

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ

Материалы Одиннадцатой Международной  
научно-технической конференции

В 4 томах

Том 3

Минск  
БНТУ  
2013

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72я431

НЗ4

Редакционная коллегия:

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

*Ф. А. Романюк* – д-р техн. наук, профессор;

*А. С. Калиниченко* – д-р техн. наук

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

**ISBN 978-985-550-370-6 (Т. 3)**

**ISBN 978-985-550-372-0**

© Белорусский национальный  
технический университет, 2013

**Технические и прикладные науки**

**Разработка месторождений  
полезных ископаемых**

**Технология отработки вскрышных пород большой мощности  
в обводненных условиях**

Оника С.Г., Стасевич В.И., Бабак Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Значительные объемы вскрышных работ приводят к росту затрат на их проведение и сдерживают достижение плановых объемов добычи полезного ископаемого. Указанная ситуация характерна для крупных карьеров ведущих горные работы в сложных горно-геологических условиях, к числу которых относится карьер «Гралево» ОАО «Доломит».

Для снижения затрат на вскрышные работы предлагается бестранспортная схема перемещения вскрыши в выработанное пространство карьера. С этой целью нами предложено задействовать мощный шагающий экскаватор – драглайн ЭШ–10/70, который с переэкскавацией перемещает пустые породы во внутренний отвал. Для достижения максимальной эффективности бестранспортной схемы экскавации вскрыши поставлена задача максимально приблизить драглайн к верхней бровке добычного уступа. В этой связи окончательное перемещение вскрыши во внутренний отвал предложено осуществлять верхним черпанием драглайна из навала, сформированного в результате переэкскавации вскрыши в сторону выработанного пространства.

В результате перемещения вскрыши драглайном по бестранспортной схеме в карьере «Гралево» формируются внутренние отвалы в выработанном пространстве, заполненном водой до проектной отметки. Поддержание проектной отметки воды в выработанном пространстве обеспечивается принудительным водоотливом. Формирование внутренних отвалов приводит не только к сокращению площади изымаемых земельных угодий, но и в снижении энергетических затрат связанных с организацией принудительного водоотлива в карьере. Анализ притока воды в карьер в зависимости от длины береговой линии обводненной части карьера показал, что суточный водоприток увеличивается с ростом длины береговой линии, т.е. длины линии высачивания воды в карьер. Зависимость водопритока в карьер от длины береговой линии аппроксимируется прямо пропорциональной зависимостью.

Отсюда вытекает важный вывод не только об эффективности внутреннего отвалообразования, но и рекомендации по конфигурации внутренних отвалов и выработанного пространства карьера. Следует, очевидно, стремиться к плавному изменению контуров выработанного пространства и внутренних отвалов, что будет способствовать сокращению длины береговой линии и, как следствие, к сокращению притоков воды в карьер.



## **Применение геоинформационной системы Surfer 8 для планирования горных работ**

Оника С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Планирование горных работ связано со значительным объемом вычислений площадей и объемов горных работ, выполнение которых традиционными методами трудоемко и неэффективно. Для решения вопросов планирования горных работ в современных геоинформационных системах (ГИС) создаются геологические модели, для чего используют информацию о залегании месторождений, получаемую при бурении разведочных выработок. Подсчет запасов полезного ископаемого производится на основе создаваемых в ГИС Surfer8 так называемых сеточных файлов кровли и почвы залежи полезного ископаемого. Сеточные файлы создаются из экспериментальных данных описывающих поверхности с тремя измерениями (x,y,z). В узловых точках сети с использованием математических методов вычисляются значения функции поверхности.

Пакет Surfer работает в двух режимах: Plot Document и Worksheet. Режим Worksheet позволяет вводить, редактировать и делать различные арифметические преобразования над исходными данными, а режим Plot Document – получать сеточные цифровые модели геологических полей, визуализировать их и выполнять различные преобразования цифровых моделей. После запуска программы Surfer по команде File/New в окне New предоставляется возможность выбора одного из двух режимов. В процессе работы Surfer можно открыть несколько окон в обоих режимах, что позволяет быстро переходить из Worksheet в Plot Document и наоборот.

При вычислении значений функции поверхности используются геостатистические методы. Наиболее распространенным методом моделирования функций пространственно распределенных данных являются метод Криге (Kriging -метод). Он используется системой Surfer по умолчанию.

На сеточном файле показывается расположение точек сеточной функции и расположение изолиний z. Математическое описание сеточных функций приводится в соответствующих отчетах (Report1 КРОВЛЯ и Report2 ПОДОШВА). На следующем этапе для подсчета объемов горных работ в заданных границах из сеточных функций исключаются области за пределами контуров подсчета запасов. Эта операция называется бланкированием сеточного файла. Затем вычисляются объемы полезного ископаемого между двумя бланкированными сеточными функциями. Для вычисления объемов используются метод трапеций (Trapezoidal Rule), метод Симпсона и метод Симпсона 3/8.

**Eurypterids (Chelicerata, Eurypterida) from the Famennian saliniferous deposits of the Devonian of the Pripyat trough**

Plax D.P.<sup>1</sup>, Barbikov D.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Belarusian National Technical University

<sup>2</sup> Joint Stock Company "Belaruskali"

There are six well-known findings of eurypterid remains within the Starobin potassium salt deposit identified from 1976 to 2012. All of them are established in rocks of the clay-halite (potassiferous) substratum of the Famennian saliniferous stratum, namely in clayey interbeds of the Osovets beds of the Streshin regional stage of the Famennian stage of the Upper Devonian. The first finding represents a good safety and almost whole specimen of eurypterid from the ventral surface in length of about 20 cm and refers to 1976. The depth of this finding was 640 m. The second finding is represented by a relatively well-preserved prosoma of a eurypterid with one pair walking legs from the ventral surface. The exact date of this finding is unknown. However, it is established, that, most likely, it dates back to the period between 1981 and 1982. The third not less good safety eurypterid finding with the length of about 12 cm, but this time from the dorsal surface, refers to 2002. The eurypterid was found at the depth of 700 m. In 2006 the fourth finding occurred. It was a sufficiently good safety of walking leg of a sea scorpion. The depth of this finding was 740 m. The fifth finding refers to the beginning of 2008. It is the eurypterid from the ventral surface, practically whole of a rather good safety. Its length is 25 cm. The eurypterid was found at the depth of 630 m. And, at last, the sixth finding was made not long ago – in June 2012. It is a sea scorpion of a sufficiently good safety, practically whole and the largest of all ever found (34 cm in length). It was found at the depth of more than 800 m. Unfortunately, only four of the six specified specimens have been preserved till now. They are one fragment of prosoma with one pair walking legs, found in the period between 1981 and 1982 and stored in the museum of the Belarusian State University, and three specimens of eurypterids, represented by one fragment of a walking leg (2006) and by two practically whole specimens of eurypterids (2008 and 2012) which are stored in the museum of the Labour Glory of the Joint Stock Company "Belaruskali" (Soligorsk). The information about the findings of two other specimens (1976 and 2002) is known only from their preserved photos. It is necessary to mention that the presence of eurypterids in saliniferous deposits of the Famennian stage of the Upper Devonian of the Pripyat trough was noted earlier (Kruczek et al., 2001), as well as an expanded article was written about them (Plax et al., 2009), however any deep systematical and morphological study hasn't been carried out yet. Now a complex and all-round study of four remained specimens of eurypte-

rids is being conducted and their taxonomic belonging is being established. The preliminary studies give the possibility to draw the conclusion that, most likely, the eurypterid remains found in the Famennian saliniferous deposits belong not only to a new species, but also, probably, to a new genus. Furthermore, it seems likely that the eurypterids are endemic. The further studies will allow us to draw more exact conclusions which will be published in scientific editions a bit later.

УДК 656.073

**Формирование комплексных подходов совершенствования  
управления для угледобывающих предприятий**

Косоногова Л.Г.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля,  
г. Луганск, Украина

Развитие рыночных отношений потребовало изменения подходов и принципов в управлении хозяйственной деятельностью предприятия. В особой степени это относится к предприятиям угольной промышленности, экономические отношения которых носят многоукладный характер.

Основой программ развития предприятий по-прежнему остаются показатели физических объемов горных работ и сбалансированность товарно-материальных потоков. Методы управления угледобывающих предприятий должны базироваться на принципах оптимизации пропорций между масштабами производственно-хозяйственной и финансовой деятельности и объемами вовлекаемых производственных ресурсов, обеспечивающих устойчивое развитие предприятия и рост капитализации.

В общих затратах на производство и реализацию продукции влияет также рост транспортной составляющей. В современных условиях требуется построение системы управления, в которой логистические принципы реализованы в основных бизнес-технологиях транспортного процесса. Повышение эффективности управления логистическими системами в горном производстве может быть достигнуто за счет совершенствования методологии исследования, проектирования и использования информационных технологий. Объектом исследования являются материальные и сопутствующие им информационные потоки в логистических системах горного производства. Таким образом, метод планирования и управления деятельностью угледобывающими предприятиями, базирующийся на принципах:

- создания экономических условий, позволяющих адаптировать режим горных работ к текущему состоянию рынка угля и эффективного механизма оптимизации соотношения вовлекаемых в производство ресурсов, способствующего наращиванию прибыльности компаний;

- разработки рекомендаций по адаптации организационно – структурных изменений объектов логистических систем для повышения эффективности в управлении современных средств информационных технологий.

УДК 622.693.2.004.4

### **Теоретические основы механизма кольматации горных пород при создании противofильтрационных завес на карьерах**

Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

Горный массив с трещинами, порами и капиллярами представляет собой связнодисперсную систему. При его взаимодействии со свободнодисперсной системой, например, цементно-песчаным раствором, происходит процесс кольматации, т.е. заполнение пустого пространства породы дисперсной фазой, находящейся во взвешенном состоянии в фильтрующемся растворе. Этот механизм следует рассматривать не только как процесс механического закупоривания пор и трещин, но и как физико-химическое взаимодействие кольматирующих частиц со скелетом породы с образованием коагуляционных связей.

Установлено отношение диаметра пор  $d_n$  к диаметру кольматирующих частиц  $d$ . В поровых каналах проникновение взвешенных частиц может происходить при отношении  $d_n$  к  $d$  меньше 10 и больше 3. При  $d_n : d > 10$  происходит свободное перемещение дисперсных частиц по поровым каналам. Однако данный процесс происходит только в том случае, когда объемная концентрация суспензии не превышает 0,75%. При больших концентрациях на поверхности пор и трещин образуется так называемая корка, препятствующая проникновению кольматанта на большую глубину.

Следовательно, в зависимости от дисперсности и концентрации дисперсной фазы могут существенно изменяться физико-химические и реологические свойства кольматируемых систем, что необходимо учитывать при подборе рецептур и технологии приготовления кольматирующих смесей для устройства противofильтрационных завес на карьерах. Для этого при приготовлении смесей должны быть предусмотрены осреднительные емкости с регулируемой характеристикой.

В условиях взрывных работ, проводимых в карьерах, важное значение имеет способность завесы противостоять трещинообразованию и самозалечивать трещины. Для улучшения деформационных свойств завес рекомендуется в смесь вводить армирующие добавки, например, хризотил-асбест. Способностью самозалечиваться обладают завесы с трещинами менее 0,051 мм.

## Энергетика горных пород

Поликарпова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Концептуальные представления человека об окружающем мире меняются достаточно медленно. Традиционно горные породы и минералы, составляющие твердую оболочку планеты, рассматриваются как косное вещество, лишенное тех свойств, которые характеризуют живую материю. В тоже время многие факты говорят о памяти минералов, об их способности приспосабливаться к внешним условиям: кристаллы устают, стареют, они способны отдыхать, издавать звуки. Подобно живым существам они, размножаются, способны восстанавливать отломанные части (регенерация), передавать информацию о своем строении на значительные расстояния. Естественно, им свойственны не все из известных признаков биологических организмов, но те жизнепроявления, которые отмечаются, позволяют рассматривать минералы как одну из форм жизни неорганического мира.

Теснейшая взаимосвязь между органической и неорганической составляющей является основой существования биотических систем всех уровней организации от отдельных организмов до биосферы в целом. В связи с этим возникает вопрос о механизмах такого рода взаимодействий. Существующая информация не позволяет сводить эти взаимоотношения исключительно к обменным процессам на вещественном уровне. Предполагается, что минералы и горные породы имеют свои энергетические и информационные поля, которые могут влиять на воду и биологические организмы. Именно на этом свойстве базируется такое нетрадиционное направление в медицине как литотерапия. С целью обнаружения энергоинформационных связей между изолированными от массива образцами горных пород и биологическими объектами нами в течение ряда лет была проведена серия экспериментов. Разной величины обломками горных пород различного генезиса (8-12 видов) максимально заполняли пластиковые емкости (объем 500 мл) и закрывали их крышками. Сверху помещали небольшие пластиковые поддоны (объем 100-150мл), в которых между сложенной в два слоя фильтровальной бумагой раскладывали семена овса (100-200 штук) или других используемых в качестве биологических тестов растений. В одинаковых условиях освещенности, увлажнения и теплового режима проращивали семена в течение двух недель. Определение количества проростков, их массы, высоты и длины корневой системы указывает на достоверные различия между вариантами, что является подтверждением наличия энергетического воздействия горных пород на биологические объекты.

**О некоторых свойствах воды**

Поликарпова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Многие уникальные свойства воды научно объяснены. Однако существует ряд свойств, известных человеку с древних времен, но не нашедших научного объяснения. К таким свойствам воды относятся: ее способность к дистанционному воздействию; безреагентное изменение своих свойств и биологических функций; так называемая «память воды», т.е. способность воспринимать, сохранять, передавать и терять информацию. Дистанционное взаимодействие проявляется, например, в изменении свойств под влиянием другой воды, с которой нет прямого контакта. Безреагентное изменение свойств воды происходит при воздействии на нее магнитных и электромагнитных полей, УФ-излучения, КВЧ-излучения, бомбардировке воды электронами, активации минералами и микроэлементами, дегазации и др. При этом увеличивается ее растворяющая способность по отношению к солям, жесткость, изменяются значения водородного показателя (рН), коэффициента поверхностного натяжения и ряд других свойств.

Тот факт, что вода обладает памятью на различные химические и физические (энергетические) воздействия и может являться своеобразным носителем информации, в последнее время получает все большее признание. Структурные особенности воды, ее способность к образованию за счет многочисленных короткоживущих водородных связей между соседними атомами водорода и кислорода особых структур-ассоциатов (кластеров) рассматриваются как механизм для восприятия, хранения и передачи всевозможной информации. Особым видом структурирующего воздействия на водные системы, достойным детального исследования, является биоэнергетическое воздействие человека. В лаборатории С.В. Зенина исследовалась способность обладающих особыми свойствами людей (операторов) изменять свойства воды. Контроль, который велся как по изменению электропроводности воды, так и с помощью тестовых микроорганизмов, показал, что чувствительность информационной системы воды очень высокая.

Нами в течение ряда лет проводились эксперименты, в которых вода подвергалась словесному и эмоциональному воздействию не специальных операторов, а группы студентов (12-15 человек) и затем тестировалась по скорости прорастания и степени развития проростков овса и других сельскохозяйственных культур. Было показано, что наибольший стимулирующий ростовые процессы эффект проявлялся при передаче воде положительных эмоций. Проведенное исследование подтверждает способность воды к восприятию и словесной информации, и эмоционального воздействия.

## **Перспективные технологии обогащения строительных горных пород, на примере получения щебня**

Паливода Э.Н.

Белорусский национальный технический университет

Технология переработки исходного каменного сырья обеспечивает достижение таких характеристик щебня как его зерновой состав и содержание пластинчатых и игловатых зерен (так называемую лещадность).

В связи с относительно низким качеством щебня, получаемого в эксцентриковых дробилках, в ряде случаев после них используются роторные центробежные дробилки-грануляторы. Использование ударных и отражательных дробилок может рассматриваться как дополнительная операция дробления, назначение которой – исправление формы зерен без существенного сокращения размеров дробимого материала, что в принципе не является основным назначением дробилки, а является лишней статьей затрат на приобретение необходимой формы.

Поскольку главной целью экономии в процессах дробления является отказ от не дробления лишнего, это заставляет прибегнуть к использованию такой технологической схемы, которая позволила бы упростить задачу и одновременно повысить качество готовой продукции, а также снизить эксплуатационные расходы. Примером может служить технология, основанная на применении конусных инерционных дробилок КИД с кинематически свободным вибрационным приводом конструкции Научно-производственной корпорации «Механобр-техника».

Применение дробилок КИД открывает уникальную возможность для реализации двухстадиальной схемы дробления крепких изверженных горных пород или породных отвалов с целью получения кубовидного щебня при максимальном размере куска взорванной горной массы до 500 мм. Внедрение двухстадиальных технологических схем щебеночных заводов позволяет снизить капитальные затраты на их строительство на 32%, энергозатраты – на 20%, уменьшить износ футеровочной стали почти в 2 раза и повысить производительность труда более, чем на 20%.

В заключение следует отметить, что применение вибрационных дробилок перспективно не только при дезинтеграции природного сырья, но и в технологиях получения высококачественного вторичного щебня из прочных строительных отходов – бетона и железобетона. Прочность бетона при использовании кубовидного щебня возрастает на 5–10% при одновременном уменьшении расхода цемента на 7–12% и снижении на 3–5% водопотребности бетонной смеси.

## Оценка возможности обогащения калийной руды гравитационными методами

Паливода Э.Н.

Белорусский национальный технический университет

Наряду с флотацией и флотогравитационным разделением, обогащение калийных руд осуществляют также гравитационными методами на основе разницы в плотностях сильвина и галита ( $KCl—1,98$ ,  $NaCl—2,14$  г/см<sup>3</sup>).

Большой процент успеха при обогащении калийной руды зависит от подготовительных процессов, таких как дробление и измельчение. Так, например, руда после крупного измельчения из-за неполного раскрытия зерен дает низкое содержание полезного компонента в концентрате. В свою очередь, мелкодробленую руду эффективно обогатить могут не все гравитационные аппараты, например, статические сепараторы предназначены для обогащения руды крупного дробления.

В связи с этим предложено разделение минералов на основе центробежного ускорения в гидроциклонах, что дает возможность обогащения сильвинитовых руд сравнительно мелкого дробления и при значительном эффекте разделения. Пульпу, приготовленную из измельченного сырого сильвинита и тяжелой магнетитовой суспензии, пропускают через гидроциклон, в котором более тяжелый галит отбрасывается к периферии и выгружается из нижней конической части, а сильвин концентрируется ближе к центральной части и выводится через верхний слив гидроциклона.

На первой фазе разделения получают концентрат и промежуточный продукт, который подвергают повторной сепарации с выдачей хвостов, содержащих минимальное количество сильвина. Верхний продукт, образующийся при повторной сепарации, может быть переработан флотационным методом или другими способами, например, электрическим. Концентрат и хвосты направляют на обезвоживание на грохоты, где отделяется основная часть тяжелой суспензии, возвращаемой в цикл.

Предложенный метод позволяет строить перерабатывающие фабрики без необходимости сооружения дорогостоящих ТЭЦ, поскольку все технологические операции протекают без нагрева, резко снижается коррозия аппаратуры и улучшаются условия труда. Хлористый калий, получаемый таким образом, меньше слеживается и лучше рассеивается, чем получаемый путем растворения и кристаллизации. Отсюда следует сделать вывод, что гравитационный метод обогащения руды является одним из перспективных методов обогащения.



## **Проблемы координатного обеспечения горнодобывающих предприятий**

Кузьмич В.А.

