:

1. Рассчитать требуемые размеры заготовки с минимально допустимыми припусками, обеспечив минимальную материалоемкость детали.
2. Спроектировать рациональный технологический процесс с минимальным количеством операций и переходов и с минимальной трудоемкостью изделий.
3. Внедрить в производство разработанный технологический процесс с минимальными корректировками.
4. Гарантировать изготовление качественной продукции в ходе осуществления спроектированного технологического процесса.

В ходе выполнения размерного анализа технологического процесса механической обработки детали «Шестерня» были проработаны следующие вопросы:

- проведен анализ конструкции детали на технологичность с использованием теории графов и матриц смежности;
- назначено необходимое и достаточное количество технических требований для обеспечения заданного качества детали;
- выполнены преобразованные чертежи детали с необходимым количеством проекций;
- построена размерная схема техпроцесса и на ее основе - исходный, производный и совмещенный графы;
- выявлены технологические размерные цепи;
- определены операционные размеры и размеры заготовок, припуски на обработку и предельные размеры.



## Исследование износостойкости чугуна, подвергнутого лазерному термическому упрочнению

Потапенко П.В., Веремей П.В.

Белорусский национальный технический университет

Данная работа посвящена выявлению режимов лазерной закалки (ЛЗ), обеспечивающих высокую износостойкость чугуна при оптимальных технико-экономических показателях.

Применение ЛЗ позволяет повысить износостойкость пар трения, работающих как в условиях сухого трения, так и в абразивно-масляной среде. Уменьшение износа деталей после ЛЗ обусловлено рядом факторов: большей твёрдостью поверхности, высокой дисперсностью структуры, уменьшением коэффициента трения и т.д. Кроме того, частичное испарение материала в зонах лазерного воздействия вызывает образование микроуглублений, в которых удерживается смазка, что так же способствует увеличению износостойкости при работе пар трения.

ЛЗ проводилась волоконным иттербиевым лазером фирмы IPG, номинальной мощностью 2,0 кВт. В качестве образцов в эксперименте использовались отливки из серого чугуна СЧ20, который широко применяется в машиностроении, т.к. он характеризуется высокими литейными свойствами, хорошо обрабатывается и значительно дешевле других сплавов. Однако он обладает относительно малой прочностью и износостойкостью, что обусловлено его структурой. Пластинки графита, нарушая сплошную структуру металлической основы, делают чугун сравнительно хрупким и снижают его механические свойства. В результате ЛЗ образуется поверхностный слой, представленный мелкодисперсной смесью аустенита с цементитом. Эта структура обладает более высокими эксплуатационными показателями, нежели основной материал.

В качестве основных показателей износостойкости, в рамках данной работы, были приняты микротвёрдость (H) и глубина (h) упрочнённого слоя. В ходе исследований учитывалось шесть основных параметров процесса ЛЗ: мощность излучения, диаметр пятна, скорость обработки и пр. При проведении опытов использовалась модель полного факторного эксперимента.

В результате обработки полученных данных были построены зависимости искомых параметров от режимов ЛЗ. Эти зависимости позволяют установить оптимальные режимы обработки чугуна необходимые для получения того или иного уровня износостойкости.

**Формализация оптимизационной модели процесса  
обогащения калийных руд**

Штургалова М.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Процессы обогащения широко используются во многих отраслях промышленности как у нас в стране так и за рубежом. Поэтому актуальной является задача исследования вышеуказанного процесса на математических моделях.

В результате решения данной задачи можно достаточно точно предсказать результаты работы промышленных установок, обеспечивающих процесс обогащения.

Разработанная модель достаточно полно учитывает основные экономико-математические характеристики изучаемого процесса, учитывает связь между количеством полезно затрачиваемой энергии и характеристиками материала до и после обогащения, что в конечном счёте позволяет достичь наибольшей экономичности процесса.

Вначале определяется метод оптимизационной производственной задачи, а затем реализуется алгоритм определения оптимальных значений параметров, характеризующих производственный процесс.

Задача оптимизации параметров процесса обогащения калийных руд может быть формализована в виде экономико-математической модели, целевые функции и ограничения которой представлены в виде композиции базовых функций одной переменной. Аналитические выражения части базовых функций устанавливаются методами компьютерной математики по экспериментальным измерениям. Другая часть базовых функций может быть установлена как результат решения сформулированной прикладной математической задачи.

Адекватность построенной таким образом модели и достоверность полученных с её помощью результатов предполагается обосновать путём реализации режима опытной эксплуатации конкретной модели.

Экспериментально-аналитический подход, суть которого заключается в объединении преимуществ математического моделирования и экспериментальных исследований, используется для решения многих производственных задач по оптимизации параметров производственных процессов а так же позволяет формализовать оптимизационную задачу в аналитическом виде, а для её численной реализации использовать методы и компьютерной математики.

**Анимационное представление  
операционного технологического процесса  
механической обработки деталей типа фланца**

Сокол А.В., Шгуро А.М.

Белорусский национальный технический университет

Фланец ХХХ15 является базовой деталью комплексной оптической системы, на которой монтируется ряд других деталей и элементов системы, и, кроме того, она предназначена для точного сопряжения оптической системы с корпусом машины.

От качества изготовления фланца зависит точность перемещений различных элементов и устройств всей оптической системы. Поэтому к конструкции фланца предъявляются жесткие требования по точности наружных и внутренних посадочных поверхностей, взаимного пространственного расположения большого количества отверстий, выточек, пазов и т.п.

Для разработки анимационных эскизов техпроцесса был использован программный продукт GIBBS CAM, позволяющий представлять в масштабе реального времени траектории перемещения всех инструментов наладки, величину и порядок снятия припуска, режимы обработки, взаимную увязку всех элементов обрабатываемой детали, оборудования и технологической оснастки.

На представленных анимационных эскизах показан процесс обработки на фрезерной операции с ЧПУ с использованием торцевой фрезы Ø40 мм (предварительная обработка контура и планирование плоскости), концевой фрезы Ø16 мм (окончательное формирование контура, карманов и центрального отверстия), центровочного сверла Ø1 мм, сверл диаметрами 3,55; 5,9; 8,7 мм, концевых фрез диаметрами 4; 8; 6 мм (цековки и пазы), борштанги, настроенной на размер Ø8,02 мм.

При этом использовались твердосплавные инструменты фирм GURHING, ISCAR, SPEED TIGER (сверла, метчики, фрезы), расточные борштанги фирмы DANDREA.

Использование программного продукта GIBBS CAM позволяет с большой точностью отслеживать взаимное положение инструмента и заготовки в процессе обработки, исследовать точность и качество механической обработки.

# **Химия и химические технологии**

Влияние частиц SiO<sub>2</sub> на процесс твердения цемента

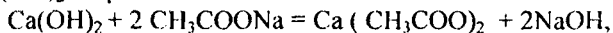
Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Основными задачами современного материаловедения являются разработка способов направленного формирования долговечной структуры композитных материалов, получение продуктов с заданными эксплуатационными свойствами при максимальной простоте технологии производства и экономии дорогостоящих сырьевых материалов. Одним из способов модифицирования структуры цементных композитов является введение в их состав высокоактивных микродобавок и в частности золя кремниевой кислоты.

Золь кремниевой кислоты получен методом титрования слабо разбавленного раствора жидкого стекла уксусной кислотой до pH=4,3. Процесс синтеза добавки протекал по следующей реакции:  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{SiO}_3$ . Полученный золь кремниевой кислоты  $\{m[\text{H}_2\text{SiO}_3] \cdot \text{H}^+ \cdot (n-x) \text{CH}_3\text{COO}^-\}^{x+} \cdot x \text{CH}_3\text{COO}^-$  через 3 суток самоконденсации кислоты высушен при температуре 50<sup>0</sup>С.