Белорусский национальный технический университет

Геодезической основой маркшейдерских сетей являются пункты государственной геодезической сети (ГГС); также могут быть пункты опорных геодезических сетей в местных системах координат с определенными для них параметрами перехода. Здесь возникает ряд проблем по установлению связей этих систем координат. При этом не всегда известны параметры связи. Игрет свою роль и неточность ГГС, так как она создавалась еще на территории СССР в системе координат СК-42 – блоками. Кроме того, пункты опорного маркшейдерского обоснования претерпевают значительные по величине изменения пространственных координат в связи с процессами деформирования земной коры, в результате чего требуется регулярный мониторинг их положения и проверка геометрических связей между ними.

В настоящее время в маркшейдерско-геодезической практике широко применяется высокоточная спутниковая аппаратура, а также оптико-электронные приборы. Имеется большой арсенал программного обеспечения, позволяющего обрабатывать результаты измерений. При математической обработке появились возможности выявления недостатков местных и условных систем координат. Создание опорного маркшейдерского обоснования и контроль его геометрических элементов может проводиться при меньших затратах времени и труда. Комплексы спутниковой геодезии позволяют успешно развивать опорное обоснование с привязкой опорных маркшейдерских сетей непосредственно к пунктам ГГС, находящихся на значительном удалении. Тем не менее, остается проблема выбора исходных пунктов ГГС для развития опорного маркшейдерского обоснования, связанная с масштабной деформацией земной коры от добычи полезного ископаемого. И, главное, работа со спутниковой аппаратурой возможна при решении маркшейдерско-геодезических задач на поверхности, а выполнение основной задачи маркшейдерской службы при ведении подземных горных работ (а именно передачи плановых координат и высотной отметки в подземные горные выработки, главным критерием которой является точность) остается закрытой для спутниковых систем. То есть остается невыясненным вопрос о выборе такой системы координат, которая наилучшим способом давала бы пространственное описание горных выработок.

Автор выражает благодарность профессору, д.т.н. В.П. Подшивалову за

помощь в написании работы.

УДК 528.14

## **Анализ методов установления параметров систем координат**

Кузьмич В.А.,

Белорусский национальный технический университет

Для обеспечения всех видов съемки на горном предприятии создается опорное маркшейдерское обоснование. Как правило, применяется условная система координат. Проблема состоит в выборе этой системы координат, а затем в установлении связи ее с системой координат, в которой вычислены опорные пункты.

Переход из одной системы в другую осуществляется с использованием параметров перехода – ключей (формулы и правила, по которым координаты точек одной системы можно получать в другой системе). На сегодняшний день существует проблема поиска ключей: либо они под грифом «секретно», либо ими обладают фирмы, которые также не спешат отдать их любому желающему. Также известно много случаев, когда система координат не имеет математического обоснования. Существуют и внесистемные координаты, когда пренебрегается искривлением Земли.

В данной работе предлагается преобразование систем координат методом наименьших квадратов, то есть преобразование координат из условной в математически обоснованную систему с возможностью их уточнения методами математической статистики (В.П. Подшивалов, 2010). Зависимость между координатами точек систем устанавливается с помощью формул аналитической геометрии. Учитывается масштаб преобразования. Из-за того, что координаты в условной системе содержат ошибки измерений, в начале получаются приближенные значения параметров преобразования. Для выяснения вероятнейших значений параметров используется принцип наименьших квадратов искомых поправок к измеренным величинам. Далее вычисляются поправки в координаты условной системы для их преобразования в математически обоснованную. Точность преобразованных координат и параметров преобразования оценивается с помощью средних квадратических ошибок. Затем сравниваются их полученные значения с требуемой точностью преобразования систем координат и устанавливается необходимое число связующих точек.

Метод наименьших квадратов прекрасно подходит для оценки параметров преобразования координат на плоскости, легок в применении, не требует сложных математических путей решения, поддается написанию компьютерной программы.

Автор благодарит за помощь профессора, д.т.н. В.П. Подшивалова.

## Перспективные системы добычи торфа для мелкомасштабных торфяных предприятий

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Основным способом использования торфа в сельском хозяйстве является его компостирование с целью получения высокопитательных органических удобрений. Добыча торфа для этих целей осуществляется, как правило, на небольших по площади участках. При выборе системы добычи торфа при мелкомасштабном производстве необходимо стремиться к обеспечению высокого качества работы при минимальных затратах средств и труда на единицу работы. Это возможно путем замены систем добычи с использованием однооперационных агрегатов на универсально-комбинированные, что позволит сократить количество машин и снизить капиталовложения в 1,5-2 раза.

При мелком масштабе производства на небольших (менее 500 га) торфяных месторождениях для приготовления удобрений рекомендуется применять простые системы добычи, основанные на сборе высушенной торфяной крошки в штабели бульдозерами и скрепер-бульдозерами.

На сегодняшний день рынок торфяного оборудования представлен продукцией ОАО «Амкодор» в виде высокопроизводительных специализированных машин для выполнения операций добычи фрезерного торфа. Их применение оправдано только в крупных торфодобывающих предприятиях. Между тем, колесный фронтальный погрузчик «Амкодор 342Р-01», который является единственной машиной для погрузки торфа при отсутствии погрузочных кранов, может быть использован для штабелирования торфа.

Мы поставили целью оценить возможность организации добычи торфа, включающей проведение не только операции штабелирования, но и операции уборки, с использованием погрузчика. Расчеты выполнены для условий добычи торфа на залежи верхового типа R=30% с естественной влажностью  $w_e=88\%$  и пнистостью  $n=0,8\%$ , расположенной в Витебской области.

Анализ результатов расчетов показал, что при глубине фрезерования 30 мм возможна организация уборки торфа в три штабеля, расположенных на одной карте: два – возле валовых каналов и третий – в центре карты. Такую глубину обработки залежи может осуществить дисковый луцильник ЛДГ-5 или ЛДГ-10. При этом необходимо уменьшение расстояния между валовыми каналами до 250 м. Коэффициент использования площади карты

составит 0,712 с учетом потерь на подштабельные полосы и полосы вдоль картовых каналов.

УДК 622.331

### **Оценка степени разрушения торфа при его фрезеровании**

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Напряжения, передаваемые горной породе в реальных технологических процессах, во много раз превышают значения прочности. Без этого условия невозможен был бы сам процесс разрушения. Именно поэтому использование показателей прочности для количественной характеристики процесса разрушения лишает его физического смысла и содержания. В этих условиях важным становится не сам факт разрушения, который совершится неизбежно, а то количество энергии, которое надо затратить, чтобы произвести соответствующие разрушения. Поэтому критерий сопротивляемости породы разрушению должен основываться на количественных оценках переданной энергии и результате ее воздействия.

При фрезеровании торфа происходит его разрушение, приводящее к изменению показателей дисперсности. Исходное распределение частиц торфа по размерам имеет, по крайней мере, два максимума на кривых распределения. Один максимум находится, как правило, в области грубодисперсных частиц торфа, а другой – в области размеров частиц с высокой степенью дисперсности. Характерно, что размер частиц, отделяющих грубодисперсную область от высокодисперсной, примерно соответствует наименьшим размерам растительных клеток и максимальным размерам частиц гумуса.

Поскольку кривые распределения охватывают две разнородные области, имеющие каждая свой максимум, выражение степени дисперсности торфа каким-либо одним показателем не представляется возможным. Целесообразно для этого использовать, по крайней мере, два показателя, характеризующие каждый свою область, а также величину, учитывающую количественное соотношение между грубодисперсной и высокодисперсной фракциями торфа. Для этой цели можно использовать следующие показатели: 1) средневзвешенный диаметр частиц грубодисперсной фракции (размерами более 1 мкм); 2) средневзвешенный диаметр высокодисперсной фракции (размерами менее 1 мкм); 3) процентное содержание высокодисперсной фракции в торфе размерами менее 1 мкм. Установлено, что среднее значение второго показателя может быть принято постоянным и равным 0,7 мкм. Сравнивая показатели дисперсности, можно судить об

увеличении содержания высокодисперсной фракции в торфе в результате воздействия различных механизмов, в т.ч. фрезерирующих устройств, и изменении средних размеров растительных остатков.

УДК 622.363.2

### **Устойчивость откосов отвалов, формируемых из обезвоженных шламов**

Кологривко А.А., Богославчик П.М.

Белорусский национальный технический университет

В ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси» разработана новая технология обезвоживания глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий» с использованием полимерных флокулянтов, позволяющая разделить дисперсию глинисто-солевых шламов на жидкую и твердую фазы.

Обезвоженный продукт имеет физико-химические и механические свойства, позволяющие транспортировать его и складировать совместно с галитовыми отходами, что представляется актуальным в решении геоэкологических задач организации хвостового хозяйства калийных предприятий.

В результате исследований выполнены расчеты устойчивости отвалов, формируемых из обезвоженных шламов, а также из обезвоженных шламов (20 %) с галитовыми отходами (80 %). Расчеты выполнены для отвалов на устойчивом основании из песков и супесей.

Выполненный анализ экспериментальных и расчетно-теоретических данных показал, что отвал, формируемый на прочном основании из мелкого песка или супеси только из обезвоженных глинисто-солевых шламов (влажностью 30-40 %), высотой 30 м, должен иметь заложение откоса не менее 1:2,0. При изменении откоса формируемого отвала до 1:1,5 высота такого отвала не должна превышать 10 м. Отвал из обезвоженных глинисто-солевых шламов с заложением откоса 1:1,0 высотой 10 м является неустойчивым. Отвал, формируемый на естественном основании из мелкого песка или супеси из смеси галитовых и шламовых отходов, более устойчив. Так, при высоте отвала не более 10м, заложение откоса отвала может быть 1:1,0. При изменении заложения откоса от 1:1,0 до 1:2,0 высота формируемого отвала может быть 20 м. При заложении откоса 1:2,25 высота отвала может достигать 30 м.

Отметим, что расчеты проводились для влажных шламов и влажной смеси галитовых и шламовых отходов. При высыхании отходов (отвала из отходов) в них образуются вторичные связи, прочность отходов (отвала) повышается, что повышает и устойчивость откоса отвала.

Наиболее рационально складировать в отвал смесь галитовых и шламовых отходов при содержании в смеси шлама 17-20 %. Шлам и галитовые отходы должны поступать в отвал уже перемешанными.

УДК 622.363.2

### **Складирование галитовых отходов способом гидронамыва**

Кологривко А.А.<sup>1</sup>, Богославчик П.М.<sup>1</sup>,

Журавков М.А.<sup>2</sup>, Круподеров А.В.<sup>2</sup>, Коновалов О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

В настоящее время актуальность приобретают задачи, связанные с разработкой новых технологий складирования отходов калийного производства при организации хвостовых хозяйств с целью снижения геозкологической нагрузки в Солигорском промышленном районе. В районе работы рудоуправлений ОАО «Беларуськалий» возможно уменьшение изъятия дополнительных площадей на солеотвалы за счет использования отработанных шламохранилищ в качестве оснований при расширении солеотвалов. Исследованы несколько геомеханических моделей и соответствующие им численные расчетные схемы, на базе которых изучены прочность и устойчивость системы «солеотвал-шламохранилище». Изучение инженерно-геологического состояния опытно-промышленного участка по складированию галитовых отходов на шламохранилище 3-го рудоуправления ОАО «Беларуськалий» и физико-механических характеристик галитовых отходов позволило рекомендовать формирование солеотвала способом гидронамыва из галитовых отходов до проектной отметки +245,00 м. Гидронамыв предполагает процесс рассредоточенного намыва галитовых отходов вместе с рассолом. Изучение технического состояния ранее намытых галитовых отходов во времени показывает незначительную динамику изменения физико-механических свойств техногенных грунтов.

Аналитические, инженерные и модельные исследования устойчивости солеотвала на слабом основании позволяют представить некоторые рекомендации по технологии складирования галитовых отходов способом гидронамыва. Так, по результатам численных экспериментов прослеживается критическая отметка солеотвала +228,00 м. Принимая во внимание время упрочнения галитовых отходов и солеотвальных грунтов, имеет место образование дифференцированных зон с различными инженерно-геологическими свойствами. В этой связи рекомендуется вести намыв до отметки второго этапа намыва, но не ниже отметки +207,25 м. Формирование солеотвала должно вестись послойно с целью обеспечения его общей устойчивости.

После второго этапа намыва необходимо провести дополнительные исследования по состоянию намывного техногенного грунта. При его нарушенном состоянии дальнейший намыв до отметки +245,00 м может представлять собой определенные сложности.

УДК 622.363.2.001.57

### **К вопросу о совершенствовании методики преподавания специальных предметов на основе информационных технологий**

Шпургалов Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Использование информационных инновационных технологий для обучения студентов по специальным предметам позволяет предоставлять им больший объем информации по изучаемому предмету, причем – в более комфортном и наглядном виде. Поэтому представленная в данной работе усовершенствованная (на основе ее практического использования) методика изучения специальных предметов с использованием информационных технологий является решением актуальной научно-методической задачи.

Для усовершенствования вышеназванной методики были разработаны компьютерные модели технологических процессов и горно-геологических характеристик месторождения, изучаемых в рамках специального предмета; разработаны и предоставлены студентам методические указания по выполнению курсовой работы по предмету; внесены корректировки в задания и пояснения по их выполнению по практическим занятиям по предмету; внесены корректировки в организационное, информационное, техническое, программное обеспечение методики, а также в структуру локальной компьютерной сети студенческих учебных мест и рабочего места преподавателя.

Решение вышеперечисленных задач позволило разработать и внедрить в учебный процесс выполнение лабораторных и практических работ по курсу на компьютерных моделях организационно-технологических процессов изучаемых в рамках специального предмета. Представленная усовершенствованная методика позволяет при выполнении курсовой работы автоматизировать расчеты, чертежные работы, разработку текстовой документации. Также реализован алгоритм оптимизации принимаемых решений, обеспечивающих основные технико-экономические показатели курсового проекта. Данный алгоритм представляет собой усовершенствованный метод вариантов, отличающийся от известных подходов тем, что каждый из вариантов проверяется на соответствие формализованной экономико-математической модели, содержащей целевую функцию и ограни-

чения. Из всех вариантов выбирается тот, у которого значение целевой функции имеет экстремальное значение. Возможно использование и многокритериальных экономико-математических моделей.

УДК 622.363.2.001.57

### **Оптимизация параметров технологии обработки участков шахтных полей Старобинского месторождения**

Багинский М., Бокшиц В., Лойко В. Шпургалов Ю.А.  
Белорусский национальный технический университет

Из всех проблем, с которыми сталкивается современная калийная промышленность Беларуси, отметим следующие: необходимость обрабатывать участки шахтных полей с более низким содержанием полезного компонента, повышающиеся требования к природоохранным мероприятиям; рост цен на энергоресурсы и добычное оборудование; конкуренция на мировом рынке калийных удобрений. Все это накладывает жесткие требования на выбор параметров технологии обработки участков шахтных полей Старобинского месторождения. Поэтому оптимизация параметров обработки участков шахтных полей является актуальной научной задачей.

В данной работе разработан алгоритм, который применен для обоснования выбора лучших (квазиоптимальных) параметров обработки участка шахтного поля второго калийного горизонта третьего рудоуправления. Разработанный алгоритм представляет собой усовершенствованный метод вариантов, отличающийся от известных подходов следующим. Изначально, по определенному алгоритму, формируется множество возможных вариантов обработки участка шахтного поля. Затем формализуется экономико-математическая модель оптимизации параметров технологии обрабатываемого участка. На следующем этапе из множества возможных вариантов исключается подмножество вариантов, которые по разным признакам (в том числе и по результатам интуитивного моделирования) не могут быть отнесены к оптимальным. После этого каждый вариант из подмножества оставшихся вариантов, проверяется на соответствие формализованной экономико-математической модели, содержащей целевую функцию и ограничения. Из всех вариантов выбирается тот, у которого значение целевой функции имеет экстремальное значение. Возможно использование и многокритериальных экономико-математических моделей.

Показано, что для определенных участков шахтного поля второго горизонта третьего рудоуправления применение столбовой системы разработки со слоевой выемкой сильвинита (низкие лавы) обеспечивает лучшие технико-экономические показатели, нежели применение столбовой селективной системы с использованием современных селективных комплексов.



## Комплекс машин для производства кускового торфа

Чистый И. Н.<sup>1</sup>, Стасевич В.И.<sup>1</sup>,  
Шпаковский М.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
<sup>2</sup>РУПП «Красное Знамя»

Используемое в настоящее время оборудование и технологии по производству кускового торфа разработаны ведущими НИИ в области торфа в 80-е годы. На сегодняшний день требуется создание нового более производительного оборудования. В соответствии с принятой программой «Торф» на 2008-2010 гг. и на период до 2020 г. планируется увеличение производства кускового торфа практически в 4,5 раза. На кафедре горных работ БНТУ разработана проектная документация комплекта высокопроизводительного оборудования для производства кускового торфа: добывающая машина МТК-1,6, ворошилка ВТК-8,4 и уборочная машина.

Добывающая машина представляет собой многовинтовой пресс с расположением винтов в сообщающихся пресс-камерах, а расположенные в одну линию мундштуки выполнены разъемными с возможностью выstelки куска позади машины на всю ширину. Не меняя кинематическую схему, можно изменить ширину стилки кусков увеличением числа винтов.

Ворошилка ВТК-8,4 осуществляет ворочку кусков протяжкой троса под ними. Трос к поверхности поля прижимается пружинными элементами. Расстояния между ними принимаются равными ширине стилки добывающей машины.

Уборочная машина представляет из себя роторный подборщик. Высушенные куски сдвигаются в валок, подбираются скрепером и захватываются ротором, перекачиваемым по поверхности поля. Ротор выгружает куски на ленточный конвейер, который загружает торф в транспортное средство.

В результате проведенных испытаний на предприятии «Туршовка» в прицепе к тракторам различной мощности (МТЗ-1523, МТЗ-1210) подтверждена возможность производства торфа разработанным комплектом машин. При этом трудозатраты снижаются в 2-3 раза, металлоемкость – в 1,5-2 раза. Испытания также выявили и конструктивные недостатки комплекта машин, которые в настоящее время устраняются. На предприятии «Туршовка» в 2013 г. планируется проведение повторных испытаний комплекта машин.

**Об особенностях обогащения сильвинитовых руд с повышенным содержанием примесей ангидрита**

Миськов Е. М.<sup>1</sup>, Турко М.Р.<sup>1</sup>, Бахмутская Л.В.<sup>1</sup>, Петровская М. Ю.<sup>1</sup>,  
Коробейников С. Е.<sup>1</sup>, Дормешкин О. Б.<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>ОАО «Белгорхимпром», г. Солигорск

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

Перспективы высокого спроса на калийные удобрения побудили многие компании инвестировать средства в проекты по строительству новых и расширению существующих производственных мощностей. Освоение новых месторождений калийного сырья является одним из способов увеличения производственных мощностей.

Практическое значение выполненной в ОАО «Белгорхимпром» научно-исследовательской работы состоит в разработке оптимальной технологической схемы флотационного обогащения калийной руды с повышенным содержанием примесей ангидрита  $\text{CaSO}_4$ , позволяющей получать качественные конкурентоспособные калийные удобрения.

С использованием керновых технологических проб руды проведен комплекс исследований по изучению ее обогатимости: изучен химический (ионный и солевой), а также минеральный состав руды, определены гранулометрические характеристики руды при ее дроблении от -10,0 мм до -0,8 мм; выполнен фракционный анализ руды, на основании результатов которого показано распределение основных составляющих руды солей и нерастворимого остатка по плотностным фракциям, что позволяет прогнозировать ожидаемые технологические показатели при обогащении руды. Исследована флотуруемость сильвина из руды представленных керновых проб [1].

На базе выполненных исследований руды на обогатимость и технологических испытаний, с учетом особенностей руды разработана оригинальная многостадийная технологическая схема обогащения сильвинитовой руды с высоким содержанием ангидрита для получения кондиционного готового концентрата и высокого технологического извлечения  $\text{KCl}$  в концентрат.

Литература:

1. Выполнить комплекс исследований по совершенствованию технологии обогащения руд Гремячинского месторождения в лабораторных условиях с использованием мини пилотной установки: отчет о НИР (заключ.) / ОАО «Белгорхимпром»; рук. темы А. С. Стромский. – Минск, 2010. – 321 с.

**О прогнозной технологической оценке обогатимости руды новых участков Старобинского месторождения**

Журавская А.М., Турко М.Р., Бахмутская Л.В., Миськов Е. М.,  
Белькевич Т.И., Соловьева Л.А.  
ОАО «Белгорхимпром», г. Солигорск

В целях поддержания и развития рудной базы ОАО «Беларуськалий», необходимой для стабильного производства калийных удобрений и удовлетворения потребностей мирового рынка минеральных удобрений, производится изучение сильвинитовой руды новых участков Старобинского месторождения. Из всех предварительно разведанных участков, наибольший интерес представляют Березовский, Нежинский и Дарасинский, как наиболее изученные и уже вскрываемые или готовящиеся к вскрытию в ближайшее время.

Разработка и усовершенствование технологического процесса переработки калийсодержащих руд с достижением высоких качественно-количественных и технико-экономических показателей возможно только на основе получения достоверной информации о перерабатываемом сырье. Для определения прогнозных технологических показателей минерального сырья, необходимо, в свою очередь, изучение способностей сильвина обогащаться, включающее определение раскрытия зерен ценного компонента, а также исследования по флотации и другим процессам обогащения.

Весьма важным моментом является разработка алгоритма прогнозно-технологической оценки и применение комбинированных методов исследования структурно-вещественного состава и определения степени раскрытия сильвина [1].

Результаты экспериментальных исследований по обогатимости руд исследуемых участков, проводимые посредством выделения и анализа продуктов фракционного разделения в тяжелых жидкостях при определении прогнозируемых показателей обогащения сильвинитовых руд новых участков, а также результаты флотоопытов позволяют утверждать о возможности переработки данных руд флотационным способом с получением достаточно высоких технологических показателей [2].

Литература:

1. Митрофанов, С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость / Л.А. Барский, В.Д. Самыгин; под ред. С.И. Митрофанова. – М.: Недра, 1974.– 352 с.
2. Провести исследования и систематизировать данные по обогатимости сильвинитовых руд...: отчет о НИР (заключ.) / ОАО «Белгорхимпром»; рук. темы М. Р. Турко. – Минск, 2011. – 189 с.

**Разработка оптимальных вариантов флотации калийной руды**

Коробейников С.Е.<sup>1</sup>, Турко М.Р.<sup>1</sup>, Журавская А.М.<sup>1</sup>

Грушова Е.И.<sup>2</sup>, Карпенко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Белгорхимпром», г. Солигорск

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

Для извлечения хлорида калия из калийной руды методом флотации используется большое количество различных флотационных реагентов. Как показывает практика, основным реагентом является реагент-собиратель, который представляет собой систему, состоящую из базового компонента – алифатических аминов жирного ряда, и сореагента аполярного типа. В качестве последнего применяют нефтепродукты различного состава [1]. При этом действие аминного реагента собирателя наиболее эффективно интенсифицирует парафиновые углеводороды нормального строения [1].

В процессе переработки нефтяного сырья можно получить продукты, содержащие парафиновые углеводороды различными способами. Эти вещества будут отличаться друг от друга не только содержанием отдельных групп углеводородов, но и их молекулярной массой. В связи с этим представляло интерес исследовать влияние содержания парафиновых углеводородов и их молекулярной массы на собирательные свойства аминов алифатического ряда. Поэтому, в данной работе было исследовано и проанализировано влияние различных факторов на активность аполярных сореагентов в процессе сильвиновой флотации.

Методом газожидкостной хроматографии было исследовано содержание углеводородов парафинового ряда в образцах различных нефтепродуктов – в гаче, петролатуме, жидких парафинах, твердом парафине, гидрогенизированном вакуумном газойле, масляном отеке, полученном при очистке парафинов методом кристаллизации. Полученные данные были сопоставлены с флотационными характеристиками указанных аполярных реагентов.

Рассмотрено также влияние температуры, расхода и условий введения реагента собирателя на результаты сильвиновой флотации. Установлено, что при определенных условиях можно избежать отрицательного влияния повышения температуры на флотацию или более эффективно использовать аполярный компонент реагента собирателя при извлечении хлорида калия из руды.

Литература:

1. Грушова, Е.И. Применение добавок химических соединений для интенсификации процессов экстракции, флотации, адсорбции / Е.И. Грушо-

ва, А.И. Юсевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 182 с.

УДК 622.693.2.004.4

**Возможность применения и способы строительства  
противофильтрационных завес инфузионного типа на карьерах**

Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

Противофильтрационные завесы инфузионного типа – это узкие траншеи, отрытые до водоупорного горизонта и заполненные водонепроницаемым материалом. Наиболее эффективно их применение в условиях невысоких механических свойств разрабатываемых горных пород, небольшой глубины залегания водоупорных горизонтов, выдержанности горизонтов в вертикальном и горизонтальном направлениях, равнинного рельефа поверхности земли.

Анализ области возможного применения завес инфузионного типа на 138 карьерах показал возможность их применения только на 85 объектах (61%). Причинами невозможности применения завес на остальных 53 карьерах явились отсутствие выраженного водоупорного горизонта и преобладание в разрезе скальных пород.

Инфузионные завесы можно сооружать траншейно-щелевым и скважинно-щелевым методами. Первые сооружают серийно выпускаемыми машинами циклического и непрерывного действия: одно- и многоковшовыми экскаваторами, вторые – специальными буровыми станками ударного действия типа УКС и БС, а также вращательного действия типа УРБ и УКС. Вырабатываемая в процессе проходки горная порода складывается у бровки траншеи и, по мере ее сооружения, обратно укладывается в нее с помощью бульдозеров и грейферов. При этом происходит измельчение, а при необходимости и перемешивание вынудой породы с добавлением при необходимости кольматирующих материалов.

При применении станков ударного и вращательного действия противофильтрационные завесы сооружаются путем бурения взаимно пересекающихся скважин, или путем блочной проходки, отчего получили название свайных завес.

По схеме расположения в плане различают линейные и контурные завесы. Линейные обычно применяются на карьерах вытянутой формы в условиях плоскопараллельной фильтрации, а контурные – на относительно круглых карьерах в условиях асимметричной фильтрации.

Расчеты противофильтрационных завес сводятся к определению расхода воды через завесу в карьер, ширины траншеи и фильтрационных свойств заполнителя.

УДК 622. 23.05

## **Экспресс – контроль вещественного состава карналлитового рассола и продуктов его переработки радиометрическим методом**

Бабец М.А.<sup>1</sup>, Куптель Г.А.<sup>1</sup> Ильин В.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>РУП «БелНИГРИ»

В 2008 г. в Республике Беларусь на Любанском участке Старобинского месторождения калийных солей был выполнен опытно–промысловый эксперимент по добыче карналлита ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) подземным растворением через систему взаимодействующих скважин.

В эксперименте непосредственно на промысле без фабричного передела поднятого из камеры выщелачивания оборотного карналлитового рассола получено два, обогащенных магнием и микроэлементами, полезных продукта: калий хлористый кристаллический и высококонцентрированный раствор хлористого магния (продуктный карналлитовый рассол) со средним содержанием  $MgCl_2$ ,  $KCl$  и  $NaCl$  – 20,87; 2,48 и 5,08 % мас.

Оперативный контроль общей минерализации карналлитового рассола осуществлялся по его плотности на промысле. Определение вещественного состава рассола и выделяемой из него смешанной садочной соли велось химико-аналитическими методами в лабораторных условиях. Это снижало оперативность принятия технологических решений по управлению процессом как подземного растворения карналлита в камере выщелачивания, так и обогащение садочной соли под воздействием естественных факторов до полезного продукта – калия хлористого кристаллического.

С целью повышения эффективности управления процессами была выполнена серия полевых и лабораторных экспериментов по оценке перспектив контроля вещественного состава садочных солей, выделяемых из оборотного и продуктного карналлитовых рассолов, методом радиометрии. Метод основан на измерении интенсивности  $\gamma$ - и  $\beta$ - излучения изотопа  $K^{40}$  и используется в калийной промышленности для определения массовой доли хлористого калия в сырой руде и продуктах ее переработки.

В опытах использовался комбинированный прибор типа РКСБ – 4, позволяющий регистрировать  $\beta$ - излучение в требуемом диапазоне энергий.

Результаты выполненных полевых и лабораторных исследований показали, что при соответствующем приборном и методическом оформлении радиометрический метод может стать эффективным инструментом оперативного контроля качества как собственно процесса подземного растворения калийно-магниевых солей, так обогащения и переработки карналлитовых рассолов на полезные продукты в полевых и лабораторных условиях.

**Применение цифровых технологий для моделирования месторождений и подсчета объемов при проектировании горных работ на примере месторождения песков и песчано-гравийных смесей**

Нарыжнова Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире все больше предприятий, занимающихся геологической разведкой и изысканиями, используют в своей работе специальные программные средства и информационные системы. Их использование позволяет значительно ускорить процесс обработки и анализа информации, автоматизировать процессы обработки и интерпретации данных геологической разведки, а также использовать их для моделирования месторождений и выполнения всевозможных расчетов и оценок.

В качестве исходного материала данной работы (выполненной под руководством проф. С.Г. Оника) для геометрического анализа используем топографические план месторождения песков и песчано-гравийных смесей Лусковское с нанесенными изоощностями вскрышных пород и полезного ископаемого и границами карьера.

Триангуляционные поверхности строятся на основании данных всех объектов, входящих в каждую категорию слоев (положений). Далее выполняется операция пересечения их с вертикальными плоскостями и определение контуров фигур, описывающих эти сечения. В дальнейшем решение задачи сводится к подсчету объемов методом поперечных разрезов. При этом формируется пакет отчетной документации (расчетная таблица с показателями расчета площадей и объема по каждому сечению, а также графическое представление каждого разреза в заданном масштабе) и выполняются все необходимые построения.

По полученным данным строим график режима горных работ. Для этого по оси абсцисс графика откладываются этапы горных работ, а по оси ординат – приращения объемов при единичном перемещении рабочей зоны карьера. С помощью графиков режима оценивается возможная по горнотехническим условиям производительность карьера, объемы горнокапитальных работ, производится регулирование текущих коэффициентов вскрыши, составляется календарный график горных работ.

При использовании современных компьютерных технологий (в частности геоинформационных систем) для геометрического анализа можно в несколько раз снизить трудоёмкость горно-геометрического моделирования, усовершенствовать методику создания горно-геометрической модели месторождения, повысить точность, надежность и достоверность оценки запасов полезных ископаемых.

## **Оперативный анализ и прогноз устойчивости откосов уступов и бортов карьеров**

Семенова М.В., Ганцовский Е.И.

Белорусский национальный технический университет

При добыче рудного и нерудного сырья возникает необходимость в решении вопроса выбора рациональной конструкции бортов карьеров, отвалов и склонов. Степень их устойчивости характеризует безопасность работ, предельные углы наклона бортов и тесно связана с технологией обработки месторождений. Необходимость оперативной оценки устойчивости является на сегодняшний день актуальной проблемой.

На современном рынке программ в сфере геомеханики и геоинформационных технологий лидером признана программа GeoStudio. Широкий диапазон возможных ситуаций, которые позволяет моделировать и анализировать GeoStudio, практически не ограничены, что дает возможность реализовать творческий потенциал исследователя.

С помощью программного модуля GeoStudio – GeoSlope, было проведено исследование влияния высоты высачивания воды обводненного уступа на коэффициент устойчивости для условий карьера «Коммунары Западные» месторождения цементного сырья «Коммунарское». Получен график зависимости коэффициента устойчивости от влияния высоты высачивания воды обводненного уступа. С увеличением высоты высачивания воды коэффициент устойчивости до определенного значения снижается, а затем увеличивается. Это означает, что при больших значениях высоты высачивания подземных вод, вода действует как пригрузка. Область на графике, где коэффициент устойчивости меньше единицы обозначен, как «Опасная зона». В пределах этой области находятся значения угла и высоты уступа, соотношение которых дает коэффициент устойчивости меньше единицы, что небезопасно.

Также были исследованы величины допустимых углов откосов для карьера «Высокое» в зависимости от категории пород по трещиноватости, т.е. во внимание принимался коэффициент структурного ослабления.

Следует отметить, что расчет производился по методу плоского откоса, предложенному профессором Г.Л. Фисенко и результаты расчетов были подтверждены программой GeoSlope.

Таким образом, геоинформационные технологии и компьютерное моделирование способствует оптимизации геометрических параметров горных выработок, а также позволяет ускорить процесс определения наиболее подходящей рациональной конструкции борта карьера.

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



## **Совершенствование приборного обеспечения для полевого контроля технологических параметров буровых промывочных жидкостей**

Бабец М.А., Богдан П.И.

Белорусский национальный технический университет

Контроль технологических параметров буровых промывочных жидкостей (БПЖ) международными буровыми операторами осуществляется, как правило, по стандартам Американского нефтяного института (АНИ) с использованием приборного обеспечения, которое выпускается специализированными международными компаниями (OFITE, Varoid и т.д.). На скважинах геологоразведочного бурения, бурения на воду, инженерно-геологического и инженерного бурения, используются приборы стандарта бывшего СССР, покупаемые в России. В Государственном предприятии «Белорусский геологоразведочный институт» в рамках выполняемых НИР и договора о творческом сотрудничестве с БНТУ с привлечением кафедры горных работ, разработаны методики «конвертации» замеров технологических параметров БПЖ на советских приборах, в стандарты АНИ. Методики базируются на известных, научно обоснованных закономерностях поведения БПЖ и изменения их технологических параметров в зависимости от физических условий. Разработаны:

- методика пересчета параметра условной вязкости БПЖ, замеряемого на полевом стандартном вискозиметре СПВ-5, (ВБР), применяемом на территории СНГ, в стандарт АНИ (по воронке Марша), реализована в опытных образцах конструкция универсального полевого вискозиметра для замера параметра условной вязкости в единицах СПВ-5 и по Маршу (АНИ);
- методика замера на СПВ-5 коэффициента тиксотропии БПЖ, ранее замерявшегося только приборами ротационного типа (СНС-2), имеющих ограниченное применение в полевых условиях из-за их стоимости (импорт) и необходимости специального рабочего места для лаборанта;
- прибор для замера плотности БПЖ рычажного типа, адаптированный к условиям бурения геологоразведочных и «водных» скважин в РБ.

Усовершенствована конструкция прибора ВМ-6 для замера водоотдачи БПЖ при давлениях 0,25 атм., 1,0 атм., (стандартное для ВМ-6), и 1,9-2,0 атм. с экстраполяцией результатов замера водоотдачи на стандарт АНИ (7 атм.). Модификация прибора ВМ-6 позволяет уйти от необходимости использования источников (баллонных) газа высокого давления.

Разработанные модификации приборов обеспечивают возможность для расширения диапазона измеряемых технологических параметров БПЖ, что позволяет их характеризовать как открытое для инноваций приборное обеспечение полевого технологического контроля БПЖ.

**Новые подходы в обучении бурового персонала с помощью компьютерной системы моделирования АМТ-221**

Матвеевко Д.С., Климович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Бурение является трудоемким процессом, производимым на удаленном расстоянии, т.е. дистанционно. В связи с этим специалисты, находящиеся на буровой установке должны принимать решения того или иного рода по показаниям приборов, свидетельствующих о процессах, происходящих в скважине. Поэтому для обучения бурового персонала необходимо использовать имитирующее оборудование, которое поможет выработать у них определенные навыки.

Тренажер – имитатор бурения АМТ-221 является современным и эффективным средством для подготовки квалифицированных буровых кадров предприятий нефтегазодобычи. Он предназначен для обучения буровых бригад, персонала противofонтанных частей и студентов буровых специальностей. Тренажер позволяет раскрыть обучаемым механизмы взаимодействия долота, инструмента и бурового раствора со скважиной; дает возможность обучаемым увидеть (на экране монитора) скрытые от прямого наблюдения процессы, происходящие в скважине; наблюдать возникновение и развитие осложнений и аварийных ситуаций; приобрести и усовершенствовать практические навыки выполнения, контроля и оптимизации основных технологических процессов, распознавания и предотвращения осложнений и аварийных ситуаций, ликвидации нефтегазопроявлений и выбросов.

В ходе проделанной работы нами была создана компьютерная модель скважины, по существующему проекту скважины № 299 Речицкого нефтяного месторождения, для изучения возможности осуществления данного проекта на тренажере-имитаторе АМТ-221. Были заложены необходимые данные в компьютер тренажера-имитатора с основными техническими характеристиками этого оборудования, был задан схематично геологический разрез скважины; выбран, согласно проекту необходимый режим бурения; задана необходимая плотность раствора и подобран буровой инструмент. На примере достаточно продолжительных участков скважины опробована данная модель. В ходе работы не возникало никаких критических нарушений в работе скважины. Таким образом, можно сделать вывод, что данный тренажер отлично подходит для выполнения проектов по сооружению скважин с целью обучения бурового персонала, а также позволяет оценивать достоверность проектных данных в ходе работы.

## Прогнозирование устойчивости обводненных уступов бортов и склонов

Ганцовский Е.И, Семенова М.В.

Белорусский национальный технический университет

Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом в сложных геологических условиях зачастую сопровождаются мощными оползнями нерабочих бортов карьеров, отвалов вскрыши и горных склонов, которые влекут за собой простои в работе карьеров, поломки оборудования, разрушение близко расположенных зданий и сооружений.

Характерной особенностью для карьеров Республики Беларусь является вскрытие водоносных горизонтов, для которых карьер представляет собой водопонижающее сооружение.

Для выполнения исследований (под руководством проф. С.Г. Оника) применен программный комплекс GeoStudio. Программа вычисляет коэффициент запаса устойчивости и строит критическую поверхность скольжения.

Оценка устойчивости откосов в сложных геологических условиях выполнялась для месторождения цементного сырья «Коммунарское».

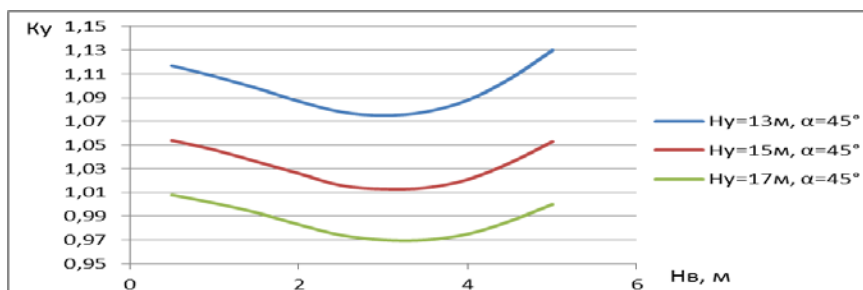


Рисунок 1 - График зависимости коэффициента устойчивости от влияния высоты высачивания воды обводненного уступа

Из результатов вычислительных экспериментов видно, что при малых значениях высоты высачивания подземных вод, высачивающихся в бортах карьеров, действует как пригрузка, т.е. происходит смещение в сторону увеличения сил удерживающих призму возможного обрушения (Рисунок 1). Таким образом, были определены наиболее рациональные интервалы параметров уступа для заданных условий, т.е. исходя из технико-экономических требований конкретного месторождения можно выбрать наиболее подходящие параметры уступов, которые будут удовлетворять требованиям безопасности.