Полученная добавка вводилась в состав вяжущего в количестве 0,01-0,1% от массы цемента. Регулирование подвижности смеси осуществляли суперпластификатором С-3. Пластификатор увеличивает подвижность и снижает водопотребность смеси. Побочным продуктом получения золя кремниевой кислоты является ацетат натрия, который частично удален вместе с маточным раствором. Оставшийся CH<sub>3</sub>COONa взаимодействует с Ca(OH)<sub>2</sub> по реакции:



а трехкальциевый силикат с ацетатом кальция :



Для получения высокопрочного цементного камня необходимо, чтобы в начальной стадии взаимодействия с ионами кальция кремниевая кислота находилась в диссоциированном состоянии, а полимеризация кремниескородных анионов происходила позднее – в период объединения зародышей гидросиликатов кальция. Поэтому для приготовления вяжущего использовался свежеприготовленный золь кремниевой кислоты. На ранней стадии твердения прочностные показатели образцов с кремниевой кислотой и пластификатором С-3 превышают показатели контрольного состава на 8-12%. В результате проведенных исследований установлена возможность получения стабильного золя кремниевой кислоты из жидкого стекла и уксусной кислоты и возможность его использования в производстве бетонов.

## Методика проведения лабораторной работы по скорости гетерогенной реакции

Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Гетерогенными называются химические реакции, протекающие на границе раздела фаз. В гетерогенных реакциях условно можно выделить четыре стадии: 1 - перенос реагирующих веществ к поверхности раздела фаз; 2 - адсорбция реагирующих веществ в зоне реакции; 3 - химическое взаимодействие; 4 - удаление продуктов реакции из реакционной зоны. Скорость гетерогенного процесса определяется наиболее медленной его стадией, которая называется лимитирующей. Если скорость собственно химического взаимодействия значительно больше скоростей подвода реагентов к реакционной зоне и отвода продуктов, то общая скорость процесса будет определяться скоростями переноса реагентов в реакционную зону и удаления продуктов реакции из нее. В таком случае общая скорость реакции будет определяться процессом диффузии. Если собственно химическое взаимодействие является наиболее медленной стадией, а подвод реагентов и отвод продуктов реакции протекают сравнительно быстро, то реакция протекает в кинетическом режиме. Если скорости химического взаимодействия реакции и диффузии приблизительно равны, то говорят о диффузионно-кинетической (переходной) области гетерогенной реакции. Скорость гетерогенной химической реакции определяется изменением числа моль одного из веществ (газа или жидкости), участвующих в реакции, за единицу времени на единице поверхности вещества. Гетерогенную реакцию

$Zn_{(к)} + 2HCl_{(ж)} = H_{2(g)} \uparrow + ZnCl_{2(ж)}$  характеризует скорость, энергия активации и температурный коэффициент. Для нахождения скорости реакции определяется объем, выделившегося водорода при комнатной температуре и при температуре на  $10^{\circ}C$  или  $20^{\circ}C$  выше комнатной. По уравнению Клапейрона- Менделеева определяется количество моль выделяющегося водорода:  $n_{H_2} = (P - P_{H_2O}) V_{H_2} / RT$  Энергия активации процесса находится по формуле

$$E_{акт.} = 2,3R \frac{T_2 T_1}{T_2 - T_1} \lg \frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} \text{ Дж/моль. Температурный коэффициент скорости по уравнению}$$

$$v_{T_2} = \gamma \frac{T_2 - T_1}{10} v_{T_1}$$

## Изучение возможности использования органических растворов серы для придания водоотталкивающих свойств изделиям из бетона

Глушонок Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Предполагается, что в поровом пространстве в процессе высушивания бетонных изделий образуются наноразмерные частицы серы, заполняющие его. Было решено для сравнения с водными растворами серы исследовать растворы серы в органических растворителях в качестве колюматизирующих жидкостей для бетонных изделий, что могло бы помочь понять механизм защиты бетонных изделий ее водными растворами. Изучалось водопоглощение образцов кубов 2x2x2 см из цементно-песчаного раствора, изготовленных в соответствии ГОСТ 310.4, после обработки их органическими и неорганическими растворами серы в течение 4 часов методом погружения. Высыхание образцов происходило в течение 24 часов в естественных условиях. Затем образцы высушены до постоянной массы, после чего были погружены в воду для насыщения. Результаты исследований представлены в таблице.

№	Антикоррозионная жидкость	Водопоглощение, $W_m$ , %	Показатель эффективности*
1	H <sub>2</sub> O Контр-ные образцы	9,18	1,00
2	Этанол + S	10,15	0,90
3	Толуол + S	9,98	0,92
4	Водн. р-р Ва(OH) <sub>2</sub> + S	7,89	1,16
5	Водн р-р (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + S	7,78	1,18
6	Водн р-р NH <sub>4</sub> OH, 25% + S	6,66	1,38
7	Водн р-р NaOH, + S 9,4%	6,60	1,39
8	Водн р-р Ca(OH) <sub>2</sub> + S 6%	6,60	1,39
9	Водн р-р NaOH, + S 20%	2,39	3,84
10	Расплав S, 190°C 0,5 час	0,78	10,55

\* - Показатель эффективности антикоррозионной жидкости - отношение величины водопоглощения за 48 ч контрольных образцов к величине водопоглощения образцов бетона, обработанных антикоррозионной жидкостью.

Из таблицы видно, что разбавленные растворы серы в органических растворителях не обеспечивают защиты изделий из бетона от влаги, а значит защитный эффект не связан с наночастицами серы. Важно заполнить поровое пространство макрокристаллами серы, предотвратив возможность проникновения влаги в бетон, как в случае расплава серы.

**Разработка программы преподавания курса химии  
для студентов ФГДЭ**

Глушонок Г.К.

Белорусский национальный технический университет

В современной жизни, особенно в производственной деятельности человека, химия играет исключительно важную роль. Нет почти ни одной отрасли производства, не связанной с применением химии. Природа дает нам лишь исходное сырье: древесину, руду, нефть, уголь и т.д. Подвергая природные материалы химической переработке, получают разнообразные вещества, необходимые для сельского хозяйства, промышленности, медицины, домашнего обихода: удобрения, металлы, пластические массы, краски, лекарственные препараты, моющие средства и т.д. Химия помогает создавать и использовать новые, не существующие в природе вещества и материалы. Знание химии необходимо для плодотворной деятельности современного инженера любой специальности. В основу структурирования содержания учебной программы по химии положен принцип модульного подхода, который предполагает разбивку материала в относительно самостоятельно учебные модули. Программа по химии для студентов ФГДЭ включает четыре модуля:

Модуль 0 – введение в дисциплину;

Модуль 1 – основные классы неорганических соединений, эквивалент, растворы и энергетику;

Модуль 2 – кинетику химических реакций, равновесие, физико-химические свойства растворов электролитов и неэлектролитов;

Модуль 3 – окислительно-восстановительные реакции, гальванические элементы и процессы коррозии, электролиз и общие свойства металлов.

Программа включает лабораторные занятия в количестве 17 учебных часов, а также практические занятия в таком же объеме. Присутствие в программе как лабораторных, так и практических занятий отражает обычно слабую школьную подготовку по химии студентов ФГДЭ и направлена на исправление этого недостатка.

Однако, за последнее время уровень подготовки школьников по химии еще более снизился, и теперь студенты первого курса часто не знают не только основы химии, но и самых азов, таких как названия элементов. В связи с этим предполагается не меняя основной программы уделить на первых семинарских и лабораторных занятиях больше внимания атомно-молекулярной теории, теории строения атомов и молекул, законам сохранения массы и энергии, периодическому закону.