**Инновационные  
технологии в геодезии  
и картографии**

## **Кафедре инженерной геодезии БНТУ 80 лет**

Подшивалов В.П., Нестеренок М.С.

Белорусский национальный технический университет

Исполняется 80 лет с начала преподавания инженерной геодезии в БНТУ, относящегося ко времени учреждения Белорусского политехнического института (БПИ, 1933 г.).

Кафедра инженерной геодезии создана в 1945 году и по 1969 год она развивалась в учебно-методическом, научном и техническом отношении под руководством М. В. Дорошевича, Заслуженного деятеля науки и техники БССР, профессора, ректора БПИ, министра высшего образования БССР. На кафедре работал академик АН БССР, доктор технических наук, профессор В. В. Попов, автор работ, не потерявших научно-практического значения в геодезии и в настоящее время.

Студенты строительных и горно-механической специальностей проходят на кафедре теоретическую и практическую подготовку по топографо-геодезическим изысканиям для проектирования инженерных сооружений, выносу в натуру их проекта, обеспечению геометрической точности строительства, производству исполнительных съемок.

В 2010 г на кафедре начата подготовка студентов по специальности «Геодезия», востребованной в ряде отраслей народного хозяйства. Учебники, учебные пособия, методические издания, обновленные с учетом последних инновационных технологий в геодезии, публикуются типографским способом, а также в электронном варианте. Студенты привлекаются к научно-исследовательской работе сначала на младших курсах через тематику УИРС, затем отдельные из них на старших курсах посредством выполнения конкретных заданий по темам НИР.

Научная работа кафедры выполняется по двум направлениям:

1) развитие теории и практики геодезического обеспечения геометрической точности строительства и методов измерения смещений и деформаций инженерных сооружений;

2) исследования естественных и техногенных деформаций земной поверхности и их последствий для территории Республики Беларусь.

При выполнении госбюджетных и хоздоговорных НИР используются современные геодезические приборы, обеспечивающие инновационное развитие геодезических технологий.

**Современные возможности комплексного  
использования материалов инженерных изысканий**

Подшивалов В.П.

Белорусский национальный технический университет;

Изыскания определяют как комплексное изучение природных и технико-экономических условий местности для получения исходных данных, необходимых для принятия технически обоснованных, экологически безопасных и экономически целесообразных решений при проектировании и строительстве. Комплексное изучение возможных мест будущего строительства проводится на определенный момент как с использованием имеющихся материалов, так и путем проведения дополнительных натуральных измерений и исследований в составе различных видов изысканий.

Как известно, инженерные изыскания проводят последовательно как на стадии технико-экономического обоснования проектирования различных объектов и сооружений (предпроект), так и на стадии разработки технического проекта и рабочих чертежей. Материалы комплексных инженерных изысканий в значительной мере влияют на качество предпроектных и проектных работ. Полнота и комплексность изысканий дает значительный технико-экономический эффект как в привязке к реальным условиям типовых проектов, так и при индивидуальном проектировании.

В настоящее время имеются новые возможности формирования баз данных инженерных изысканий с применением:

- автономных спутниковых систем позиционирования для создания геодезической основы;
- электронных тахеометров с программным обеспечением, реализующим метод свободной станции для производства топосъемок;
- современных методов формирования локальных систем координат на основе теории наилучших проекций (в соответствии с критерием Чебышева-Граве), обеспечивающих минимально возможные искажения;
- материалов дистанционного зондирования земной поверхности из космоса в сочетании с наземными цифровыми сканерами, которые могут быть использованы для создания трехмерных цифровых моделей;
- систем электронной связи с возможностями формирования, обработки и передачи информации о земной поверхности в цифровом виде на электронных носителях, допускающих возможности практического применения цифровых и электронных карт с полной базой данных о топографо-геодезической информации на актуальном уровне.



## Теоретическое обоснование расчета деформационных поправок в высотные координаты монтажных горизонтов высотных зданий

Нестеренок М.С.

Белорусский национальный технический университет

Практически установлено (В. Н. Вексин, 2012), что при строительстве каркасных зданий выше 50 м имеют место значительные собственные вертикальные деформации несущих конструкций. Учесть соответствующие деформации можно поправками в расчетные отметки каждого монтажного горизонта.

Температурная поправка в проектную отметку монтажного горизонта рассчитывается по формуле

$$\Delta_t = \alpha(t_{\text{н}} - t_{\text{п}}) \cdot H,$$

где  $\alpha = 0,00001$  – нормативный коэффициент линейной деформации железобетонной конструкции на  $1^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{н}}$  – средняя температура вертикальных конструкций в процессе измерений;

$t_{\text{п}}$  – проектная температура тех же конструкций;

$H$  – строительная проектная отметка монтажного горизонта.

При этом погрешность измерения разности температур допускается до  $3-4^\circ\text{C}$ .

Поправки за счет упругой вертикальной деформации каркаса от собственной массы и нагрузки в процессе монтажа рассчитываются как мгновенные по формуле  $\Delta_{\text{м}} = (H / E_{\text{жб}} F)(P + Q / 2)$ , где  $E_{\text{жб}}$  – осредненное значение модуля упругости при сжатии железобетонных несущих колонн;  $F$  – площадь поперечного сечения колонн;  $P$  – нагрузка от смонтированных конструкций;  $Q = \gamma_{\text{жб}} FH$  – собственная масса смонтированных колонн;  $\gamma_{\text{жб}}$  – удельная масса железобетонных колонн. Величина такой поправки составляет около  $+(18-20)$  мм на 100 м высоты.

Расчет поправки на усадку бетона должен производиться с учетом времени протекания процесса усадки и снижения влажности бетона. При 5% армировании относительную линейную усадочную деформацию железобетонных колонн можно оценить по формуле:

$$\beta_{\text{жб}} = \beta_{\text{б}} [(E_{\text{б}} \cdot 0,95) - (E_{\text{ст}} \cdot 0,05)] / E_{\text{б}}.$$

Соответствующая оценка линейного усадочного вертикального перемещения на строительной отметке  $H$  в период строительства равна  $\Delta_{\text{у}} = \beta_{\text{жб, вр}} \cdot H \approx 0,0001H$ . Погрешность приближенной оценки значения  $\Delta_{\text{у}}$  может достигать 20-30% или около 3 мм на 100 м высоты.

**Презентация книги "Геодезическая дуга Струве:  
путь к всемирному признанию"**

Мкртычян В.В.

Белорусский национальный технический университет

Книга посвящена многовековому изучению человечеством планеты Земля от древности до наших дней. Показаны исторические этапы развития геодезии. Излагается суть значимых градусных измерений. История этих измерений полна драматических и даже трагических событий. Приводятся подробные сведения о Русско-Скандинавском градусном измерении меридиана, названного позже Геодезической дугой Струве. Герои книги – выдающиеся ученые, астрономы, геодезисты, географы, которые стояли у истоков поистине грандиозного дела, признанного как памятник общечеловеческой культурной и научной ценности, включенного в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО.

Издание книги (издательство «Логвинов», 2013 год) стало возможным благодаря поддержке Шведского агентства международного развития и сотрудничества (SIDA). Особенностью книги является то, что она написана в научно-популярной форме и рассчитана на широкий круг читателей, зачастую далеких от геодезии.

Дана достаточно полная информация о жизни и деятельности Василия Яковлевича Струве. Даны сведения о потомках Струве. Даны биографические сведения о Карле Ивановиче Теннере. Специальная глава посвящена жизни выдающегося белорусского геодезиста И.И. Ходзько.

В одной из глав дано обоснование включения Геодезической дуги Струве в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО.

В приложении дано много фотографий, рисунков и чертежей, которые будут понятны простому читателю.

Особо отмечаются большие поисково-исследовательские работы белорусских геодезистов, которые внесли неоспоримый вклад в дело всемирного признания Геодезической дуги Струве.

Вызывает интерес фрагмент книги, посвященный поиску могилы И.И. Ходзько и предложению автора установить ему памятник на его родине в Кривичах. Это первый поистине выдающийся белорусский геодезист.

Книга предназначена для широкого круга читателей. Она будет полезна студентам вузов, средних специальных учебных заведений, аспирантам, преподавателям, а также людям, интересующимся геодезией, астрономией, картографией, географией и другими науками о Земле.

Главный смысл книги – помнить про наш долг, долг памяти перед ушедшими достойными, честно выполнившими свой долг, известными и неизвестными геодезистами, астрономами, топографами.

**Экспериментальный спутниковый мониторинг геодинамических процессов в Солигорском горнопромышленном районе**

Михайлов В.И., Кононович С.И., Чиберкус Ю.Н., Терешина О.Ю.  
Белорусский национальный технический университет,  
ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»

Одним из основных способов изучения геодинамических процессов могут быть натурные измерения реперов наблюдательных станций, объединенных в сеть. С этой целью в районе Краснослободского разлома создана сеть, состоящая из 4-х реперов. Измерения на них проводятся два раза в год двухсистемными GPS-приемниками серии Leica GPS 1200.

GPS-наблюдения выполнялись сетевым методом в режиме «Статика». Угол возвышения спутников, с которых принимались сигналы (угол засечки), устанавливался равным 10 – 15 градусам. Программа каждой из серии наблюдений состояла из нескольких сдвоенных равных по времени сеансов наблюдений, каждый из которых продолжался не менее трех часов. Между сеансами осуществлялась повторная установка и центрирование антенны.

После вычисления WGS 84-координат реперов, уравнивание выполнялось модуле Adjustment программного обеспечения Leica Geosystems, использовались стандартные параметры для оценки наличия грубых ошибок в наблюдениях.

На основании выполненных GPS-измерений в 2008-2010 годах было установлено, что смещения четырех реперов составляют от 2 до 2.9 мм, а максимальное изменение их высот не превышало 2.9 мм. Наблюдаемые смещения реперов могут быть обусловлены как некоторой геодинамической активностью в районе разлома, так и различающимися неконтролируемыми условиями съемки. Аргументы в пользу объяснения той или другой причины смещений могут дать дополнительные систематические наблюдения с созданием новых пунктов геодезической сети и привлечением современных методов обработки экспериментальных данных.

Ретроспективный анализ GPS-наблюдений на стационарных пунктах геодинамической сети в выбранной зоне тектонического разлома Краснослободского рудника показал достаточную сходимость наблюдений и подтвердил возможность оперативной оценки местоположения пунктов геодинамической сети на миллиметровом уровне точности. Дисперсии измеренных координат геодинамических реперов значительно меньше паспортных точностных характеристик используемых GPS-систем и носят, по предварительным данным, случайный характер.

## **Создание живописной 3D-карты совмещением ручного и компьютерного дизайна**

Атоян Л.В., Атоян Р.В.

Белорусский национальный технический университет

Научность и актуальность рассматриваемой темы состоит в синтезе художественных и технических аспектов создания наглядной трехмерной карты-панорамы. Изображения могут быть различными: рельефные карты-панорамы значительных территорий, городских или сельских ландшафтов, 3D-изображения отдельных памятников архитектуры.

Разработка современных 3D-карт основана на изучении средневекового опыта создания карт-панорам, выполненных по принципу художественной живописи. Они были самыми точными и наглядными изображениями того времени. Ручным способом панорамные карты создавались до конца XX века. До настоящего времени постоянно ведутся поиски путей автоматизации процесса создания трехмерной карты.

Существуют методики и технологии автоматизированного выполнения оригиналов рельефа, городских кварталов и отдельных сооружений в программах растровой и векторной графики (Adobe Photoshop, CorelDraw, 3ds max). Изображения строятся в компьютере с применением графического планшета на «чистом» экране или же по сканированному эскизу, который используется в качестве подложки. Однако созданные рукописные оригиналы более соответствуют требованиям картографического дизайна – выразительности, эстетичности, художественной ценности. Поэтому, как представляется, вышеуказанным требованиям соответствует совмещение технологий ручного и компьютерного дизайна на различных этапах создания 3D-карт.

Совмещенная технология создания трехмерной карты основана на автоматизированном построении штриховых и некоторых фоновых элементов карты, а также формировании подписей на уже созданном вручную и отсканированном живописном оригинале местности с использованием персонального компьютера и программы векторной графики (например, CorelDraw). Формирование изображения в векторном формате осуществляется путем ручной обрисовки линейных и площадных объектов по растровой основе и построения внемасштабных условных знаков точечных объектов с помощью инструментария программы.

Составление производится в цветах издания по слоям, на каждом из которых располагается один элемент содержания карты или его часть. Количество слоев в каждом конкретном случае определяется сложностью картографического изображения. Одновременно производятся редактирование, генерализация и корректура изображения.

**Способ привязки к пунктам настенной полигонометрии**

Киричок О.И., Искрицкая А.О.

Белорусский национальный технический университет

Угловая привязка к пунктам настенной полигонометрии линейно-угловых геодезических построений в устоявшейся практике посредством измерения угла между пунктами и расстояния от одного из пунктов до привязываемой точки содержит слабое место, которым является измерение расстояния. В практике прокладки теодолитных ходов кратность линейных измерений соответствует сантиметру, что не всегда позволяет вычислить привязочный угол с приемлемой погрешностью в связи с тем, что расстояния между пунктами настенной полигонометрии не велики.

В предлагаемом способе привязки отсутствуют линейные измерения, а необходимое для вычисления привязочного угла расстояние получают измерения вертикального угла на один из пунктов настенной полигонометрии и отсчета по черной стороне рейки, установленной на тот же пункт полигонометрии, при горизонтальном положении визирной оси. Расстояние, необходимое для решения привязочного треугольника, вычисляют по формуле:

$$d = a \operatorname{ctg} \nu,$$

где  $d$  – определяемое расстояние;

$a$  – отсчет по черной стороне рейки;

$\nu$  – угол наклона на пункт полигонометрии.

Оценка точности определения привязочного расстояния для реальных параметров опыта ( $a=0.5\text{м}$ ,  $\nu=25^\circ$ ,  $m_\nu=0.5'$ ,  $m_a=0.001\text{м}$ ) дает результат  $m_d=0.003\text{м}$ , что практически для любой геометрии привязки обеспечивает достаточную точность определения привязочного горизонтального угла.

В качестве рекомендаций при практическом использовании предлагаемого способа следует учитывать, что

- в выборе схемы привязки следует отдавать предпочтение треугольникам с расположением привязочной точки вблизи створа пунктов настенной полигонометрии;

- погрешности определения привязочных расстояний обратно пропорциональны величинам вертикальных углов, следовательно, для повышения точности привязки целесообразно предпочтение отдавать высокой установке прибора на привязочной точке;

- тот же результат может быть достигнут уменьшением привязочного расстояния;

- как для контроля, так и для повышения точности привязки путем уравнивания, следует комплекс измерительных действий выполнить на оба пункта настенной полигонометрии.

## Анализ методов определения аномалий высот по результатам спутниковых наблюдений

Боровкова А.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время, в связи с развитием космических систем глобального позиционирования и совершенствованием портативной приемной аппаратуры, способ определения высот геоида как разностей геодезической и нормальной высот по результатам спутниковых наблюдений является наиболее актуальным. Он позволяет достигать сантиметровой точности при меньшем объеме исходной информации, чем в случае использования гравиметрического метода.

Аномалию высоты можно получить по спутниковым определениям, астрономо-геодезическим измерениям и гравиметрическим данным.

Все перечисленные способы нахождения аномалии высоты имеют недостатки при практическом применении.

По спутниковым данным определяется аномалия высоты над общим земным эллипсоидом как разность геодезической и нормальной высот:

$$\zeta = H - H^l.$$

В формуле все величины можно определить независимо друг от друга по измерениям на поверхности Земли: геодезическую высоту находят по спутниковым наблюдениям, нормальную – из геометрического нивелирования и наблюдений силы тяжести, аномалию высоты – по гравиметрическим данным.

Спутниковые измерения позволяют найти аномалию высоты только в тех точках, где известны нормальные высоты. Следовательно, аномалию высоты можно найти только на пунктах нивелирной сети, являющихся одновременно пунктами спутниковых определений. Для всех остальных пунктов астрономо-геодезические аномалии высот нужно определять интерполированием.

Интерполирование выполняется методом косвенной интерполяции, аналогично методу косвенной интерполяции уклонений отвеса. Плавную составляющую аномалии высоты  $\Delta\zeta$  ( $\Delta\zeta = \zeta - \zeta^\Sigma$ , где  $\zeta$  – астрономо-геодезическая,  $\zeta^\Sigma$  – местная гравиметрическая аномалии высот) линейно интерполируют между пунктами с известными значениями аномалии высоты и затем добавляют к местной гравиметрической аномалии высот.

Если расстояние между пунктами с известными астрономо-геодезическими аномалиями высоты составляет 20 км, то возможно их интерполирование с ошибкой меньше 1 см, если при вычислении гравиметрических аномалий высот учтена область радиуса 1000 км.

## **Растровые методы повышения точности обработки фотограмметрических изображений**

Мархвида В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Фотограмметрические изображения обычно обрабатываются путём их непосредственного измерения на фотограмметрических приборах, которые основаны в основном на законах геометрической оптики и не могут существенно повысить точность измерений.

Волновая оптика позволяет повысить точность измерений за счёт перехода от дискретных структур к статистическим, т.е. от единичной марки к растру, представляющему собой систему мелких пятен определённого размера; он является оптической решёткой для структурного преобразования направленного пучка лучей света. Геометрия расположения пятен определяет назначение раstra- измерительный или эталонный.

С целью упрощения процесса изготовления и крепления растров на объекте предлагается оба раstra измерительный и эталонный совместить и изготавливать на одном носителе. Съёмка объекта с совмещённым растром выполняется двойным экспонированием неподвижной камерой на один и тот же фотоматериал. В результате съёмки исследуемого объекта на фотографии образуются смещённые относительно друг друга структуры пятен как измерительного, так и эталонного растров, связь между которыми анализируется при помощи когерентной системы оптической обработки информации. В результате на одном и том же экране изобразятся две картины интерференционных полос: одна от измерительного, вторая от эталонного растров. Первая представлена широкими полосами, вторая – увеличенное изображение периодической спекл-структуры с известным периодом, дающим при восстановлении узкие, высококонтрастные интерференционные полосы, характерные для многолучевой интерферометрии. Смещение объекта определяется по измеренному периоду и направлению интерференционных полос от изображения измерительного и эталонного растров.

Таким образом не требуется определение масштаба фотографии и расстояния от фотографии, до экрана, следовательно повышается точность измерения смещений объекта, т.к. величина периода регулярного раstra известна заранее с достаточной точностью, а точность измерения узких полос на порядок выше, чем широких, что позволяет производить измерения любых по величине объектов с больших отстояний при сохранении относительной точности измерения смещений.

УДК 528.063

## **Анализ деформации пунктов подземной полигонометрии в ходе бестраншейной прокладки тоннелей методом микротоннелирования**

Мысливчик Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь активно развивается строительство тоннелей с внедрением бестраншейной прокладки методом микротоннелирования.

Одной из особенностей геодезическо-маркшейдерского обеспечения бестраншейной прокладки тоннелей данным методом является невозможность закреплять пункты подземных геодезических сетей классическим способом, то есть на тубингах колец и в основании котлована, поскольку котлованы имеют чаще округлую форму с диаметром порядка 10 метров. Таким образом, знаки подземной полигонометрии приходится закреплять на поясах котлованов в процессе разработки грунта. Глубина котлована достигает порядка 20-28 метров; знаки размещают соответственно на глубине 15-20 метров.

В процессе прокладки тоннеля данным методом домкраты упираются непосредственно в стенки котлована, что является одним из факторов смещения геодезических знаков.

Длина тоннеля достигает порядка 800 метров. Маркшейдерский контроль, согласно рекомендации поставщиков оборудования, необходимо проводить каждые 30-40 метров на прямом участке пути, и каждые 20-30 метров на кривой.