**Термодинамический анализ систем природный газ – каталитический металл в процессе высокотемпературного синтеза УНТ**

Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Углеродные нанотрубки (УНТ) и нановолокна являются высокоперспективными материалами для ряда технических областей. В последние годы наиболее эффективным способом синтеза УНТ, в частности многостенных (МУНТ), стал пиролитический синтез из парообразных углеводородов, CO и спиртов, одним из видов которого является окислительный пиролиз, в частности с использованием плазмохимических реакторов (ПХР). Рост МУНТ обычно происходит по механизму карбидного цикла на каталитических частицах металлов подгруппы железа.

Цель исследования заключалась в определении корреляции между составом реагирующих смесей природного газа (ПГ) и воздуха и выходом целевого продукта – МУНТ, с использованием термодинамического анализа. Проанализированные опытные результаты по образованию МУНТ в ПХР показали, что в случае возрастания значения фактора эквивалентности  $\gamma$  (выражающего долю окислителя в смеси на входе в ПХР) в диапазоне от 3,5 до 9, при температуре каталитической стенки 1100–1300 К, доля МУНТ в получаемой саже растет в 2–3 раза. При этом также наблюдается прохождение массового выхода МУНТ через максимум (0,1–0,13 кг УНТ/час при  $\gamma = 6-7$ ). На основании термодинамических расчетов (с применением программы ТЕРРА, версия 5.3) для реагирующих смесей C–N–O–H–системы в равновесном и квазиравновесном приближениях (второе отвечает режиму быстрой закалки пирогаза в ПХР) установлено, что для равновесного случая температура максимума выхода общего конденсированного углерода С (к) (т.е. смеси графита и УНТ) находится в диапазоне 900–1300 К, при этом его расчетная концентрация находится в диапазоне 12–15 мол. %.

Расчетные концентрации каталитической фазы твердого  $Fe_3C$  (к) в области  $T = 900-1700$  К для смеси с составом, эквивалентным  $\gamma = 6-7$  и с 1,0 мас. % катализатора (сталь 12X18H10) находятся на уровне 0,0134–0,0135 моль/кг. Составы пирогаза для случая расчетных и опытных данных оказались достаточно близкими ( $\pm 10\%$ ). В итоге нами показано, что для данного метода пиролитического синтеза УНТ предпочтительны режимы с невысоким (соответствующим уровню  $\gamma = 6-7$ ) отношением расходов окислителя и сырья (т.е. ПГ) при  $1000 \leq T \leq 1500$  К. Этот уровень параметра  $\gamma$ , как найдено по термодинамическим данным, может быть обусловлен достигаемым тут оптимальным сочетанием концентраций CO,  $CH_4$  и С (к).

## **Значение темы «Основные классы неорганических соединений» в курсе химии для студентов нехимических специальностей**

Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Студенты первых курсов приступают к изучению общей химии (ОХ), имея заметные пробелы в знаниях школьного курса химии. Они владеют отрывочными сведениями в области основных классов неорганических соединений (ОКНС). Первая лекция курса ОХ посвящается теме «Основные классы неорганических соединений». Ее цель – ознакомить студентов с номенклатурой и химическими свойствами оксидов, кислот, оснований и солей, показать генетическую взаимосвязь между ОКНС. После прочтения лекции и выполнения лабораторной работы по данной теме студенты переходят к изучению других тем курса, часто так и не усвоив классификацию и номенклатуру неорганических соединений (НС). Курс ОХ строится линейно, то есть отдельные темы образуют последовательность тем, прорабатываемых в ходе обучения один раз. Упор делается на самостоятельную работу студентов. При такой схеме изложения и невысокой мотивации студентов к изучению ОХ знания, не усвоенные ими должным образом на предыдущих лекциях, не могут в полной мере применяться при изучении последующих тем. Знания, полученные на первой лекции по ОКНС, будут востребованы далее в изучении курса ОХ. Так, при изучении окислительно-восстановительных процессов студенты должны уметь записывать продукты несложных реакций – соли, кислоты, оксиды. Изложение темы «Гидролиз солей» предполагает понимание генетической взаимосвязи между классами НС. При изучении темы «Общие свойства металлов» студенты должны вспомнить номенклатуру и классификацию оксидов, понятие «амфотерность». Однако активное использование студентами знаний в области ОКНС не всегда реализуется на практике.

В данной ситуации целесообразно при изложении каждой темы курса выделять так называемую системообразующую идею, которая упростит студентам восприятие и запоминание лекционного материала. Так, в качестве системообразующей идеи данной темы «Основные классы неорганических соединений» можно предложить принцип противоположности свойств взаимодействующих веществ (например, соль как продукт кислотно-основного взаимодействия), а также электролитическую диссоциацию кислот, оснований, солей с упором на понятия «катион» и «анион».

Несомненно, что рекомендуемый системный подход при изложении курса ОХ позволит повысить эффективность обучения только в сочетании с более высокой мотивацией студентов к изучению химии.

## Обоснование выбора способа синтеза наночастиц гидроксидов (оксидов) алюминия и железа (III)

Медведев Д.И., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время все большее значение среди различных методов производства наноматериалов приобретают химические методы. Целью проведенной нами работы является обоснование способов получения наноразмерных оксида алюминия и гидроксидов алюминия и железа (III) с заданными свойствами (высокой химической чистотой продукта, требуемым дисперсным составом, и, для оксида алюминия - сферической формой частиц). В качестве исходных реагентов для получения *высокодисперсного оксида алюминия*  $Al_2O_3$  использовали нитрат алюминия  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  и глицин  $H_2N(CH_2)COOH$  реактивной квалификации «ч»:  $6Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + 10H_2N(CH_2)COOH = 3Al_2O_3 + 14N_2 + 20CO_2 + 79H_2O$ . Методика эксперимента: В термостойкий стеклянный стакан объемом  $800 \text{ см}^3$  приливали раствор нитрата алюминия ( $284 \text{ г/дм}^3 Al(NO_3)_3$ ,  $pH = 3$ ) и при перемешивании механической мешалкой вносили навеску глицина. В процессе нагревания через донную часть стакана происходило растворение глицина, выпаривание воды и формирование вязкой гелеобразной массы. Для удаления углерода продукт обжигали в муфельной печи при температуре  $800-1000 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 5 часов. Исходными реагентами для получения *гидроксидов алюминия и железа (III)* служили соли  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ,  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  и  $FeCl_3 \cdot 9H_2O$ , а в качестве осадителей – растворы гидроксидов аммония и натрия. Получение гидроксидов проводили методом совместного осаждения при комнатной температуре из растворов соответствующих солей щелочью. Полученные осадки гидроксидов промывали дистиллированной водой, фильтровали и сушили при заданных условиях. Полученные соединения идентифицировали методами ИК-спектроскопии и рентгенофазового анализа.

По данным сканирующей электронной микроскопии (электронный микроскоп VEGA II LMU с микроанализатором INCA ENERGY 350 ЭМБ) установлено, что частицы синтезированных порошков образованы первичными структурными элементами, имеющими преимущественно сферическую форму и размер около  $100-150 \text{ нм}$  (для гидроксидов алюминия и железа (III) – около  $150-250 \text{ нм}$ ), которые объединяются в агрегаты различной формы с размером до  $800 \text{ нм}$ . Химический состав синтезированных образцов однороден: образцы после прокалывания при температуре  $800-1000 \text{ }^\circ\text{C}$  содержат  $99,0-99,5 \text{ \%}$  мас. оксида алюминия,  $95,0-99,2 \text{ \%}$  мас. гидроксидов алюминия и железа (III).

## Методика проведения лабораторного занятия по теме «Основные классы неорганических соединений»

Медведев Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Тема основные классы является одной из основополагающих тем, знание которой предопределяет определенный задел при изучении последующих разделов курса химии.

Многолетняя практика проведения лабораторных занятий показывает, что несмотря на изучение данной темы в школе, студенты 1-го курса достаточно слабо ориентируются в этом вопросе. Это может быть объяснено тем, что в школе экзамен по химии практически никто из них не сдал и отношение к этому предмету было прохладным.

Учитывая слабую подготовку, предпринимались попытки ликвидации пробелов в базовой подготовке по химии путем замены лабораторной работы семинарским занятием по данной теме. Последнее приводило к некоторому улучшению ситуации, но в этом случае отсутствовала практическая значимость данной лабораторной работы.

В связи с этим возникла необходимость постановки новой лабораторной работы, учитывающей положительные моменты проведения семинарских занятий и лабораторной работы.

С этой целью была разработана принципиально новая лабораторная работа по идентификации основных классов неорганических соединений (солей, кислот и оснований).

На первом этапе выполнения работы совместно со студентами обсуждаются формулы химических соединений, приобретаются навыки написания формул по названиям химических соединений.

Второй этап включал собственно идентификацию указанных соединений с учетом их химического поведения (растворимость, взаимодействие с кислотами, щелочами, солями с образованием труднорастворимых соединений, воды, или выделения газообразных продуктов). Причем в каждом конкретном случае при написании уравнений соответствующих реакций происходило совместно со студентами, обсуждение полученных результатов, которые затем учитывались при защите лабораторной работы.

Третий этап включал расчеты по уравнениям ранее написанных реакций. Проведенное таким образом, лабораторное занятие, как показала практика, приводило к лучшему усвоению данной темы и способствовало пониманию и решению задач последующих разделов курса химии.

**О разработке календарных учебно-производственных планов  
по дисциплине «Химия» для факультета  
энергетического строительства БНТУ**

Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Календарный план по дисциплине «Химия» для студентов факультета энергетического строительства (ФЭС) БНТУ разрабатывается в соответствии с типовой учебной программой «Химия» и образовательным стандартом для специальностей ФЭС. Основные цели преподавания дисциплины: рассмотрение общих закономерностей и законов превращения веществ и протекания химических реакций; ознакомление со свойствами наиболее важных веществ, применяемых в энергетике; развитие химического мышления у студентов; формирование фундамента химико-технологических знаний на основе изучения достижений отечественной и зарубежной науки; подготовка студентов к углубленному восприятию специальных дисциплин.

В основу структурирования содержания учебной дисциплины положен принцип модульного подхода, который предполагает разбивку научно-теоретического материала на относительно самостоятельные учебные модули. По каждому учебному модулю в соответствии с его целями и задачами по формированию и развитию у студентов конкретных компетенций преподавателем (кафедрой) проектируются и реализуются определенные педагогические технологии. В числе наиболее перспективных и эффективных современных инновационных образовательных систем и технологий следует отметить: учебно-методические комплексы; самостоятельная работа студентов, модульно-рейтинговые системы, методики активного обучения. Для управления учебным процессом и организации контрольно-оценочной деятельности педагогам рекомендуется использовать рейтинговые системы оценки учебной деятельности студентов. Учебная программа дисциплины для специальностей ФЭС рассчитана на 85 (68) аудиторных часов (51 (34) час лекций и 34 часа лабораторных занятий). Управляемая самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение контрольных работ, подготовку рефератов, ознакомление с научной, научно-популярной, учебной литературой, выполнение учебно-исследовательских лабораторных работ. Текущая успеваемость студентов определяется по результатам трех письменных рубежных контрольных работ. Перечень тем лабораторных занятий по химии в целом соответствует общей программе дисциплины при 34 часах лабораторных занятий с обязательным включением темы «Коллоидные системы».

## Влияние добавки А10ОН на процесс твердения бетона

Кирюшина Н.Г., Судник Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Решение проблемы получения ультрадисперсных частиц оксидов и гидроксидов различных элементов с заданными размерами имеет большое значение для материаловедения. В области бетоноведения разработка и производство всех видов цементов, прежде всего быстротвердеющих, высокопрочных, позволяющих в перспективе отказаться от тепловой обработки бетона, использование ультрадисперсных частиц является первоочередной задачей. Введение добавок - один из самых технологичных, доступных и универсальных способов улучшения физико-механических свойств портландцементных систем. Целью проводимой работы было исследование влияния А10ОН (бемит), вводимого с водой затворения, на процессы гидратации и структурообразования цемента. А10ОН использовался для получения модифицированного вяжущего. К смеси вяжущего (ПЦ 500-ДО) и песка, взятых в соотношениях 1:3, добавлялся А10ОН с водой затворения и пластификатор С-3. Количество воды затворения использовалась из расчета получения теста нормальной густоты. Изготовленные образцы размерами 4x4x16 мм твердели в воде в течение 14 суток. Составы приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ сост.	Цемент, г	Песок, г	H <sub>2</sub> O, мл	С-3, г	А10ОН	R <sub>изг</sub> МПА	R <sub>сж</sub> МПА
1к	400	1200	170	1,2	-	6,74	31,87
2к	400	1200	170	1,2	0,04	7,03	34,40
3к	400	1200	170	1,2	0,12	7,38	35,16
4к	400	1200	170	1,2	0,20	7,50	42,38
5к	400	1200	170	1,2	0,28	6,50	30,25

Результаты исследования показали, что на прочностные характеристики материала оказывает влияние концентрация А10ОН. С увеличением концентрации А10ОН предел прочности на изгиб и сжатие заметно выше, чем для контрольных образцов без модификатора. А10ОН интенсифицируя процесс гидратации клинкерных минералов, связывал СаО в алюминат кальция, чем способствует развитию процессов твердения вяжущей системы в ранние сроки. Однако, при превышении оптимума прочностные характеристики падают. Это можно объяснить тем, что обладая большой удельной поверхностью частицы А10ОН могут не только способствовать процессу твердения, но и блокировать рост гидратных образований в цементе.

**Усиление контактных взаимодействий между компонентами композиционных строительных материалов**

Ковалев Я.Н., Ковалев К.Г., Радьков Н.В.\*

Белорусский национальный технический университет  
Государственное предприятие «БелдорНИИ»\*

Искусственные композиционные строительные материалы (КСМ) являются гетерогенными системами с развитой поверхностью раздела фаз. Прочность и долговечность таких систем определяется величиной реализованной межфазной энергии взаимодействующих структурных компонентов. Максимальная устойчивость систем достигается в том случае, если энергетические потенциалы, присущие каждому структурному компоненту системы, полностью затрачены на образование межфазных связей, при этом они взаимно компенсируются. Именно при такой ситуации материал обладает оптимальным набором свойств.

Повышенное энергетическое состояние вновь образуемых "поверхностей" измельченного или «ободранного» кварцевого песка объясняется образованием на поверхности кварцевых зерен значительного количества ненасыщенных валентных связей. Здесь играет большую роль эффект повышения поверхностной активности кварцевого заполнителя или наполнителя за счет активации поверхностной аморфизации частиц. При этом толщина аморфизированного слоя измельченного кварца достигает  $15 \cdot 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-8}$  м. При «сиюминутном» использовании дисперсных активированных кварцевых материалов следует учитывать, что их химически активная поверхность быстро дезактивируется за счет погашения ненасыщенных химических связей компонентами, содержащимися в воздухе, а также вследствие быстрой компенсации образующихся в процессе измельчения или «обдира» электрических зарядов.

В связи с этим можно сделать важный практический вывод: вновь образуемые энергетически активные поверхности минеральных компонентов следует сразу же «гасить» связующим в процессе их измельчения или «обдира», т.е. использовать активированные компоненты в технологических переделах непосредственно сразу после процесса их активации без складирования.