На основании собранных материалов замечено, что ошибка в определении планового положения одного из пунктов на 2 мм при длине тоннеля 800 метров дают погрешность порядка 80 мм. Это весьма существенно, так как диаметр финишного уплотнения в приемном котловане отличается от диаметра проходческой машины всего на 30 мм.

Для выявления деформаций пунктов подземной полигонометрии необходимо выполнить соответствующие геодезические измерения, произвести их обработку по специальным программам, которые позволят после сделать соответствующие выводы и внести поправки в измерения.

Для повышения точности измерения пространственного положения горнопроходческой машины рекомендовано следующее: не реже 100 метров проходки проверять координаты пунктов сети; выполнять инструментальные наблюдения за деформациями котлована; точность определения пунктов заложенных в стартовой камере не должна превышать ошибку измерения координат более чем на 2-3 мм, углов не более 1 минуты; обработка результатов должна вестись на ПК в программах Credo и Auto Cad.



## Разработка способа измерения несмежных горизонтальных углов группами

Матиек С.И.

Белорусский национальный технический университет

Принято считать, что среди большого числа существующих способов измерения горизонтальных углов способ О. Шрейдера является самым надежным, невзирая на ряд присущих ему недостатков.

Для устранения и (или) ослабления их действия, нами разработана новая методика измерения горизонтальных углов во всех комбинациях группами максимального числа несмежных углов полными приемами с соответствующей обработкой и оценкой точности результатов измерений:

1) Количество углов, подлежащих измерению, определяется алгоритмом  $N = n(n - 1)$ , где  $n$  – число направлений на станции;

2) Углы, входящие в программу, определяются выражением  $i.(i + j)$ , где  $i = 1, 2, \dots, n$ , а  $j = 1, 2, \dots, (n - 1)$ ;

3) Количество несмежных углов, входящих в одну группу в программе, при четном  $n$  равно  $n:2$ , а при нечетном –  $(n - 1):2$ ;

4) Количество групп несмежных углов в программе при четном и нечетном  $n$  равны соответственно  $2(n - 1)$  и  $2n$ ;

5) Число перестановок лимба ГК в одном приеме всей программы при четном и нечетном  $n$  будет также равно  $2(n - 1)$  и  $2n$  соответственно;

6) Вес угла, полученного из одного приема (полуприема) в программе равен числу направлений в ней, то есть  $P' = n$ ;

7) Необходимое число приемов в программе для получения угла с заданным весом  $P$  вычисляют по формуле  $m = P:P'$  с округлением до целого числа в сторону увеличения;

8) Оценку точности собственно измерений производят по отклонениям результатов измерений от их средних значений, а оценку точности результатов измерений – по остаточным значениям суммы истинных ошибок каждой пары углов, дополняющих друг друга к  $360^\circ$ ;

9) Предусмотрена отбраковка ассиметричных элементов ряда, ограниченных допуском  $\varepsilon_{\max} \leq (0,5 \div 0,6)m''$ , где  $m''$  – точность заданного геодезического построения;

10) По результатам предыдущего уравнивания производят последующее до получения рядов с нормальным распределением элементов и вычисляют окончательные значения углов на станциях;

11) С увеличением числа уравниваний по результатам предыдущих уравниваний все элементы таких рядов стремятся к окончательным значениям уравниваемых величин.

## Исследование эффективности работы с симуляторами электронных тахеометров

Позняк А.С., Куприенко Н.О., Коляго М.Л.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время появилось много геодезических электронных тахеометров, при помощи которых можно проводить быстрые и точные измерения, и по встроенным программам - вычислительную и графическую обработку. Множество различных функциональных возможностей делает эти приборы универсальными в геодезии, но из-за высокой их стоимости, изучение этих возможностей представляет определенные сложности. Эту проблему можно решить при помощи симуляторов геодезических приборов SimulatorGeoMax, DTM Simulator, Sdr33 pc emulator и других. Например, фирмой Leica Geosystems создана программа TPS 1200 Simulation, которая воспроизводит практически все функциональные возможности тахеометра Leica TPS 1200. Интерфейс симулятора полностью соответствует интерфейсу прибора. В симулятор встроен интерактивный графический дисплей. С его помощью можно представить все этапы полевых работ. Для этого выбираем команду «Менеджер Данных» – «Проекты» – «Новый». Менеджер данных позволяет управлять данными, хранящимися в активном проекте, то есть просматривать их и связанную с ними информацию, редактировать, удалять, фильтровать и создавать новые данные. Есть возможность симуляции настроек автоматизации измерений, в частности имеется система автоматического распознавания цели (отражателя). Для этого нужно зайти в меню «Инструмент» вкладка «Настройки дальномера и АТР». В пункте «Автоматизация» необходимо выбрать «ЗАХВ», а АТР используется для слежения за движущейся призмой и поиска отражателя после потери сигнала. При выносе проектных точек в натуру в диалоговом окне вводим координаты точек (X,Y,H), нажимаем «ЗАП» и на экране появляется список всех точек. В этом же окне на вкладке «Карта» и можно увидеть и графическое представление всех точек проекта.

К некоторым недостаткам в работе симулятора следует отнести отсутствие возможности введения горизонтальных и вертикальных углов, что не позволяет в полной мере использовать некоторые функции, в частности это – «АТК-створы», «GOGO», «Выбор СК», «Дорожник», «Опорная линия», «Опорная плоскость», «Разбивка», «Тах. Ход». Однако использование данного симулятора в процессе обучения целесообразно и поможет на начальном этапе изучения тахеометра лучше понять и разобраться с этим сложным и дорогостоящим прибором.

**Автоматизация вычислительной обработки одиночных полигонометрических ходов**

Позняк А.С., Селезнев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее распространенным методом построения на строительных площадках геодезического разбивочного обоснования являются одиночные полигонометрические хода. Для автоматизации вычислительной обработки их разработана и апробирована программа на алгоритмическом языке Паскаль, позволяющая автоматизировать уравнивание горизонтальных углов, вычислять дирекционные углы, румбы, приращения координат и уравненные координаты пунктов, выполнять оценку точности угловых и линейных измерений. Программа составлена из блоков, для каждого из которых определены начало и конец. Это дает возможность независимой разработки и модернизации отдельных частей программы с последующей увязкой их в одну систему.

Трансляция программы осуществляется в режиме компиляции, в результате чего получается эффективная машинная программа, предусматривающая файловый ввод и редактирование исходных данных и файловый вывод результатов в стандартной ведомости. Алгоритм вычислительной обработки полигонометрических ходов достаточно полно рассмотрен в геодезической литературе и поэтому здесь приведены только основные требования к файловому вводу и исправлению исходных данных. Подготовка исходных данных выполняется в текстовом файле «`px.dat`» посредством исправления и дополнения существующих данных и сохранения их в следующем виде: количество измеренных горизонтальных углов; начальный и конечный дирекционные углы в градусах, минутах, секундах; координаты (X, Y) начального и конечного пунктов; номер пункта, измеренный горизонтальный угол (градусы, минуты и секунды), горизонтальное проложение до следующего пункта в метрах.

Все перечисленные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы «`px.exe`» получают файл «`px.res`» с результатами расчетов, в котором в стандартной ведомости находятся исходные данные, окончательные результаты вычислений уравненных координат пунктов и оценка точности угловых и линейных измерений.

Основное преимущество разработанной программы по сравнению с аналогами в ее доступности и возможности использования ее блоков для автоматизации решения других инженерно-геодезических задач.

**Изучение антропогенной геодинамики горнопромышленных районов, находящихся в экстремальных условиях**

Михайлов В.И., Серченя А.О.

Белорусский национальный технический университет

Антропогенная геодинамика-это трансформации рельефа, связанные с поверхностными перемещениями геологических образований под влиянием как эндогенных (тектонических процессов), так и широкой группы внешних экзодинамических воздействий при участии человека. Решение вопросов антропогенной геодинамики приобретает особую актуальность в значительно освоенных регионах, каким является, например, Солигорский промрайон.

В существующих разработках практически не освещена роль геодинамического фактора в развитии антропогенных процессов, который представлен в данной работе в виде схемы. Она основывается на тесной взаимосвязи и взаимозависимости между природными факторами и эколого-геодинамическими явлениями, вызванными основными видами техногенной деятельности. К наиболее опасным геодинамическим процессам относятся: мульды оседания над горными выработками (до 5 м), подтопление и заболачивание территории, систематическое проявление местных землетрясений (до 50 в год), техногенный соляной карст, осадочные деформации под солеотвалами, ветровая и водная эрозия. Это вызывает или значительно усиливает различные негативные природные процессы, что отражено на схеме.

Для систематического изучения антропогенной геодинамики Солигорского промрайона предлагается модернизированный проект совместного использования картографо-аэрокосмического и геодезического методов с привлечением данных других исследований.

Картографо-аэрокосмический метод состоит из аэрокосмической индикации изучения геологических объектов и явлений посредством ландшафтно-индикационной интерпретации фотоизображений земной поверхности, построение соответствующих карт и их последующей математико-статистической обработкой на ЭВМ.

Геодезического метод направлен на выявление количественных показателей по контролю за состоянием и динамикой солеотвалов, проведение инструментальных наблюдений за местной сейсмичностью, организацию геодезического мониторинга смещений в зонах тектонических разломов, мульды оседания над шахтными выработками и деформаций инженерных сооружений.

**Некоторые вопросы постобработки спутниковых измерений**

Будо А.Ю., Грохольский Д.В.

Белорусский национальный технический университет,  
«Кредо-Диалог»

Массовое внедрение глобальных навигационных спутниковых систем в топографо-геодезическое производство открывает широкие возможности по повышению качества работ, снижению трудозатрат при их производстве. С другой стороны, многие принципы работы спутниковой геодезической аппаратуры и программ постобработки спутниковых наблюдений являются закрытыми коммерческими сведениями их производителей, отчетная документация не соответствует техническим нормативным правовым актам Республики Беларусь, возможности управления процессом обработки ограничены

В этой статье рассмотрена проблематика постобработки спутниковых геодезических измерений, вопросы повышения точности решения и достоверности результатов.

При простоте математической модели дифференциального метода спутниковых геодезических измерений, существует ряд факторов, способных существенно ухудшить решение или сделать его невозможным.

Явление пропуска циклов при срывах слежения спутников относится к таким факторам. Моменты срыва слежения маркируются приемником. Одним из способов учета пропусков циклов является введение новой переменной для фазовой неоднозначности после каждого срыва слежения. Такой способ прост в реализации и надежно исключает возможность неучтенного пропуска. Однако при обработке наблюдений, выполненных в стесненных условиях, например в городе или вблизи деревьев, такой подход ослабит систему уравнений и снизит точность. Поэтому для успешного поиска фактически произошедших пропусков цикла необходимо использовать вспомогательные методы, такие как свободное от геометрии решение, анализ тройных разностей, интерполяция полиномиальными функциями. Последний метод является наиболее перспективным.

С увеличением длины обрабатываемой базовой линии, а так же при увеличении шума при наблюдении в плохих условиях, неучтенные в математической модели факторы оказывают существенное влияние на результаты уравнивания в виде остаточных разностей, поглощенных вычисленными неоднозначностями. В таком случае успешно решить задачу поиска целочисленных значений неоднозначностей помогают специальные математические методы, например, хорошо проработанный LAMBDA – целочисленный декорреляционный МНК.

## Геодезическое обеспечение в условиях интенсивного строительства

Вексин В. Н.  
УП «Геокарт», Минск

Используя опыт геодезического сопровождения строительства высотного здания Бизнес-центра «Парус» по ул.М.Танка в г. Минске выполнен сравнительный анализ двух методов создания и закрепления внутренней плановой разбивочной сети на монтажном горизонте: метода вертикального проектирования (1-й метод) и метода свободной станции (2-й метод).

Далее приведены установленные в результате анализа преимущества и недостатки вышеуказанных методов.

Преимущества 1-го метода:

- а) небольшие организационные и материальные затраты на создание сети;
- б) отсутствие необходимости применения точных и высокоточных тахеометров;
- в) надежность в сохранности пунктов.

Недостатки 1-го метода:

- а) необходимость применения приборов вертикального проектирования (зенит-приборов);
- б) большие временные затраты на перенос пункта на монтажный горизонт;
- в) отсутствие возможности выбора места положения пункта сети на монтажном горизонте.

Преимущества 2-го метода:

- а) отсутствие недостатков метода 1-го;
- б) возможность применения для решения поставленных задач тахеометра в качестве зенит-прибора.

Недостатки 2-го метода: полное отсутствие преимуществ 1-го метода.

Отмечается также, что точностные характеристики обоих методов равноценны, несмотря на то, что в процессе геодезического сопровождения строительства используются принципиально различные по назначению приборы.

На основании проведенного анализа нами сделаны выводы об эффективности применения метода свободной станции при геодезическом сопровождении строительства в условиях интенсивного строительства, а также на объектах повышенной сложности.

## **Создание единой муниципальной геоинформационной системы Мингорисполкома**

Богданов В. И., Кашура В.Н.

Комитет архитектуры и градостроительства Мингорисполкома,  
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время выработано общее представление об электронном правительстве, как о программе трансформации государственного управления. Совет Министров максимально конкретизировал свои планы по развитию электронного правительства в Беларуси постановлением №138 от 10.02.2012г. «О базовых электронных услугах». При современных темпах развития жилищного фонда, инфраструктуры и промышленной зоны г. Минска необходимо принимать различные решения государственного и городского значения. Создание геоинформационной системы Мингорисполкома позволит эффективно принимать решения на любом уровне.

Формирование и ведение фонда материалов инженерных изысканий выполняется по следующим направлениям:

1. Информационная база инженерно-геологического фонда (ИБИГ);
2. Информационная база согласованных проектов (ранее запроектированные сети (РЗС));
3. Информационная база инженерно-геодезического фонда (ИБИГз);
4. Информационная база государственного градостроительного кадастра (ГГК).

В настоящее время ИБИГ представлена планшетами масштаба 1:2000 с геологическими скважинами геологических изысканий.

РЗС представлены в основном копиями на бумажной основе с запроектированными инженерными сетями, зданиями и сооружениями с элементами благоустройства и т.д.

ИБИГз – это топографические планы города в виде планшетов масштаба 1:500 на твердой основе постоянно обновляемые изыскательскими организациями и индивидуальными предпринимателями.

ГГК – дежурный план масштаба 1:500 города в растровом виде – является изменяемым и одновременно производным документом.

В настоящее время остро стоит вопрос о преобразовании имеющейся информационной базы в цифровую форму, что может быть обеспечено как развитием соответствующей инфраструктуры, так и подготовкой квалифицированных специалистов, владеющих знаниями в сфере информационных технологий и современной технологии производства инженерно-геодезических работ.

УДК 528.48

**Опыт проведения инженерно-геодезических изысканий на площадке  
«Атомная электростанция в Республике Беларусь».  
Внеплощадочное газоснабжение**

Кашура В.Н., Орлянская И.Е.  
Белорусский национальный технический университет,  
РУП «Белгипрогаз»

Работы выполнялись отделом инженерных изысканий в соответствии с техническим заданием и графическим приложением на стадии архитектурного проекта. На объекте было задействовано четыре геодезиста для проведения полевых работ и два геодезиста для подготовки исходных данных и постобработки измерений с выдачей материалов для дальнейшего проектирования. Согласно технического задания были выполнены следующие виды работ: съемка трассы газопровода масштаба 1:1000, ширина полосы 50 м., переходы через автодороги масштаба 1:500, площадки 100x100м. с указанием категории автодороги, при пересечении мелиоративных каналов – урез воды и отметка дна канала, при пересечении с ЛЭП – отметка низа провода, напряжение и высот опор.

Весь комплекс инженерно-геодезических изысканий был выполнен за 20 дней (включая четыре выходных дня) благодаря использованию современных методов производства и обработки измерений:

- сбор и систематизация исходных данных с получением разрешения на производство инженерно-геодезических работ (выписка исходных данных, составление картограммы производства работ и т. д.) – 2 дня;
- полевые работы с согласованиями подземных коммуникаций (создание съемочного обоснования, топографическая съемка застроенной территории масштаба 1:500 – 20,0га, топографическая съемка незастроенной территории масштаба 1:500 – 26,2га, топографическая съемка незастроенной территории масштаба 1:1000 – 230,4га) – 7 дней;
- камеральные работы (обработка полевых измерений, создание цифровой модели местности, составление технического отчета об инженерно-геодезических изысканиях) – 7 дней.

Для производства полевых работ были использованы электронные тахеометры «Trimble», обработка измерений производилась в программах CREDO\_DAT 3.0, CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ 1.1. Применение новых информационных технологий и современной технологии производства инженерно-геодезических работ дает неоспоримый экономический эффект по срокам производства работ и в конечном результате по повышению производительности и снижению себестоимости работ.



**Топографо-маркшейдерская съемка трассы нефтепродуктопровода  
с использованием постоянно действующих пунктов**

Мкртычан В.В., Рудницкая Н.И.

Белорусский национальный технический университет,  
РУП «Белаэрокосмогеодезия»

Выполнены следующие виды работ по отдельным процессам:

1. Топографо-маркшейдерская съемка линейной части магистрального нефтепродуктопровода (МНПП) в масштабе М 1:10000 длиной 161 км;
2. Определение планово-высотного положения оси трубопровода в системе координат WGS -84 и Балтийской системе высот.

При производстве работ использовался комплект спутниковой одночастотной GPS системы - ProMark3 фирмы THALES Navigation. Она позволяет определять координаты с точностью 0.012 м + 2,5 мм/км в плане и 0.015 м + 2,5 мм/км по высоте. ProMark3 является мобильной картографической системой, включающей в себя программное обеспечение с функциями сбора ГИС-данных и навигации. Обработка результатов полевых измерений осуществлялась программным обеспечением GNSS Solutions.

Топографо-маркшейдерская съемка трассы нефтепродуктопровода (определение глубины залегания нефтепродуктопровода) выполнялась методом кинематики с базовых станций расположенных по трассе на расстоянии не более 6 км друг от друга.

Определение координат и высот базовых станций выполнялось с постоянно действующих пунктов высокоточной спутниковой государственной геодезической сети Республики Беларусь. Вычисление координат и высот базовых станций выполнено РУП «Белаэрокосмогеодезия».

Полученная точность определения координат и высот объектов МНПП в открытой местности не превышала величин 5-7 см. На закрытых или залесенных участках трассы наблюдалось резкое ухудшение точности до 30-40 см. На указанных участках трассы выполнялась повторная съемка с использованием электронных тахеометров.

Выводы:

1. Использование постоянно действующих пунктов высокоточной спутниковой государственной геодезической сети Республики Беларусь при развитии планово-высотной опоры позволяет значительно повысить эффективность работ.
2. Использование кинематического метода при выполнении топографо-маркшейдерской съемки трассы нефтепродуктопровода оправдано только на открытых участках местности.

**Совершенствование преподавания ГИС-технологий  
на основе использования Open Source программ**

Другаков П.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

В настоящее время в землеустройстве широко используются коммерческие геоинформационные системы (ГИС) разработанные американскими компаниями. Так же имеется достаточно много Open Source ГИС. Прежде всего, необходимо отметить такие системы как gvSIG, uDIG, Quantum GIS (qGIS), SAGA, GRASS. Многие из них работают на различных аппаратно-программных платформах: от мобильных телефонов до серверов.