Таким образом, теоретические предпосылки и результаты имеющихся исследований подтверждают эффективность активации твердо- и жидкофазных компонентов что позволяет разрабатывать технологические процессы, направленно регулирующие структуру и свойства строительных материалов на цементном связующем для увеличения их прочности и долговечности.

**Исследование влияния электрохимической активации  
воды на свойства дорожных битумных эмульсий  
и эмульсионно-минеральных смесей**

Ковалев Я.Н., Ковалев К.Г.

Белорусский национальный технический университет

Битумные эмульсии и эмульсионно-минеральные смеси в Республике Беларусь на протяжении последних 15 лет заняли прочное место в области ремонтных материалов. На сегодняшний день они являются основным материалом для устройства защитных слоев и слоев покрытий на местных дорогах. Однако эмульсионно-минеральные композиции полностью не смогли раскрыть все свои достоинства. Главным образом из-за того, что конструкции на их основе обладают недостаточной прочностью, водо- и морозостойкостью, особенно на первых этапах формирования.

В связи с этим, основной задачей повышения качества битумных эмульсий и эмульсионно-минеральных смесей является введение в них различных добавок или применение технологических приемов, позволяющих повысить физико-механические свойства эмульсионно-минеральных смесей сразу после их укладки.

Рассмотрен один из аспектов активационной технологии применительно к получению эмульсионно-минеральных смесей: исследовано изменение свойств битумных эмульсий и эмульсионно-минеральных смесей, полученных при использовании воды, активированной электрическим током.

В результате исследований установлено:

1. Физико-химическая активация воды позволяет повысить устойчивость битумных эмульсий при их хранении и транспортировке.
2. Эмульсионно-минеральные смеси приготовленные на активированной битумной эмульсии значительно лучше хранятся в штабеле (меньше слеживаются), физико-механические показатели их на 30-40 % выше, чем у стандартных образцов.
3. При использовании активированной воды в качестве предварительного увлажнения при приготовлении эмульсионно-минеральных смесей, повышается их однородность и уменьшается слеживаемость при длительном (более 2 месяцев) хранении в штабеле.
4. Разрушение структуры воды при ее электроактивации ведет к уменьшению температурного коэффициента растворимости веществ. Наличие в воде растворимых веществ может уменьшить набор топологии водных структур, т.е. стабилизировать структуру или увеличить набор топологии, вызывая разрыхление структуры раствора.



**Разработка специальных вопросов  
для студентов автотракторного факультета**

Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Необходимость взаимосвязи специальных вопросов курса химии с рабочей программой факультета обусловлено требованиями высшей школы, в частности связи обучения с промышленным производством. Это обеспечивает компетентность (знаковую, расчетную, логическую) обеспечивающую владение методами системного и сравнительного анализа, формирование критического мышления, умение работать в команде, владение навыками проектирования и прогнозирования. Соблюдение указанных требований в обучении позволяет сформировать следующие личностные качества будущих инженеров: самостоятельность, ответственность, организованность, целеустремленность, мотивационно-ценностными ориентации, умение учиться, повышать квалификацию в течении всей жизни.

В автомобилестроении и эксплуатации соответствующих механизмов очень важную роль играет материал механизмов. Поэтому необходимо значительную часть специальных вопросов курса химии для студентов автотракторного факультета посвятить химии металлов, сплавам металлов (видам сплавов, их маркировке, указанию сильных и слабых сторон данных материалов). Следует подробно в лекциях описать коррозию металлов, методы защиты от коррозии, сравнить их эффективность для различных сплавов и различных агрессивных сред.

Целесообразно обратить внимания на подробную работу различного вида аккумуляторов, значение концентрации электролитов, виды электролитов, подробно дать расчет концентрации электролитов, исходя из промышленно выпускаемых.

Также современное развитие науки позволяет эффективно использовать нанотехнологии в металлургии, в модификации материалов для автомобилестроения.

С целью защиты окружающей среды от продуктов эксплуатации автомобилей, необходимо включить в курс химии вопросы по очистке выхлопных газов, промывочных и сточных вод автомобилестроения. Также современное развитие дисциплины требует включения вопросов утилизации механизмов с истекшим сроком эксплуатации.

Разработка специальных вопросов в указанном ключе позволяет студентам иметь представление о химическом моделировании, знать новые достижения в области химии, уметь использовать химические методы в теоретических и экспериментальных исследованиях.

## Ионно-электронный метод составления окислительно-восстановительных реакций

Лукьянова Р.С.

Белорусский национальный технический университет

Реакции, которые происходят с изменением степени окисления элементов, входящих в состав реагирующих веществ, называют окислительно-восстановительными. Степень окисления элемента является формальной характеристикой, поскольку она не соответствует ни одной реальной характеристике атомов элемента в том или ином его химическом состоянии. Прежде всего степень окисления не отражает распределение валентных электронов, образующих химические связи, по атомам в молекулярной структуре и не совпадает с эффективными электростатическими зарядами атомов. Например: степень окисления хлора +7 и кислорода -2 в перхлоратном ионе  $\text{ClO}_4^-$  очень далеки от эффективных зарядов на атомах хлора и кислорода, равных примерно +1,0 и -0,5 соответственно.

Вычисление коэффициентов в ОВР необходимо начинать с установления атомов соотношения между числом молекул окислителя и восстановителя, при котором количество электронов, приобретаемых окислителем, равно количеству электронов, теряемых восстановителем. Для установления такого соотношения рекомендуется составлять схемы перехода электронов от восстановителя к окислителю. Более правильным является метод ионно-электронных полуреакций, который использует реальное состояние реагирующих веществ для данного процесса. Сущность его состоит в уравнивании числа всех атомов до и после реакции, наряду с уравниванием общего заряда частиц, путем добавления или вычитания необходимого числа электронов. При этом в ионно-электронных уравнениях, как и в ионно-молекулярных уравнениях реакций обмена, слабо диссоциирующее, летучие и малорастворимые вещества представляются в виде их молекулярных формул. В молекулярной и ионной схемах процесса указывают среду реакции, и удобно использовать следующее:

1) на один атом кислорода, уходящей из частиц (молекулы иона) окислителя в кислой среде затрачивают два иона  $\text{H}^+$  и образуется одна молекула воды; в нейтральной и щелочной среде затрачивается одна молекула воды  $\text{H}_2\text{O}$  и образуются два иона  $\text{OH}^-$ :

2) на один атом кислорода, присоединяющийся к частице восстановителя, затрачивается в кислой и нейтральной среде, одна молекула  $\text{H}_2\text{O}$  и образуются два иона  $\text{H}^+$ , а в щелочной среде два иона  $\text{OH}^-$  и образуется одна молекула  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов  
по коллоидной и физической химии**

Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет

В современных научно-технических и социально-экономических условиях основным требованием к профессиональной подготовке специалиста становится гарантированность формирования четко определенного уровня профессиональной компетентности.

Это влечет за собой смену традиционных образовательных технологий, при которых невозможно оценить вероятность потенциального результата обучения.

Одной из уже апробированных и дающих положительные результаты педагогических технологий является модульно-рейтинговая технология обучения, основной акцент в которой сделан на виды и структуру модульных программ (укрупнение блоков теоретического материала с постепенным переводом циклов познания в циклы деятельности) и рейтинговые шкалы оценки усвоения.

Особенность рейтингового контроля знаний по сравнению с балльным в том, что итоговая отметка студента по дисциплине зависит от рейтинга. Студент, желая получить приемлемую для себя отметку, старается набирать рейтинговые баллы и оказывается управляемым объектом для преподавателя. Балльно-рейтинговая система учитывает успешность освоения студентом учебных дисциплин через балльные оценки и рейтинг и увязывает оценку успеваемости с измеряемой в зачетных единицах трудоёмкостью каждой дисциплины и образовательной программы в целом.

Использование рейтинговой системы оценки знаний студентов при подготовке специалиста в системе университетского образования предполагает организацию учебного процесса таким образом, что знания обучающегося на каждом этапе контроля оцениваются в баллах, из которых складывается общий рейтинг, определяющий итоговую оценку.

Контроль знаний осуществляется путем написания плановых контрольных работ; подготовки и экспериментальной реализации лабораторных работ; выполнения индивидуальных заданий и, наконец, ответа на экзамене.

Таким образом, предложенная модель модульно-рейтингового обучения ставит студентов перед необходимостью регулярной учебной работы, повышает заинтересованность в ее результатах, активизирует управляемую самостоятельную работу студентов, существенно повышает ее эффективность.

Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Основными задачами современного материаловедения являются разработка способов направленного формирования долговечной структуры композитных материалов, получение продуктов с заданными эксплуатационными свойствами. Одним из способов модифицирования структуры цементных композитов является введение в их состав высокоактивных микродобавок и в частности наночастиц кремнезема, глинозема и др.

Наиболее предпочтительным следует считать модифицирование структуры цементного камня наноразмерными частицами гидросиликатов кальция, гидросульфоалюминатов кальция хризотила, кремнезема, гидроксида алюминия и г.п. Их положительное влияние на процессы твердения и физико-механические свойства проявляются в большей степени, если их кристаллы имеют вытянутую форму. Механизм действия частиц различного вида сводится не только к уплотнению структуры, но и к роли кристаллических затравок.

Наиболее рациональным путем использования наночастиц является их синтез непосредственно в объеме бетона или другого строительного материала за счет взаимодействия водных растворов химических реагентов с компонентами бетона; образующимися при его твердении. Поскольку преобладание в структуре цементного камня низкоосновного гидросиликата типа CSH является необходимым условием существенного повышения его прочности и стойкости была исследована возможность его синтеза в объеме цементного камня. Гидросиликат кальция получали в процессе формирования структуры вяжущего при одновременном добавлении  $\text{CaCl}_2$  и жидкого стекла. В вяжущее из ПЦ 500-ДО и песка, взятых в соотношении 1:3, добавлялся  $\text{CaCl}_2$  с водой затворения. Количество воды затворения использовалось из расчета получения теста подвижной консистенции, при испытании которой на приборе Вика пестик не доходил до пластины 4 мм. Затем вводилось жидкое стекло. Изготовленные образцы цементного камня 4x4x16 см погружены в воду для твердения на 30 сут., после чего определялась их прочность на изгиб и сжатие.

В результате проведенных исследований было установлено, что прочность на сжатие полученных образцов при введении 0,4 г  $\text{CaCl}_2$  выше на 5%, а прочность при изгибе выше на 8,7%, чем у контрольных образцов.

Из выше изложенного следует, что в качестве нанодобавки необходимо формировать в объеме цементного теста наноразмерные частицы гидросиликатов, кальция играющих роль центров кристаллизации.

**Особенности преподавания темы «Кислые и основные соли»  
для иностранных студентов факультета международного  
сотрудничества**

Беляцкий В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Предлагается методика преподавания химии для слушателей подготовительных курсов Факультета Международного сотрудничества, в частности, на примере преподавания темы «Кислые и основные соли» для мононациональных групп из Туркмении.

В качестве главной особенности предлагается синтетический подход к обучению, когда в процессе преподавания приводятся не только сведения по изучаемому предмету, но и применяется знание некоторых элементов языка обучаемых студентов. Это позволяет усилить эффективность преподавания технического предмета на основе взаимодействия обучения с элементами знаний по родному языку.

На основе школьного учебника химии для средней школы были выбраны следующие термины: соль - *duz*, кислота - *kislota*, основание - *esas*, кислая соль – *turshy duz*, основная соль – *esasy duz*. Следует отметить, что существует определенная трудность при объяснении номенклатуры кислых солей, связанная с тем, что для названий кислот используется термин «*kislota*» (кислота), а при названии кислых солей - *turshy duz*. Поэтому необходимо подчеркнуть генетическую связь классов неорганических веществ – многоосновных кислот и кислых солей и заострить внимание студентов, что кислые соли образуются при неполном замещении протонов на катионы металлов. Аналогично возникает определенная терминологическая путаница при объяснении номенклатуры основных солей, поскольку термин «*esas*» - основание, имеет также значение фундамент. Поэтому при объяснении номенклатуры основных солей обращается внимание на генетическую связь классов неорганических веществ – многокислотных оснований и основных солей.

Для развития логического мышления слушателям подготовительных курсов предлагается определить, возможно ли образование кислых или основных солей из одноосновных кислот и однокислотных оснований соответственно. Обращается внимание, что в этих случаях возможно только образование средних солей (*orta duz*).

**Выводы**

Проведение контрольных по указанным выше темам показало эффективность предлагаемой методики по сравнению с проведением занятия, когда проводилось объяснение только на одном языке.

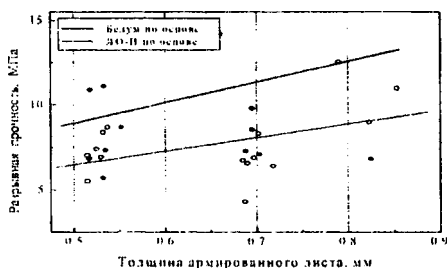
## Армирование полиэтиленовой пленки углетканью

Беляцкий В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Ключевым моментом при создании композитов на основе полимеров является обеспечение взаимодействия на границе раздела фаз – в граничных слоях между наполнителем и матрицей. Особенно это важно для неполярных полимеров, в которых химическое взаимодействие между компонентами заведомо незначительно из-за малого количества функциональных химических групп в полимере. Одним из путей управления свойствами композитов на основе неполярных полимеров является снижение полярной составляющей наполнителя, что реализовано в выпускаемой серийно в ИММС НАН Беларуси углеткани Белум, представляющей собой углеткань ЛО-1-12Н, каждый филамент которой аппретирован в плазме тлеющего разряда нанослоем фторполимера. Углеткань Белум оптимизирована для наполнения ПТФЭ. Поэтому несомненный интерес представляло испытание её для других матриц, и, в частности, полиэтилена (ПЭ)

Композит получали, стрессовывая углеткань между двумя ПЭ высокого давления из одной или нескольких пленок толщиной 120 мкм каждая и при температуре 180-190°C и удельном давлении 1,5 или 2,5 МПа. Разрыв композита производили как по утку, так и по основе ткани.



Испытания показали, что модуль упругости армированного листа уменьшается с увеличением толщины листа, определяемой прежде всего толщиной армируемого пленочного материала. Этот результат является вполне ожидаемым, т.к. доля более жесткой армирующей ткани снижается с увеличением толщины. Однако разрывная прочность листа возрастает с увеличением его толщины (рис. 1), причем в случае углеткани Белум она примерно на 30% превышает прочность листа, армированного углетканью ЛО-1-12Н во всем исследованном диапазоне толщин. Оба факта объясняются механизмом разрушения листа при растягивающей нагрузке.

## Возможность применения метода турбидиметрии для определения размеров частиц гидрозоля диоксида титана

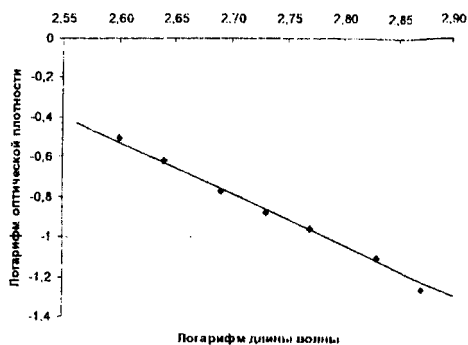
Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Одной из задач, стоящих перед химиками, получающими дисперсные системы с микро- и наноразмерными частицами дисперсной фазы является оценка размеров получаемых частиц. Для измерения размеров частиц нам был использован метод турбидиметрии. Турбидиметрия основана на измерении интенсивности проходящего через систему света.