В учебных заведениях также преимущественно изучаются коммерческие ГИС. Это способствовали разработчики коммерческих ГИС программ, поставляя со своими продуктами соответствующую учебно-методическую базу. Долгое время в учебном процессе широко использовалась настольная ГИС ArcView, которая обладала: простотой интерфейса, основными функциями пространственного анализа, модульностью. Это позволяло быстро освоить базовые принципы работы с ГИС и при необходимости перейти к более сложным системам. Одной из проблем использования коммерческого ПО в учебном процессе является необходимость наличия большого парка ПЭВМ. Сейчас практически каждый студент сейчас имеет собственный ноутбук. Установка коммерческого ПО на личные компьютеры студентов связана с проблемами технического и юридического плана. В последнее время значительное внимание уделяется самостоятельной работе студентов, по этой причине актуальным стал вопрос выбора свободной ГИС для включения ее изучения в учебный процесс по дисциплине «Геоинформационные системы и технологии». В дальнейшем свободное ПО можно использовать для самостоятельной работы и в курсах «Картография», «Мониторинг земель» и других

В ходе исследований было выполнено сравнение указанных ГИС и широко распространенной ГИС ArcView 3.2. В результате исследований предпочтение было отдано Quantum GIS, которая может использовать ряд функций ГИС SAGA и GRASS. Эта система имеет не только русификации интерфейса, но развитую техническую справку по программе на русском языке, что очень важно в процессе обучения. Также была проанализирована методическая литература по данной ГИС (на русском и английском языках) и разработана система практических заданий по ее изучению. В настоящее время gvSIG и Quantum GIS внедрены в учебный процесс дисциплины «Геоинформационные системы и технологии» для студентов заочной формы обучения.

## **Мониторинг земель дистанционными методами**

Шулякова Т.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Целью наших исследований являются общие вопросы технологии мониторинга земель дистанционными методами. Объектом мониторинга земель являются все земли Республики Беларусь.

Мониторинг земель осуществляется по следующим направлениям: наблюдения за состоянием земельных ресурсов, наблюдения за состоянием почвенного покрова земель, наблюдения за химическим загрязнением земель. Методика мониторинга земель может быть представлена в виде определенных действий, отвечающих смыслу понятия мониторинг – периодическое с некоторым временным интервалом, получение информации об изучаемом объекте или явлении, анализ и прогнозирование его развития [1]. Полученные данные учитывают при разработке управленческих и технических мероприятий.

Проведение мониторинга земель включает несколько укрупненных процессов, обеспечивающих получение необходимой информации: разработка общей стратегии исследования, сбор фондового материала, выбор программного и технического комплекса, получение периодических материалов дистанционного зондирования, сравнение, анализ и прогнозирование изучаемых объектов и явлений. Производство аэро- и космических съемок – наиболее важный этап мониторинга земель. Их проводят в определенные на подготовительном этапе периоды времени, в соответствии с разработанными техническими заданиями в целях мониторинга земель. Изображения подвергаются фотограмметрической обработке и дешифрированию с целью получения топографических и тематических планов заданных масштабов, а также их соответствующих геоинформационных слоев. Результаты определений характеристик земель, полученных специальной измерительной аппаратурой, наносят на топографическую основу для пространственной привязки. По нанесенным данным выделяют границы распространения изучаемого параметра земель.

В работе также выполнен анализ конструктивных особенностей и параметров съемочных систем, которые целесообразно применять при аэрокосмическом мониторинге земель.

### Литература:

1.Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова/ М.: КолосС, 2006. – 333с.

**Реализация алгоритма уточнения параметров земного референц-эллипсоида с использованием GPS-измерений**

Ярмоленко А.С., Писецкая О.Н.

УО «Новгородский государственный университет»,

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Ранее выполнена задача объединения наземных и спутниковых сетей в референцной системе координат. В данной работе такая задача осуществляется в спутниковой системе координат. Это вызвано тем, что спутниковая система координат точнее референцной по координатам исходных пунктов и по измеренным приращениям координат.

Пусть известны параметры некоторого эллипсоида вращения:  $a_0$  – большая полуось,  $\alpha$  – сжатие, параметры которого следует уточнить по приращениям координат, измеренным GPS-методом. В системе координат этого эллипсоида определены геодезические координаты точек  $B_0, L_0, H_0$ . Определяем геоцентрические координаты  $X_0 Y_0 Z_0$  точек и приращения координат. Имеются еще и измеренные приращения координат  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ . Между измеренными и вычисленными приращениями координат находим разности.

Задача заключается в подборе малых углов разворота эллипсоида, линейных смещений центра эллипсоида, его параметров  $a$  и  $\alpha$  таким образом, чтобы разность приращений равнялась нулю. Приращения координат выражаем с учетом векторов поправок к измеренным и вычисленным приращениям координат.

Для решения поставленной задачи вектор поправок к измеренным приращениям координат выражаем через поправки в параметры эллипсоида  $a$  и  $\alpha$ , малые углы разворота эллипсоида вокруг начальной точки и линейные смещения центра эллипсоида.

Система уравнений будет содержать всего 5 неизвестных. Она является исходной для определения величин  $\frac{da}{a}$  и  $\delta\alpha$  соответствующим статистическим методом при избыточном числе уравнений.

Таким образом в данной работе приведено теоретическое обоснование алгоритма уточнения параметров земного референц-эллипсоида с использованием GPS-измерений. Работа по практической реализации алгоритма будет рассмотрена в дальнейших исследованиях авторов.

УДК 528.93

## **Геоинформационные технологии при обновлении планово-картографических материалов**

Куцаева О. А., Ярмоленко А. С.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Исходным планово-картографическим материалом, который подлежал обновлению, являлся земельно-кадастровый план РУП «Учхоз БГСХА», который был отсканирован и шит при помощи программы Photoshop (на 2 листах).

Для создания цифровой планово-картографической основы выполнили геодезическую привязку отсканированного изображения. Для этого в ПК ENVI 4.7 использовали функцию геопривязки карты к опорным точкам (для первой карты 10 опорных точек со ско – 0,68 м; для второй карты 14 опорных точек со ско – 0,37 м). Затем выполнили векторизацию карты по слоям в программе ArcView GIS 3.2.

Обновление планово-картографического материала осуществляется на основании данных свободного доступа:

- космический снимок;
- топографическая карта масштаба 1:100 000;

В качестве источника для обновления выступает геопривязанный космический снимок. Для получения необходимой информации об объектах со снимка необходимо произвести его тематическую обработку, т. е. выполнить распознавание образов, затем была произведена постобработка результатов классификации (генерализация и преобразование результатов классификации в векторную форму).

Полученные векторные слои были сохранены как шейп-файлы, что позволило их использовать в различных геоинформационных системах.

Сравнение результатов тематической обработки и исходной векторной карты выполнялось на примере изменения границ площадных объектов, загруженных по слоям в программу ArcView GIS 3.2. В результате выполненных исследований была получена обновленная векторная карта.

УДК [332.3+631.582]:528.46

## **Применение свободного программного обеспечения для публикации проектов землеустройства в сети интернет**

Фоменко П.Н.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Основу современных систем управления земельными ресурсами определяют геопорталы – электронные географические ресурсы, размещенные в сети Internet с целью предоставления доступа к пространственной ин-

формации всех заинтересованных лиц и организаций через WEB-браузер. Для управления земельными ресурсами всем заинтересованным лицам необходима земельно-кадастровая информация, в том числе и материалы проектов землеустройства. Целью исследования явилось изучение возможности применения свободного программного обеспечения GeoServer и MapServer для публикации проектов землеустройства в сети Internet.

Для создания геопортала и публикации проектов землеустройства в Internet необходимо решение следующих задач: определение функции и архитектуры системы портала; определение состава материалов, необходимых для публикации в портале; создание геоинформационного сервиса визуализации; публикации shp-файлов в геопортале.

В настоящей работе создание проекта геопортала представляется в виде описания этапов создания WEB-сайта и публикации в нем shp-файлов проекта внутрихозяйственного землеустройства.

При создании интерфейса системы нами был разработан дизайнерский макет портала с помощью программы Adobe Photoshop. Далее руководствуясь дизайнерским макетом и используя язык разметки web-страниц HTML, языки программирования JavaScript, PHP был сверстан интерфейс системы.

Для создания картографического web-сервиса и отображения shp-файлов проекта внутрихозяйственного землеустройства в портале нами предлагается использовать программные продукты с открытым кодом GeoServer либо MapServer. Хотя каждая из этих программ имеет свои особенности, однако данные программные продукты в полной мере позволяют создать геоинформационного сервиса визуализации. В ходе работы были созданы сервисы визуализации с помощью программ GeoServer либо MapServer на примере разработанного ранее ГИС-проекта внутрихозяйственного землеустройства.

Для публикации файлов проекта внутрихозяйственного землеустройства в геопортале нами был добавлен URL-адреса с созданных сервисов визуализации в интерфейс портала.

Таким образом, в работе описана технология представления проектов землеустройства в сети Интернет. На примере ГИС-проекта внутрихозяйственного землеустройства предлагается методика создания картографического web-сервиса с использованием программных продуктов с открытым кодом GeoServer и MapServer.

Данное программное обеспечение, хотя и является бесплатным, однако по своим функциональным возможностям не уступает платному ПО.

Данная технология может быть использована заинтересованными лицами на всех стадиях землеустроительного проектирования, для управления землями на различных уровнях государственной власти, а также в учебном процессе.

# **Проектирование дорог**

**Конструирование дорожных одежд повышенной долговечности**

Веренько В.А.

Белорусский национальный технический университет

Дорожные одежды в Республике Беларусь и странах СНГ проектируются таким образом, что наиболее плотный и прочный слой находится на поверхности, а наиболее слабый и менее плотный – внизу. Такая ситуация в большой степени отрицательно сказывается на долговечности дорожного покрытия и всей одежды в целом. Это связано с неправильным подбором свойств материалов и определением действующих в конструкции напряжений. В частности, нижний слой должен обладать повышенной усталостной долговечностью, в то время как пористые смеси имеют минимальные показатели по данному критерию.

Цель выполненных исследований – повышение долговечности нежестких дорожных одежд с трехслойным асфальтобетонным покрытием, жесткость которых по глубине покрытия возрастает или носит экстремальный характер. В результате оптимального конструирования и проектирования применительно к транспортным и погодно-климатическим условиям Республики Беларусь есть возможность получить экономический эффект за счет продления срока службы дорожных одежд.

В данной работе представлены новые результаты исследований, направленные на обеспечение взаимосвязи между расчетными характеристиками материалов конструктивных слоев и характеристиками их напряженно-деформированного состояния под действием транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов независимо от характера распределения их жесткости по толщине дорожной одежды.

Предложены новые оптимальные составы материалов конструктивных слоев, обеспечивающих оптимальное соотношение свойств (физической и температурной жесткости) конструктивных слоев. Предложена методика расчета дорожных одежд с неравномерным (экстремальным) изменением свойств материалов конструктивных слоев по толщине дорожной одежды. Установлено, что конструкции дорожных одежд, в которых обеспечивается экстремальное соотношение между модулями упругости смежных слоев, имеют общий уровень надежности, определяющий их устойчивость к сдвиговым деформациям, усталостным деформациям и упругому прогибу, порядка 0,85-0,97 (для традиционных конструкций – 0,7-0,9), что свидетельствует об их повышенной долговечности. При этом, как показывают расчеты, устройство асфальтобетонных покрытий может производиться на основании из дешевых минеральных материалов.



**Комплексные полимерные добавки для асфальтобетонных смесей**

Веренько В.А.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время для повышения качества битумов и асфальтобетонных смесей применяются многокомпонентные полимерные добавки, содержащие несколько видов полимеров. Дело в том, что каждый полимер в отдельности оказывает влияние на определенные характеристики асфальтобетона сточки зрения его надежности. Например, полиолефины повышают устойчивость к пластическим деформациям, мало влияя на трещиностойкость. Каучуки, наоборот, повышая температурную трещиностойкость, несущественно влияют на усталостную долговечность и коррозионную стойкость.

Нами выполнены исследования многокомпонентной полимерной добавки Duroflex (WA-80), выпускаемой компанией Rub Berlin GmbH (Германия). По данным производителя добавка WA-80 – многокомпонентная система, включающая два вида полимеров и органические волокна. Соотношение групп полимеров может быть отрегулировано исходя из в требований к показателям физико-механических свойств асфальтобетонных смесей.

Указанные добавки обеспечивают повышение характеристик асфальтобетонов дорожных покрытий, таких как сдвигустойчивость, температурная трещиностойкость и усталостная долговечность. Наиболее широкое применение добавки получили при производстве асфальтобетонных смесей для устройства покрытий наиболее нагруженных (в том числе тяжелым общественным транспортом) автомагистралей г. Минска (Беларусь). Опыт применения показал, что использование добавок обеспечивает повышение таких, например, показателей высокотемпературных свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона: предела прочности при сжатии при температуре 50оС – в 1,4 раза; внутреннего сцепления при температуре 50о С – в 1,6 раза. Общий показатель надежности асфальтобетона для транспортных условий г. Минска увеличился с 0,8 до 0,95, что свидетельствует о высоком показателе технико-экономической эффективности применения добавки Duroflex (WA-80). Учитывая, что модификация асфальтобетонных смесей производится без предварительной модификации битума, показатели экономической эффективности асфальтобетонов, модифицированных добавки Duroflex (WA-80) выше на 15-20% в сравнении с асфальтобетонами, приготовленными на битумах, модифицированных полимерами типа СБС.

**Особенности проектирования транспортной развязки «Клеверный лист» с полупрямым левоповоротным соединительным ответвлением**

Яцевич И.К., Глаз А.С., Кучинский Р.С.

Белорусский национальный технический университет

На автомобильных дорогах Республики Беларусь наиболее часто применяют транспортные развязки (ТР) «Клеверный лист», в связи с относительно низкой стоимостью такой ТР, так как требуется только один путепровод. Недостатком такой ТР являются перепробеги и малая скорость на левых поворотах. Этот недостаток особенно ощутим, когда на одном из левых поворотах большая интенсивность движения или этот левый поворот сопрягает значимые направления.

В зарубежной практике применяется улучшенное левоповоротное соединительное ответвление ЛПО (Московская кольцевая автомобильная дорога), когда дополнительно предусматриваются два путепровода на пересекающихся дорогах, или с прямым ЛПО, с устройством эстакады на всем протяжении ЛПО.

Рассмотрим применение полупрямого ЛПО, имеющего меньшую стоимость. В этом случае три петлевидные ЛПО проектируются по обычной методике. Положение оси трассы улучшенного ЛПО на биссектрисе угла пересечения сопрягаемых полос определяется по методике, применяемой для правоповоротного соединительного ответвления (ППО). Ломаная полупрямого ЛПО проводится перпендикулярно этой биссектрисе. Угол отмыкания в начале ЛПО и примыкания в конце ЛПО назначается минимальным исходя из возможности разбивки закругления с переходной кривой ( $\alpha_1=2\beta$ ). Положение вершины угла отмыкания  $\alpha_1$  определяется из условия возможности размещения на прямой ВУ1 – ВУ2 тангенсов соседних закруглений малого радиуса. При расчете длин сторон треугольника, образованного пересечением ломаной трасс левоповоротного соединительного ответвления и осью крайней полосы прямого направления, используется теорема синусов.

Ось ППО, расположенного рядом с полупрямым ЛПО, отодвигается от оси ЛПО по схеме, применяемой для ППО ТР «Полный клеверный лист». В углы поворота трассы ППО вписывают закругления малого радиуса. Трасса ППО, расположенного с противоположной от полупрямого ЛПО стороны, состоит из двух переходных и круговой кривых. Минимальный радиус круговой кривой и соответствующая ему длина переходной кривой ограничиваются возможностью обеспечения продольного уклона ППО не более 50‰.

## Методика разбивки левоповоротного соединительного ответвления транспортной развязки «Полный клеверный лист» с использованием системы GPS

Яцевич И.К., Артюх С.В.

Белорусский национальный технический университет

План трассы транспортной развязки (ТР) «Полный клеверный лист» включает оси пересекающихся дорог, оси движения, сопрягаемые соединительными ответвлениями и оси криволинейных соединительных ответвлений, левоповоротными (ЛПО) и правоповоротными (ППО).

Разбивка трассы ЛПО в настоящее время выполняется методом прямоугольных координат в шести локальных системах координат. Положение этих систем координат на местности требует выполнения трудоемких геодезических измерений. Положение каждой системы на местности определяется глобальными координатами начала оси  $X_i$  какой-либо точки на оси  $X_i$  ( $X_{ii}$ ).

В работе предложен алгоритм вычисления глобальных координат точек  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  и  $X_6$  и точек  $X_{11}, X_{22}, X_{33}, X_{44}, X_{55}$  и  $X_{66}$ . При изысканиях ТР закрепляют положение осей пересекающихся дорог и определяют глобальные координаты этих точек. По координатам этих точек определяют уравнение осей пересекающихся дорог  $A_01X + B_01Y + C_01 = 0$  и  $A_02X + B_02Y + C_02 = 0$ . Оси  $X$  систем  $X_1Y_1$  и  $X_6Y_6$  параллельны осям пересекающихся дорог (прямые 1, 6) и проходят на расстоянии  $b_1$  и  $b_2$  от них. Составляется уравнение этих прямых 1 и 6 и определяется положение начала ЛПО (точка  $X_1$ ) и конца ЛПО (точка  $X_6$ ) по данным о расстоянии от точки пересечения осей дорог до начала и конца переходных кривых ЛПО. Эти расстояния равны  $C_1 + PA$  и  $C_2 + PA$ . На расстоянии  $T_d$  от точек  $X_1$  и  $X_6$  получают координаты точки  $n$  на прямых 1 и 6 и вычисляют уравнение прямых 2 и 5, проходящих через эти точки под углом  $\beta$ . На прямых 2 и 5 на расстоянии  $T_k$  от точки  $n$  вычисляют координаты  $X_2$  и  $X_5$  систем 2 и 5.

Для получения координат  $X_3, X_4$  находят уравнение биссектрисы угла пересечения осей 1 и 6 сопрягаемых полос и положение оси ЛПО на ней, зная расстояния  $PO_1 + R$ . Уравнение осей  $X$  (прямые 3 и 4)  $X_3Y_3$  и  $X_4Y_4$  – прямая, перпендикулярная биссектрисе угла  $\alpha$ . Пересечение их с прямой 2 дает координаты  $X_{22}$  и  $X_{33}$ , а с прямой –  $X_{44}$  и  $X_{55}$ .

Обозначения, приведенные в тексте, соответствуют общепринятым в методической литературе по проектированию ТР «Полный клеверный лист».

## Методы определения коэффициента звукопоглощения материала

Курилёнок А.А., Селютин Д.А., Шохалевич Т.М.  
Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день один из основных источников шума в городе и вдоль автомобильных дорог – автомобильный транспорт, интенсивность движения которого постоянно растёт. Одним из основных средств защиты от шума в зоне населённых пунктов являются шумозащитные экраны.

Конструкции шумозащитных экранов можно разделить на однослойные и многослойные.

Эффективность многослойных конструкций может в 1,5 раза превышает эффективность однослойных (отражающих) экранов.

Многослойные конструкции шумозащитных экранов включают дополнительный (внутренний) слой из материала, имеющего высокий коэффициент звукопоглощения.

Для того чтобы снизить влияние шума, существует огромное количество материалов способных его поглощать. Звукопоглощающая способность материалов обусловлена их пористой структурой и наличием большого числа открытых сообщающихся между собой пор. Звукопоглощающие свойства материала характеризуются коэффициентом звукопоглощения, который представляет собой отношение поглощённой звуковой энергии ко всей энергии, падающей на материал.

Коэффициент звукопоглощения может изменяться в пределах от 0 до 1. При нулевом значении коэффициента звукопоглощения звук полностью отражается, при полном звукопоглощении коэффициент равен единице. К звукопоглощающим материалам относят те, которые имеют коэффициент звукопоглощения не менее 0,4 при частоте 1000 Гц.

В настоящее время известны способы определения коэффициента звукопоглощения строительных материалов: в реверберационной камере, методом импедансной трубы и методом передаточной функции.