В качестве объекта исследования был взят золь гидратированного диоксида титана, полученного гидролизом тетрахлорида титана. Для образования золя тетрахлорид титана предварительно растворялся в изобутиловом спирте и постепенно прибавлялся к воде при температуре  $80^{\circ}\text{C}$  и непрерывном перемешивании на магнитной мешалке.

С помощью концентрационного фотоколориметра КФК-2 были экспериментально определены оптические плотности образца гидрозоля диоксида



тида титана в диапазоне длин волн падающего света от 364 нм до 750 нм. Для расчета размеров частиц было использовано эмпирическое уравнение Геллера:  $D = k\lambda^{-n}$ , где  $D$  — оптическая плотность раствора золя,  $\lambda$  — длина волны падающего света,  $k$  и  $n$  — константы. Логарифмирование уравне-

ния дает уравнение прямой,  $\lg D = \lg k - n \lg \lambda$ , тангенс угла наклона которой равен показателю степени  $n$  в уравнении со знаком минус. Значение показателя степени  $n$  зависит от соотношения между длиной волны падающего света и размером частиц, который в свою очередь, характеризуется параметром  $Z$ . Связь значений  $Z$  и  $n$  табулирована. Средний радиус частиц золя диоксида титана  $r$  рассчитывался из соотношения  $Z = 8\pi r/\lambda$ , причем в уравнение подставлялось среднее значение длин волн в том интервале, в котором определялся показатель степени  $n$ . Для расчета была взята средняя длина волны  $\lambda_{\text{ср}} = 575$  нм, при этом радиус частиц золя диоксида титана оказался равным  $135 \pm 5$  нм.

**Вопросы прикладной химии для студентов  
факультета горного дела и инженерной экологии**

Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Основными целями профессиональной подготовки студентов в вузе являются формирование профессиональных компетенций, основанных на профессиональных знаниях и социально-творческом опыте. Задача химической подготовки современного инженера любой специальности должна заключаться не в накоплении фактических сведений и запоминании существующих технологических рекомендаций, а в создании навыков, помогающих решать многообразные технические и технологические проблемы. В связи с этим актуальным становится вопрос адаптации существующих учебных программ к получаемой специальности путем расширения присутствия прикладных вопросов химии в учебной программе. Для студентов факультета горного дела и экологии предлагается ввести в учебную программу следующие специальные вопросы.

Состав природных минералов и руд, их принадлежность к основным классам неорганических соединений. Классификация неорганических соединений, номенклатура. Технические и коммерческие названия.

Расчет тепловых эффектов химических реакций. Расчет направленности протекания химических реакций. Органическое топливо. Теплога сгорания топлива. Твердое и жидкое топливо, продукты их переработки. Октановое число бензина. Соляровые масла. Вредные выбросы и методы очистки.

Вода и водные растворы. Гидраты и кристаллогидраты. Природные воды и их состав. Жесткость воды и способы умягчения воды. Ионообменная адсорбция как способ умягчения воды. Ионообменные материалы. Основные характеристики окисляемости, биологическое потребление кислорода (БПК). Виды загрязнений и методы их очистки. Физические и химические свойства воды. pH – показатель кислотности среды. Растворимость, условия выпадения осадка. Процессы растворения и гидратации.

Окислительно-восстановительные процессы. Химические источники электрического тока в промышленности. Аккумуляторы щелочные и кислотные. Современные гальванические элементы.

Химическая и электрохимическая коррозия. Особенности коррозии металлов в почве. Методы защиты металлов от коррозии.

Поверхностные явления. Дисперсные системы. Флотация как метод обогащения руд.



## Гидросиликаты кальция как центры кристаллизации в бетоне

Шагойко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Строительство является одной из материалоемких отраслей промышленности, поэтому решение проблем создания экономически эффективных материалов на базе отечественных технологий становится основополагающим фактором в развитии строительной индустрии. К перспективным разработкам следует отнести получение материалов и изделий на основе структурно модифицированных бетонов. Развитие современного бетонного ведения и эффективных технологий связано с новыми достижениями в области модифицирования структуры и свойств материалов различными методами. Одним из методов модифицирования бетона является введение в его состав добавок, позволяющих целенаправленно изменять макро- и микроструктуру и получать бетон с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Для получения бетона с заданными свойствами применяют функциональные модификаторы, оказывающие влияние на параметры цементных систем, на стадии формирования структуры цементного камня. Важное значение приобретает разработка оптимального композиционного состава бетона с учетом влияния модификаторов на гидратацию цемента. Оптимизация состава формовочной смеси с комплексными модифицирующими добавками обеспечит получение бетонов с улучшенными свойствами. Для приготовления высокопрочного бетона применяют различные способы повышения активности цемента и качества бетонной смеси. Большие перспективы в получении высокопрочных бетонов связаны с применением вяжущего низкой водопотребности.

Было исследовано влияние гидросиликата кальция CSH в количестве 0,1%, 0,2%, 0,3% и 0,4% вводимого с водой затворения на процессы гидратации и структурообразования цемента. CSH использовали для получения модифицированного вяжущего. В вяжущее из ПЦ 500-До и песка, взятых в соотношениях 1:3, добавляли CSH с водой затворения пластификатор С-3 (3%).

Изготовленные образцы цементного камня 4x4x16 см погружали в воду для твердения на 7, 10, 16 суток. Результаты исследований показали, что на прочностные характеристики материала оказывает влияние концентрация CSH. Можно сделать вывод, что введение CSH в качестве модифицированной добавки в количестве 0,3% значительно повышает прочностные характеристики материала.

## Методика проведения лабораторной работы «Определение кажущейся диссоциации сильного электролита»

Шагойко Ю.В., Кирюшина Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Электролитами называются вещества способные к распаду на ионы в растворах или в расплавленном состоянии. К ним относятся кислоты, основания, соли. Молекулы этих веществ под действием растворителя распадаются на ионы. В результате диссоциации общая концентрация всех частиц (молекул и ионов) оказывается больше молярной. Поэтому осмотическое давление растворов электролитов больше осмотического давления растворов неэлектролитов одинаковой молярной концентрации. Так же отличаются и температура кристаллизации и кипения растворов электролитов от этих величин для растворов неэлектролитов. Если понижение  $t_{кр}$  растворов неэлектролита  $\Delta t$ , а раствора той же молярной концентрации

электролита  $\Delta t'$ , то коэффициент Вант-Гоффа  $i = \frac{\Delta t'}{\Delta t}$ . В опыте достаточно

определить  $\Delta t$ , т.к.  $\Delta t$  вычисляется по закону Рауля. Способность к диссоциации может быть охарактеризовано степенью электролитической диссоциацией  $\alpha$ , которая показывает, какая часть молекул электролита подверглась диссоциации. Непосредственно определяемые на опыте степени диссоциации сильных электролитов являются лишь кажущимися в том смысле, что они не отвечают действительным степеням распада молекул на ионы. Такое несоответствие обусловлено электростатическим взаимодействием ионов, которое существенно проявляется именно в растворах сильных электролитов (где ионов много) и влияют на результаты экспериментальных определений степеней диссоциации – понижая их. Для проведения лабораторной работы могут быть использованы хорошо растворимые в воде соли (сильные электролиты). Для определения температуры замерзания применяю прибор называемый криоскопом. Студенты в ходе работы определяют температуру замерзания раствора соответствующей концентрацией (2%, 4% или 8%) и вычисляют понижение температуры кристаллизации раствора неэлектролита такой же концентрации. Понижение температуры кристаллизации раствора электролита  $\Delta t' = 0^\circ \text{C} - t'_{кр}$  и исходя из этих данных рассчитывает коэффициент Вант-Гоффа  $i$  и определяет кажущуюся степень диссоциации электролита  $\alpha$ :

где  $t'_{кр}$  - температура кристаллизации электролита.

## Применение серебра и его производных в медицине

Шнып И.А.

Белорусский национальный технический университет

Ранее нами были получены экологически безопасные растворы наночастиц серебра с размерами частиц  $100 \pm 300$  нм. Морфология частиц исследована методом атомно-силовой микроскопии в статическом режиме. Наночастицы серебра получали восстановлением доступных нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$  и дицианоаргентата калия  $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ .

Известно, что применение серебра в наноразмерной форме позволяет в сотни раз снизить его концентрацию с сохранением бактерицидных свойств этого металла в химически чистой форме. Большая удельная площадь поверхности модифицированных материалов увеличивает область контакта наночастиц серебра с микроорганизмами, повышая его бактерицидные свойства. Новая форма серебра – наносеребро – открывает широкие возможности для создания эффективных медицинских материалов с высокой биоактивностью. Изучается возможность модифицирования традиционных медицинских материалов (марли и лейкопластыря на марлевой основе), полученными нами растворами наночастиц серебра.

В настоящее время в фармацевтическом ассортименте применяются следующие препараты серебра: 1. Дермазин (сульфадиазин серебра) является местным химиотерапевтическим средством для профилактики и лечения ожоговых инфекций, трофических язв и ран. При нанесении на поверхность ожога сульфадиазин серебра распадается, медленно и непрерывно высвобождая ионы серебра и сульфаниламида, ингибируя рост и размножение бактериальных клеток; 2. Серебро коллоидное (колларгол) содержит 70 – 80% серебра в пересчете на сухое вещество. Применяется в виде 1 – 2% растворов для промывания гнойных ран, мочевого пузыря, глаз, при рожистых воспалениях кожи, при сепсисе; 3. Протаргол (протейнат серебра) содержит 7,5 – 8,5% серебра в пересчете на сухое вещество. Применяется в растворах для смазывания слизистых оболочек верхних дыхательных путей, промывания мочевого пузыря, при его хроническом воспалении, в виде глазных капель (при конъюнктивите, воспалении век, бленорее); 4. Аргосульфан крем, 2% (сульфатиазола серебра). 1 г препарата содержит 20 мг серебряной соли сульфатиазола. Это препарат для антибактериального применения, способствующий заживлению ран (ожоговых, трофических, гнойных). Присутствующие в препарате ионы серебра в несколько десятков раз усиливают бактериальное действие сульфаниламида, что нередко исключает необходимость проведения трансплантации.

**Методы активации воды для бетонов**

Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Ведущая роль в строительной индустрии принадлежит цементным бетонам, что подтверждается ростом объема их производства. В связи с этим, актуальной является задача разработки новых составов бетонов, отвечающим современным требованиям долговечности и эксплуатационной надежности. Учитывая это, наиболее востребованным является применение активационных воздействий на отдельные компоненты бетонной системы с целью управления процессами гидратации, гидролиза и структурообразования.

Одной из основных задач, в этой связи, является разработка и исследование методов направленного регулирования структуры воды в настоящее время можно выделить физические, химические и комбинированные методы модифицирования воды. Работы многочисленных авторов позволяют утверждать, что прочность бетонных изделий, полученных с использованием активированной или модифицированной воды, достоверно возрастает.

К физическим методам активации воды относят следующие виды обработок: магнитная, электромагнитная, механическая, термическая, акустическая, плазменная, разрядно-импульсная, электрохимическая и др.

Общими недостатками всех физических методов активации воды являются: трудность определения количественных параметров, характеризующих степень активации водных систем в производственных условиях, а также необходимость дооснащения технологических процессов специальным оборудованием для активации воды, и, как следствие, потребность в переработке технологических регламентов и т.п.

Анализ химических модификаторов воды, используемых при получении бетона показывает, что наиболее распространенными добавками являются супер- и гиперпластификаторы, позволяющие значительно снизить расход воды затворения и существенно повысить прочность бетона. Однако, проблемными остаются вопросы совместимости пластификаторов с цементами при твердении и их высокая стоимость. С развитием технологии наночастиц появляются новые возможности их использования с целью изучения влияния на структуру и свойства водных растворов и, как следствие, на управление процессами структурообразования в твердеющем бетоне. Так при введении в воду затворения наночастиц  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а также  $\text{CH}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  и других, изменяется pH раствора и реологические свойства сырьевой смеси, что позволяет управлять процессом твердения.

Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

В мировой практике существует несколько подходов к изучению курса химии с учетом профиля будущих инженеров-строителей. Первый предусматривает рассмотрение химических процессов, протекающих на различных технологических этапах процессов получения конкретных строительных материалов (металлов, стекла, керамики, вяжущих полимеров и лакокрасочных материалов). Этот подход реализован в учебнике д.х.н., проф. Сидорова В.И. «Химия в строительстве» М., 2008г. Достоинством такого изложения материала является максимальное приближение химии к описанию технологических процессов получения строительных материалов различных видов и подтверждение значимости химии при изучении строительных материалов различных видов.

Недостатком предложенного автором способа изложения роли химии в строительстве является описательный характер химических превращений и откровенная близость курсов химии и технологии строительных материалов, который читается на втором курсе. В результате объем учебника неоправданно велик (340 стр. основного учебника и 136 стр. помощника в освоении курса «Химия в строительстве»).

Второй подход к профильному изложению курса химии предусматривает классическое изложение курса с добавлением в конце каждого раздела его практического значения в конкретных технологических разделах при получении строительных материалов. Достоинством такого подхода является использование большого объема химической информации при изучении прикладных вопросов, а недостатком - разобщенность описания отдельных сторон логически последовательного технологического процесса, а также необходимость хотя бы краткого повторения теории при характеристике конкретных технологических переделов.

Нами предлагается третий подход к изложению профильного курса химии, который заключается в том, что вначале по учебному плану проводится определение дисциплин, использующих химическую информацию. И определяются те разделы, курса химии, которые будут востребованы при изложении спецкурсов.

Далее в курсе выделяется ядро или основные теоретические разделы, которые будут использованы для доказательной и предсказательной базы условий протекания химических реакций (химическая термодинамика и кинетика). Все химические превращения при получении строительных материалов ранжированы по температурной шкале.

## Содержание

### Технические и прикладные науки

Разработка месторождений полезных ископаемых	3
Инновационные технологии в геодезии и картографии	19
Проектирование дорог	52
Строительство автомобильных дорог	79
Диагностика, содержание и ремонт автомобильных дорог	96
Транспортные сооружения	134
Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов	165
Экономика и управление на транспорте	199
Коммерческая деятельность и бухгалтерский учет на транспорте	223
Физическая культура и спорт	243

### Естественные и точные науки

Естественно-научные дисциплины	268
Математика и приложения	287
Методы математического моделирования в прикладных исследованиях и учебном процессе	317
Математическое моделирование и численно-аналитические методы решения задач механики сплошных сред, теории переноса и теории обработки информации	343
Физика	354
Компьютерная механика	414
Химия и химические технологии	443

Научное издание

НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ

Материалы Десятой Международной научно-технической  
конференции

В 4 томах

Том 3

Ответственный за выпуск Л.Э. Ляшенко

---

Подписано в печать 25.10.2012. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 27,32. Уч.-изд. л. 21,36. Тираж 150. Заказ 1392.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный  
технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.  
Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.