При проведении испытаний следует пользоваться нормативными документами: ГОСТ 26417 «Материалы звукопоглощающие строительные. Метод испытаний в малой реверберационной камере»; ГОСТ Р 53376 «Материалы звукопоглощающие. Метод измерения звукопоглощения в реверберационной камере»; ГОСТ 16297 «Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний».

Результаты измерений данными методами могут быть использованы для сравнения акустических характеристик материалов, используемых в конструкциях шумозащитных экранов.

## Оценка шумового воздействия на человека

Богдан А.И., Ковш И.В.

Белорусский национальный технический университет

Шум — это беспорядочная совокупность звуковых волн различных частот и амплитуд, распространяющихся в воздухе и воспринимаемых ухом человека. Шумом называют обычно всякий мешающий звук.

Воздействие шума на организм человека вызывает негативные изменения, прежде всего в органах слуха, нервной и сердечно-сосудистой системах. Степень выраженности этих изменений зависит от параметров шума, стажа работы в условиях воздействия шума, длительности действия шума в течение рабочего дня, индивидуальной чувствительности организма. Воздействия шума на человека можно условно подразделить на две группы:

- специфические (слуховые) — воздействия на слуховой анализатор, которые выражаются в слуховом утомлении, кратковременной или постоянной потере слуха, расстройствах четкости речи и восприятия акустических сигналов;
- системные (внеслуховые) — воздействия на отдельные системы и организм в целом (на заболеваемость, сон, психику).

По характеру нарушения физиологических функций шум разделяется на несколько категорий:

- раздражающий (96-114 дБ) — препятствует языковой связи, вызывает нервное напряжение, бессонницу, потерю аппетита и вследствие этого снижение работоспособности, общее переутомление;
- вредный (115-120 дБ) — нарушает физиологические функции на длительный период и вызывает развитие хронических заболеваний, которые непосредственно связаны со слуховым восприятием: ухудшение слуха, гипертония, туберкулез, язва желудка;
- травмирующий (до 150 дБ) — резко нарушает физиологические функции организма человека; человек его практически не переносит;
- смертельный (180 дБ) — приводит к летальному исходу.

Оценка постоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться как по уровням звукового давления, так и по уровню звука.

Оценка непостоянного шума должна проводиться как по эквивалентному, так и по максимальному уровням звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей квалифицируется как несоответствие санитарным правилам.

**Анализ рисков воздействия транспортного шума на организм человека**

Шохалевич Т. М.

Белорусский национальный технический университет

Большинство жителей примагистральных территорий, в связи с чрезмерным воздействием транспортного шума, отмечают ухудшение самочувствия, чаще обращаются к врачу, принимают седативные средства.

Согласно международной классификации болезней 10-го пересмотра при пороговых уровнях шума 35дБ наблюдается нервозность (нервное напряжение, раздражение). В России разработаны методические рекомендации 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума», в которых представлены методические основы применения оценки риска, порядок проведения процедуры оценки риска, нормативные показатели качественной оценки риска здоровью населения.

Полная схема оценки риска предусматривает проведение четырех этапов:

- идентификация опасности;
- оценка воздействия (экспозиции) шума на человека;
- оценка зависимости "экспозиция - ответ";
- характеристика риска.

На этапе идентификации опасности выявляют характеристики источников транспортного шума, определение численности населения, подвергающегося вредному акустическому воздействию. Характеристика риска интегрирует данные, полученные на всех предшествующих этапах исследования, и имеет целью получить количественную и качественную оценку риска, выявление и анализ значимости существующих проблем для здоровья населения. Логическим завершением результатов оценки риска здоровью населения является управление риском, которое направлено на обоснование выбора наилучших в конкретной ситуации решений для его устранения или минимизации. Управление риском включает в себя принятие технических, технологических, организационных, социальных, правовых, экономических, нормативных, политических, и иных решений на основе выводов и оценок, полученных в ходе характеристики риска.

Использование методологии позволяет формировать информационно-аналитическую основу широкого спектра управленческих решений, в том числе архитектурно-планировочных, медико-профилактических, организационных и т.п.

## **Использование противогололедных добавок при проектировании асфальтобетонного покрытия**

Нарыжнов П.В., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

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

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

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

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

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

В работе рассматривается третья группа мероприятий. Мероприятия этой группы направлены на предупреждение образования и профилактики зимней скользкости путем введение в верхний слой хлоридов (физико-химический метод). Метод заключается в придании поверхности покрытия гидрофобных свойств путем введения в состав материала соответствующих химических веществ, изготавливаемых на основе хлористого кальция или натрия (до 5% от массы), водорастворимого шлака (до 7% от массы) и других веществ, уменьшающих адгезию льда.

Работа затрагивает вопросы, связанные с предотвращением образования снежно-ледяного слоя, оценке целесообразности использования этого метода в зависимости от различных факторов (климатические факторы, интенсивность движения, срок службы и так далее).

Экспериментальная часть заключается в получении зависимостей между адгезией льда, содержанием вяжущего и противогололедной добавки. Также важным является вопрос оценки влияния на окружающую среду.

## **Влияние сцепных качеств дорожных покрытий на безопасность движения**

Зиновенко О.В.

Белорусский национальный технический университет

В результате воздействия климатических и метеорологических факторов, интенсивности движения транспортных средств снижаются сцепные качества дорожных покрытий, что ухудшает потребительские свойства автомобильной дороги как инженерного сооружения и увеличивает опасность возникновения аварийной ситуации.

Важной задачей повышения безопасности движения является устранение скользкости покрытия. Шероховатость покрытия в процессе эксплуатации снижается в результате истирания каменных материалов под действием шин транспортных средств. Растет тормозной путь, увеличивается вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Снижение коэффициента сцепления происходит также в результате загрязнения проезжей части, размягчения асфальтобетонного покрытия под воздействием высокой температуры в летний период года.

При выпадении осадков в виде дождя на поверхности покрытия образуется слой воды, который начинает заметно влиять на сцепные свойства уже при толщине пленки более 0,2 мм, снижая адгезионную составляющую силы трения. Коэффициент сцепления резко снижается в начальный период дождя, когда образуется густая смазка на поверхности.

Коэффициент сцепления зависит от вида покрытия, его состояния, типа и конструкции шин, рисунка протектора шин, степени изношенности покрытия, скорости движения и других факторов. Наибольшее влияние оказывают вид и состояние покрытия, а также скорость движения. Поэтому для объективной оценки состояния дорог необходимо в каждом случае измерять коэффициент сцепления при нормированной скорости 60 км/ч. Для определения коэффициента сцепления используют портативные приборы, а также передвижные установки. При отсутствии этих приборов коэффициент сцепления определяют по длине тормозного пути или замедлению (отрицательному ускорению) автомобиля.

Серьезной и важной задачей повышения безопасности движения является устранение скользкости покрытия.

Автор работы выражает благодарность кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Проектирование дорог» Мытько Л.Р. за помощь в выполнении исследований.



**Способы повышения сцепных качеств дорожных покрытий**

Ивановская Н.Э.

Белорусский национальный технический университет

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

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

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

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

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

Для борьбы с зимней скользкостью наиболее широко используется россыпь песка с размером частиц 0,2...5 мм, имеющих кубическую форму и острые грани. Повышение сцепных качеств дорожного покрытия особенно актуально на участках дорог, где уровень риска попасть в ДТП высок или требуется обеспечение высокой величины коэффициента сцепления (пересечения в одном уровне, кривые в плане и др.).

Автор работы выражает благодарность кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Проектирование дорог» Мытько Л.Р. за помощь в выполнении исследований.

**Ускоренные методы определения интенсивности движения**

Качановская К.Ю.

Белорусский национальный технический университет

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

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

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

Интенсивность движения и состав транспортного потока можно определять различными способами. Фиксируется количество транспортных средств, прошедших по дороге за единицу времени по каждой полосе движения, с разделением грузовых автомобилей на группы в зависимости от их массы. Для определения интенсивности движения необходимо проводить учет транспортных средств в течение 24 часов. Но в отдельных случаях интенсивность движения требуется определить срочно. Для ускоренного определения ориентировочного значения интенсивности движения подсчитывают количество транспортных средств, проходящих по автомобильной дороге в течение одного часа. При предполагаемой интенсивности движения по дороге до 500 авт./ч продолжительность регистрации транспортных средств составляет 30 минут, от 500 до 1500 авт./ч – 15 минут. Для перевода в часовую интенсивность полученное значение транспортных средств необходимо умножать соответственно на 2 или 4. Данные, полученные при определении часовой интенсивности, используют для расчета суточной интенсивности движения транспортного потока.

Автор работы выражает благодарность кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Проектирование дорог» Мытько Л.Р. за помощь в выполнении исследований.

Коликов А.О., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Важным показателем качества устройства поверхностной обработки является равномерность распределения по поверхности покрытия зерен щебня. Необходимо строго соблюдать нормы расхода каменного материала на единицу площади. Излишнее количество распределенного щебня приводит к перерасходу дорогостоящих материалов, к увеличению стоимости ремонта, к снижению безопасности движения, тем самым повышается вероятность повреждения лобовых стекол транспортных средств.

Практика показывает, что при прочих равных условиях отход щебня тем больше, чем больше его было распределено. Перерасход щебня является одной из причин его низкой приживаемости. Недостаточное количество щебня не обеспечивает требуемого качества поверхностной обработки.

Строго соблюдаться должны и нормы распределения битума. Сила прилипания щебенки к покрытию определяется, в первую очередь, площадью контакта ее с битумом. При повышенном расходе вяжущего возникает опасность выпотевания битума на поверхность покрытия. Это может привести к тому, что коэффициент сцепления на этих участках в жаркие дни снижается до 0,1-0,2. Резкое изменение коэффициента сцепления на коротком участке может привести к серьезным авариям. При пониженном расходе вяжущего возникает угроза отрыва от покрытия большого количества щебенки. При устройстве поверхностной обработки очень важным является равномерность распределения вяжущего. В распределителях битума зарубежных стран форсунки расположены так, чтобы в определенную точку на поверхности покрытия битум попадал сразу с трех форсунок. В случае выхода из строя одной из форсунок на поверхность покрытия битум попадает с двух других соседних форсунок. Равномерность распределения битума значительно увеличивает срок службы поверхностной обработки.

Срок службы поверхностной обработки в большой степени зависит от чистоты применяемых каменных материалов. Поэтому щебень для устройства поверхностной обработки должен быть очищен от примесей пылеватых и глинистых частиц. Содержание пыли в щебне до 1% увеличивает выкрашивание отдельных щебенки из слоя поверхностной обработки до 12%.

**Методы определения интенсивности и состава движения**

Комса М.А.

Белорусский национальный технический университет

Интенсивность движения является основным показателем, регламентирующим категорию дороги, а также определяющим необходимость капиталовложений на ремонт, реконструкцию или благоустройство дороги. При этом учитывают как величину интенсивности в период, предшествующий обследованию дороги, так и ожидаемую в будущем. Последнюю можно определить, исходя из материалов учета движения за ряд лет. Данные об интенсивности движения за предыдущие годы получают в дорожно-эксплуатационных организациях. Регулярный учет движения ведется на всех дорогах республиканского и на значительной части дорог областного значения в течение всего срока их эксплуатации. Достоверность этих данных зависит от правильности размещения учетных пунктов.

В течение ряда лет в разных странах пытаются разработать автоматическую аппаратуру для учета движения, но надежные и удобные для практики методы автоматизации еще не найдены. Испытывались, преимущественно в исследовательских целях, следующие устройства:

1. Пневматические счетчики, которые имеют шланг, уложенный поперек дороги. Регистрируется нажим каждой из проезжающих осей, число которых не у всех автомобилей одинаково;

2. Механические счетчики – имеют педаль, при наезде на которую замыкается электрический контакт;

3. Фотоэлектрические счетчики – основаны на изменении силы тока в фотозlemente при пересечении автомобилем светового луча;

4. Магнитные индукционные счетчики – получают электрический сигнал рамки кабеля (обычно заделанной в покрытие), в которой при проходе автомобиля наводится ток. Конструкция счетчиков этого типа проста, их легко ремонтировать, поэтому в последние годы получают большее распространение, чем счетчики других типов;

5. Радиолокационные приборы, которые позволяют регистрировать не только число, но и скорость движения автомобилей, измеряя изменение частоты колебаний отраженной волны, пропорциональное скорости движения. Однако сложность ремонтов и наладки этой аппаратуры препятствуют ее широкому использованию.

Автор работы выражает благодарность кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Проектирование дорог» Мытько Л.Р. за помощь в выполнении исследований.

## **Влияние ровности дорожных покрытий на скорость движения автомобилей**

Кашкан М.А.

Белорусский национальный технический университет

Дорожное покрытие подвергается систематическому воздействию колес автомобилей. От типа и состояния дорожного покрытия зависят важнейшие показатели работы автомобильного транспорта, скорость движения, износ шин, амортизация транспортных средств. Наиболее значительное влияние на стоимость перевозок оказывают скорость движения.

Ровность является важным показателем, который характеризует удобство движения по дороге и оказывает решающее влияние на скорость автомобилей, безопасную транспортную работу дороги в целом. Многочисленные исследования показывают, что с ухудшением ровности дорожного покрытия повышается аварийность. Ровность покрытия оказывает влияние на показатели, характеризующие условия движения автомобилей. Среди многих факторов, влияющих на увеличение скорости движения, существенными являются ровность покрытия и характеристики подвески автомобиля.

Для измерения амплитуд и ускорений колебаний кузова и колес при движении автомобиля по неровной поверхности покрытия применяют акселерометр. Чем лучше ездовые качества покрытия, тем меньше будут амплитуды и ускорения колебаний частей автомобиля.

При движении по неровной дороге амплитуды и ускорения частей автомобиля могут с увеличением скорости движения возрасти и достигнуть критической величины. Исследованиями должна быть определена расчетная скорость, допускаемая при данной ровности покрытия. Величину допустимых колебаний автомобиля определяют с учетом удобства движения для водителя и пассажиров, обеспечения устойчивости грузов, отсутствия перегрузки в рессорах, шинах и других частях автомобиля. При движении автомобиля по неровному покрытию расход топлива увеличивается.

Таким образом, дорожные условия, в особенности тип покрытия и степень ровности, существенно влияют на скорость движения автомобилей.

Автор работы выражает благодарность кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Проектирование дорог» Мытько Л.Р. за помощь в выполнении исследований.

## Пути развития дорожного сервиса

Шикуль К.К.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги – «кровеносные артерии» государства, без которых немислимо экономическое, социальное, культурное развитие государства. Но автомобильные дороги не могут существовать без объектов дорожного сервиса, так как он повышает уровень безопасности движения и эффективности работы транспорта, а также является постоянно растущим источником прибыли.

В структуру дорожного сервиса входят следующие объекты: пункты постоя (мотели, кемпинги и др.); пункты питания (закусочные, кафе, рестораны); пункты торговли (магазины, киоски); пункты заправки и обслуживания транспорта (автозаправочные станция (АЗС)) и станции технического обслуживания (СТО)). Важнейшим аспектом организации дорожного сервиса является создание его оптимальной структуры, исходя из необходимости создания условий комфорта на дорогах.

Структура дорожного сервиса характеризуется минимальным, максимальным и оптимальным расстояниями между пунктами постоя, питания, торговли.

При размещении пунктов сервиса учитывают следующие факторы: среднесуточную годовую интенсивность движения; длину автомобильной дороги; продолжительность пребывания посетителей на предприятии сервис; суточную пропускную способность предприятия.

В настоящее время на автомобильных дорогах Беларуси функционирует: 331 АЗС; 151 газозаправочная станция; 54 гостиницы; 47 моек; 79 охраняемых стоянок; 335 предприятий торговли; 444 пункта питания; 97 пунктов технического обслуживания.

На местоположение пунктов сервиса может оказать влияние наличие на маршруте зон повышенного комфорта, достопримечательностей, памятников и др. Необходимо учитывать близость зон, загрязненных радиационными отходами после аварии на Чернобыльской АЭС.

Уровень развития придорожного сервиса показывает степень деловой активности и уровень жизни граждан. Главной целью организации дорожного сервиса является придание дороге высоких потребительских качеств.

Автор работы выражает благодарность кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Проектирование дорог» Мытько Л.Р. за помощь в выполнении исследований.

**Компромисс безопасности и мобильности**

Куприянчик А.А., Гаврюш Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Компромисс безопасности и мобильности – круговые пересечения в структуре сети автомобильных дорог. Безопасность дорожного движения остается одной из основных проблем сегодняшнего мира. Необходимо проводить мероприятия по обеспечению дорожной безопасности по таким направлениям, как организация дорожного движения и его безопасности, повышение безопасности на дорогах и мобильность, повышение надежности автотранспортных средств, повышение безопасности участников дорожного движения и повышение эффективности помощи жертвам автомобильных аварий.

Повышение безопасности дорожного движения и мобильности считается одним направлением, однако многочисленные исследования, в том числе отечественные, показывают значительное влияние скорости транспортных средств на аварийность и тяжесть последствий ДТП.

Дилемма обеспечения мобильности людей и грузов при низкой аварийности и минимизации тяжести последствий ДТП во многих странах решена на уровне структуры сети автомобильных дорог разделением функций мобильности и доступа к землевладениям и объектам капитального строительства, ограничением доступа пользователей на скоростные многополосные автомобильные дороги и автомагистрали. На остальных автомобильных дорогах – местных и распределительных – в целях обеспечения безопасности движения на них в связи с разрешением доступа на эти дороги наиболее уязвимых пользователей (пешеходов и велосипедистов) необходимо управлять скоростью движения транспортных средств и снижать ее. Концепция учета психологии и поведенческих стереотипов водителя, развивающаяся в последние десятилетия и показавшая хорошие результаты во многих странах, требует, чтобы в дополнение к знакам ограничения скорости дорожные условия также заставляли снижать скорость. И необходима четко воспринимаемая пользователем граница изменения дорожной ситуации – перехода от обеспечения мобильности к доступу, заставляющая водителя снижать скорость движения транспортного средства. В качестве граничного элемента, указывающего на изменение дорожных условий, часто используются круговые пересечения. Эффективность круговых пересечений как инструмента снижения скорости транспортного потока показывают результаты исследований, выполненных в Германии.

## Материалы, используемые на белорусских дорогах, для предотвращения гололеда

Куприянчик А.А., Есман Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Белорусские дороги зимой продолжают посыпать солью и песчано-соляной смесью, от которой ржавеют автомобили, портится обувь и страдает экология. Причем в обозримом будущем "дорожники" не планируют переходить на другие виды реагентов, используемые, к примеру, в европейских странах.

Основной противогололедный материал, который используется на дорогах вне населенных пунктов Беларуси, – это смесь технической соли (NaCl - хлорид натрия) и песка.

В зависимости от того, какая температура за окном, варьируются пропорции: чем холоднее, тем меньше песка и больше соли присутствует в "дорожном коктейле".

Средство всех времен и народов – соль с песком (песчано-солевая смесь) – по-прежнему применяется наряду с "продвинутыми" жидкими реагентами. Если с песком все более-менее ясно, то выбор соли определяет температуру замерзания снежной каши на дороге.

От использования обычной каменной соли в Европе уже отказались из-за сравнительно высокой коррозионной активности хлорида натрия (NaCl). Вместо него повсеместно используются другие соли. Например, хлорид кальция (CaCl<sub>2</sub>), который хотя и несколько дороже каменной соли, но более бережно относится к кузову автомобиля. Хлорид кальция используется как в твердой (песчано-солевая смесь), так и в жидкой форме. Сами европейцы отмечают, что жидкий реагент – обогащенный раствор хлорида кальция – эффективен лишь при температурах до -10°C и только как средство против обледенения дорог. Растопить уже образовавшийся лед "соляному бульону" не под силу. Здесь соль с песком вне конкуренции, если температура воздуха и дорожного покрытия не опустилась до -18°C.

Самую низкую температуру замерзания (-35°C) и самую низкую по сравнению с NaCl и CaCl<sub>2</sub> коррозионность имеет хлористый магний, который применяется как в жидкой, так и в твердой форме для предупреждения образования льда и для борьбы с гололедицей. Кроме того, 10%-ный раствор хлористого магния безопасен для окружающей среды. Каким образом обрабатывать дороги зимой, решают исходя из бюджета на эти цели, удобства применения и экологических соображений.



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

Ремез Н.И., Барейша А.В.

Белорусский национальный технический университет

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

В процессе приготовления, хранения в накопительном бункере и транспортирования асфальтобетонной смеси битум в виде тонких пленок на поверхности минерального материала находится при высоких температурах. Это создает благоприятные условия для интенсивного протекания в нем термоокислительных и других процессов, приводящих к старению битума. Интенсивность старения битума при выдерживании смеси в бункере в процессе транспортировки определяется температурным режимом смеси, ее составом, типом дисперсной структуры битума, толщиной битумной пленки на зернах минерального материала и степени ее структурированности.

В зависимости от группового состава и структуры вязкие битумы при одинаковой вязкости могут иметь различные когезию, адгезию и теплоустойчивость, что оказывает существенное влияние на применимость того или иного типа битумов в материалах конструктивных слоев дорожной одежды. При выдерживании битума в тонких пленках при высоких температурах процессы старения протекают настолько интенсивно, что в течение нескольких часов битум переходит в другую марку с более высокой вязкостью, что необратимо сказывается на его теплочувствительности и как следствие на температурной устойчивости асфальтобетона в целом

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

**Аналитическое определение температуры хрупкости вязких  
дорожных битумов**

Ремез Н.И., Гатальский Р.К.

Белорусский национальный технический университет

Огромное значение при приготовлении асфальтобетонных смесей имеет своевременный и качественный входной и операционный контроль температурных свойств органического вяжущего осуществляемый производственными дорожными лабораториями. Поэтому очень важно иметь в наличии не только оборудование, но и экспериментально-аналитические способы определения различных свойств дорожных битумов, которые дают возможность оперативно, своевременно и достоверно говорить о качестве вязких дорожных битумов. Разработка новых методов определения температуры хрупкости битумов – задача, которая основана на производственной необходимости определения технических характеристик дорожных битумов в кратчайшие сроки и получении асфальтобетонных смесей с заданными эксплуатационными свойствами.

Процесс определения температуры хрупкости с помощью прибора Фрааса является очень трудоемким, продолжительным по времени и устаревшим. Сущность метода заключается в охлаждении с постоянной скоростью и циклическом изгибе стальной пластинки с нанесенным на ее поверхность слоем битума и в определении температуры, при которой в нем появляются трещины или образец битума ломается. В качестве альтернативы существуют аналитические методы, т. е. способы определения температуры хрупкости по номограммам и расчетным формулам. Исходными данными для таких методов служат некоторые характеристики физических свойств битумов, такие как температура размягчения, пенетрация, индекс пенетрации.

На основании применения графоаналитического метода определения температуры хрупкости, разработанного С.Л. Вдовиченко, было установлено, что при величинах коэффициента теплочувствительности, как основного показателя температурной устойчивости вязких дорожных битумов, не превышающих нормативных значений, полученные температуры хрупкости будут соответствовать нормативным требованиям. Также при значениях пенетрации и температуры размягчения битумов близким к середине интервала, допустимого для данного типа битумов, значение коэффициента теплочувствительности будет близко к нормативным значениям.

## **Проектирование водопропускных труб из металлических гофрированных конструкций**

Кононова Е.И., Дергай Д.Л., Коваль Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Металлические гофрированные конструкции (МГК) могут применяться как сооружения для пропуска воды под автомобильной дорогой (трубы), транспортных средств (путепроводы) и пешеходов (подземный пешеходный переход), животных (скотопрогоны), при ремонте существующих водопропускных труб методом гильзования.

Трубы из МГК работают только совместно с грунтом засыпки.

Минимальная толщина засыпки от верха трубы до нижнего слоя дорожной одежды 0,5 м, но не менее 0,8 м до поверхности покрытия. Отверстие трубы рассчитывается на пропуск расчетного расхода по стандартной методике.

Прочность и устойчивость труб из МГК должна быть обеспечена как в процессе эксплуатации трубы, так и в период строительства.

Расчет МГК на прочность и устойчивость осуществляется на действие постоянных, временных и температурных нагрузок согласно СТБ «Мосты и трубы», исходя из ограничения предельных деформаций поперечного сечения трубы (предельные относительные изменения горизонтальных или вертикальных размеров не должны превышать 3%).

Величина строительного подъема МГК проверяется расчетом осадки трубы под действием нагрузки на неё от насыпи высотой  $H$ . Наименьшее значение строительного подъема должно быть не менее  $1/80H$  при песчаных грунтах основания,  $1/50H$  при супесях, суглинках и глинах и  $1/40H$  при укладке трубы на основание из ПГС.

Основание из ПГС под металлические гофрированные трубы необходимо при глинистых и пылеватых грунтах.

Для предотвращения подмыва основания трубы на входе и на выходе предусматриваются противофильтрационные экраны из бетона при песчаных грунтах основания, из цементогрунтовой или глинощебеночной смеси при глинистых грунтах.

Глубина заложения бетонных экранов должна быть на 0,25 м ниже расчетной глубины промерзания.

Для защиты антикоррозийного покрытия от повреждения наносами, перемещаемыми водным потоком, в нижней части трубы устраивают лоток из полимербетона или сборных бетонных блоков. Этот лоток имеет поперечное сечение в виде сегмента с углом обхвата до  $120^\circ$ .

**Расчет размеров водопропускных канав**

Кононова Е.И., Груцан Е.В., Мамончик А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Дорожные канавы (кюветы) рассчитывают на расход от ливня (1).

$$Q_p = 0,56 \cdot h \cdot F, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где  $h$  – слой стока при ливне продолжительностью 30 минут,  $F$  – площадь водосбора,  $\text{км}^2$ .

Поперечные размеры кювета нормируются. Глубина кювета назначается из условия обеспечения выхода грунтовой воды из дренирующего слоя в кювет. Поэтому дно кювета назначается ниже дренирующего слоя на 0,2 м. Глубина кювета больше глубины воды в нём на 0,2 м. Заложение откосов со стороны обочин 1:3 или 1:4, с противоположной стороны 1:1,5. Гидравлический расчёт кювета заключается в определении пропускной способности кювета и сопоставлении его с расчётным расходом. Кроме того, определяется тип укрепления кювета. Поперечное сечение кювета имеет форму трапеции или треугольника. Гидравлически наивыгоднейшее сечение канавы определяется по формуле (2):

$$\frac{b}{h} = 2 \cdot \sqrt{1 + m^2} - 2 \cdot m, \quad (2)$$

где  $b$  – ширина дна канавы;

$h$  – глубина воды в канаве;

$m$  – заложение откосов канавы.

Назначают тип укрепления канавы и допускаемую скорость движения воды. Требуемая площадь живого сечения канавы и глубина канавы (3), (4):

$$\omega = \frac{Q}{V} = b \cdot h + m \cdot h^2 = \frac{b}{h} \cdot h^2 + m \cdot h^2 = K_{\bar{A}} \cdot h^2 + m \cdot h^2, \quad (3)$$

$$h = \sqrt{\omega / (K_{\bar{A}} + m)}, \quad (4)$$

Ширину дна канавы получим из формулы (5)

$$b = (\omega - 2 \cdot m \cdot h) / h, \quad (5)$$

Найденное значение  $b$  округляется до целых дециметров и корректируется глубина воды  $h$  по формуле (6):

$$h = b / K_{\bar{A}}, \quad (6)$$

Откосы канавы выше уровня воды на 0,2 м.

## **Применение компьютерных технологий для автоматизации курсового проектирования**

Нарыжнов П.В.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире все больше вопросов проектирования решаются с применением организационно-технических систем, предназначенных для автоматизации процесса проектирования, с применением в своей работе специальных программных средств и информационных систем. Использование подобных систем позволяет значительно ускорить процесс обработки и анализа информации, автоматизировать процессы обработки и интерпретации данных, а также использовать их для выполнения всевозможных расчетов и оценок.

В качестве вопроса, решаемого программой, был выбран расчёт дорожных одежд по упругому прогибу.

Расчётные данные из номограмм получаются путём триангуляции поверхности, строятся на основании данных всех объектов, входящих в каждую категорию слоев (положений). Далее по триангуляционным поверхностям выполняется операция пересечения их с вертикальными и горизонтальными плоскостями и определение расчётных коэффициентов сечения.

В дальнейшем решение задачи сводится к решению стандартной задачи расчёта модуля упругости двухслойной системы, с повторением расчета необходимое количество раз (по количеству слоёв). При этом формируется пакет отчетной документации (расчетная таблица с расчётными показателями по слоям, таблица с показателями для определения допустимого упругого прогиба).

Расчетные данные, получаемые программой, сравнивались с расчетными данными, полученными с использованием программы «Радон». Расхождение результатов составило не более 0,5%.

При использовании современных компьютерных технологий (в частности организационно-технических систем) для проектирования дорожных одежд и анализа полученных данных можно в несколько раз снизить трудоёмкость расчёта, усовершенствовать методику создания многослойной модели покрытия, повысить точность, надежность и достоверность расчетов. Использование программы по расчету упругого прогиба дорожных одежд в образовательном процессе (в частности при курсовом проектировании) позволит автоматизировать однотипные расчёты и подготовит специалистов для дальнейшего использования систем автоматического проектирования работ.

УДК 656.13

## **Определение планируемых и фактических затрат на перевозку грузов с учетом рациональной скорости движения транспортных средств**

Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Анализ показывает, что для снижения стоимости перевозок по автомобильным дорогам необходимо одновременно снижать затраты на их ремонт и содержание. Для решения данной задачи предлагается учитывать как дорожный фактор (ровность дороги, IRI), так и транспортный (скорость движения грузовых транспортных средств,  $V_a$ ), которые в совокупности определяют их экономичность. С целью повышения качества автомобильных дорог необходимо одновременного решать задачи, затрагивающие как технический, так и экономический аспекты проблемы.

Ровность автомобильных дорог является основным элементом, используемым для установления рациональных скоростей движения грузового транспорта.

При решении задачи по снижению затрат на перевозку грузов необходимо учитывать влияние дорожных условий (ровности) на техническую скорость движения грузовых автомобилей разных марок.

Повышение эффективности эксплуатации автомобилей (экономичность перевозок) напрямую зависит от улучшения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги, что увеличивает средние технические скорости движения.

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.

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

Выбор рациональной технической скорости движения автомобилей по конкретной дороге производится в соответствии с требованиями ДМД 02191.6.003-2012 «Рекомендации по определению планируемых и фактических затрат на перевозку грузов с учетом рациональной скорости движения транспортных средств», с учетом фактической ровности автомобильной дороги и технической характеристики грузовых автомобилей.

**Влияние транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог на скорость движения транспортных средств**

Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

На протяжении всего периода развития автомобильно-дорожного комплекса стояла задача изучения взаимодействия, взаимовлияния движущегося автомобильного транспорта и дорожного покрытия. Еще одним результатом исследований начала века стал вывод о необходимости снижения разрушающего воздействия автомобильного транспорта на дорожное покрытие, с одной стороны, и уменьшение негативных воздействия дорожного покрытия на движущийся автомобиль с другой стороны.

Известно, что затраты дорожного хозяйства в значительной степени зависят от степени загрузки дорог автомобильными перевозками, при этом одной из основных проблем повышения производительности автомобилей является увеличение средних технических скоростей движения.

При движении автомобиля по дорогам с неровным покрытием от скорости движения зависят динамические нагрузки автомобиля, превышение которых не являются на сегодня экономически приемлемыми. Установив влияние ровности дороги и скорости движения на изменение динамических нагрузок грузового автомобиля максимальной массы, выявлен характер изменения коэффициента динамичности для различных скоростей движения.

Результаты наблюдений позволили получить рациональные скорости движения грузовых автомобилей на участках дорог с различным индексом ровности дорожного покрытия. Рекомендуется устанавливать скоростной режим движения по конкретной дороге в зависимости от показателя индекса ровности. Так, дорог с показателем индекса ровности в пределах  $IRI \leq 2,5$ , скорость движения большегрузных автомобилей не должна превышать 90 км/ч. При диагностированных индексах ровности  $IRI$  выше 4,5 м/км экономическая эффективность эксплуатации грузового автомобиля будет сведена к минимуму вследствие возникновения дополнительных разрушающих воздействий на дорожное покрытие и дополнительных издержек по эксплуатации автомобиля.

Оценку транспортно-эксплуатационного состояния дороги (для определения технико-экономического эффекта) осуществляют по степени соответствия нормативным требованиям основных транспортно-эксплуатационных показателей дороги, которые приняты за ее потребительские свойства.

**Роль автомобильных дорог в развитии экономики государства**

Протасевич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги являются важнейшей составной частью транспортной системы страны. От уровня транспортно-эксплуатационного состояния и развития сети автомобильных дорог общего пользования, обеспечивающих связи между населенными пунктами Республики Беларусь, многом зависит решение задач достижения устойчивого экономического роста улучшения условий предпринимательской деятельности и повышения качества жизни населения. Выступая как элемент производственной инфраструктуры народного хозяйства, дорожная сеть влияет на структуру и рост ВВП. Ведь формирование валового внутреннего продукта по источникам доходов отражает первичные доходы, получаемые предприятиями, непосредственно участвующими в производстве, а также государственными учреждениями и некоммерческими организациями, обслуживающими домашние хозяйства. Возникает необходимость оценить экономическую целесообразность дополнительных капитальных вложений (дорожных расходов) в автомобильные дороги, что непосредственно отразится для национальной экономике Республики Беларусь. Обоснование необходимо осуществлять в двух направлениях. Во-первых, через оценку народно-хозяйственной эффективности, путем расчета общественного эффекта, который характеризует социально-экономические последствия осуществления проекта для общества в целом. Во-вторых, через оценку дорожных затрат за счет их возмещения.

Данный расчет заключается в обосновании получении средств на восстановление дорог от потребителей на основе учета сбережений на транспорте. Для этого необходимо учитывать снижение совокупных затрат на основе исследования технического состояния автомобильных дорог от дорожной составляющей в транспортных перевозках по ним и исследованием влияния условий движения транспортных средств на ее транспортную составляющую.

Транспортно-эксплуатационное состояние дорог влияет и на социально-экономические аспекты. Поэтому при оценке экономической эффективности таких капиталовложений необходимо использовать системный подход – исходить из показателей производительности автомобильного транспорта, себестоимости перевозок и сокращения стоимости грузовой массы, а также анализировать динамику этих показателей в зависимости от дорожных условий и погодноклиматических факторов.



**Эффективность использования парка машин и механизмов на  
предприятиях дорожного хозяйства**

Куровская О.С.

Белорусский национальный технический университет

Каждая дорожно-строительная организация выполняет работы, отличающиеся как по виду, так и по объему. Для их выполнения формируются специализированные комплекты машин, которые вместе образуют парк машин производственной организации.

Конечной целью всех организационных мероприятий является обеспечение строительства в заданные сроки при наименьшей стоимости производства работ и высоком качестве. Одним из действенных факторов решения этой задачи является внедрение комплексной механизации с применением оптимальных составов СКМ, оснащенных высокопроизводительными машинами. Основными рабочими единицами строительно-монтажных процессов являются комплекты и комплексы машин, которые составляют машинные парки дорожно-строительных организаций. Эффективность их использования зависит от многочисленных факторов. При наличии одних и тех же производственных возможностей на предприятии можно получить различные результаты в зависимости от того, насколько целесообразно сформированы комплекты и комплексы машин, определена структура парка машин, каков уровень организации строительного производства.

Продукция дорожно-строительного предприятия может быть получена с использованием различных технологий, а значит, и отличающимся друг от друга типом и количеством машин и механизмов. Один и тот же технологический процесс может быть выполнен различными машинами, отличающимися друг от друга как принципом работы, так и техническими параметрами.

Причины, снижающие эффективность применения новой техники: необеспеченность потребителя запасными частями, ограниченность выделяемых отрасли (предприятиям) ресурсов многоцелевого назначения (топливно-энергетических, химического сырья и др.), изменение ранее утвержденных проектных решений при внедрении новой техники непосредственно на объекте, внедрение новой техники в серийное производство без достаточной ее отработки в промышленных условиях, отсутствие личной ответственности руководителя предприятия за ее внедрение, выпадение (при осуществлении целевых комплексных научно-технических программ) отдельных звеньев общего цикла «разработка — организация серийного производства».

## **Обоснование капитальных вложений в развитие и совершенствование местных дорог Беларуси**

Босякова Е.В., Пшидаток Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги имеют важнейшее значение в обеспечении круглогодичного цикла сельскохозяйственного производства, способствуют развитию культуры и улучшению уровня благосостояния тружеников сельской местности.

Основная цель исследования заключается в решении следующих комплексных вопросов: определение отдаленности сельскохозяйственных предприятий от потребителей; закрепление маршрутов перевозок; нахождения зависимости экономики сельского хозяйства от качества путей сообщения; проведение сопоставительной оценки связи эффективности получаемого дополнительного дохода с капиталовложениями, необходимыми для развития и совершенствования местных автомобильных дорог. Роль дорожной сети как элемента инфраструктуры заключается, прежде всего, в обеспечении производственного цикла. Посредством ее сокращается время обращения, ускоряется оборот выделяемых ресурсов, тем самым, увеличивая валовой доход без дополнительного ввода производственных мощностей. Результатом развития дорожной сети будет предотвращение и ликвидация возможных потерь материального производства. Очевидно, что транспортные расходы в условиях бездорожья увеличатся и вызовут рост себестоимости потребительских товаров, созданных в течение года. Кроме того, при транспортировке продукции происходят и натуральные потери. Все эти расходы будут отражены и у производителей возникнут дополнительные затраты. Таким образом, состояние дорожной сети и ее развитие оказывает непосредственное влияние на структуру отраслей народного хозяйства. При решении комплексных вопросов будет очевидно, что основная цель заключается в нахождении зависимости экономики агропромышленного комплекса от качества путей сообщения и самом итоге оценки связи эффективности получаемого дополнительного дохода с капиталовложениями, необходимыми для развития и совершенствования сети автомобильных дорог. При наличии ограниченных финансовых ресурсов задача дорожного хозяйства будет заключаться в целенаправленных и поэтапных капитальных вложениях дорожных фондов в существующую сеть автомобильных дорог на основе обоснования наиболее рациональных вариантов с целью получения наибольшего экономического эффекта у потребителей.

**Ресурсо- и энергосберегающая деятельность дорожных организаций:  
необходимость, оценка и направления совершенствования**

Куровская О.С., Туравец А.А.

Белорусский национальный технический университет

Энергосбережение является одним из наиболее эффективных направлений научно-технического прогресса. Оно способствует ускорению темпов роста производства, снижению цен на промышленную продукцию, достижению высоких конечных результатов, решению социальных и экологических задач.

Различные оценки эффективности использования топлива и энергии в мировой практике ведутся давно. В результате в целом менее 50% всей энергии, расходуемой в мире, используется эффективно, а остальную часть составляют потери энергии. По звеньям процесса производства энергии энергетические потери расщедоточены крайне неравномерно. Полные потери распределяются между производством энергоресурсов и потреблением конечных энергоносителей примерно поровну. Большая же часть возвратных потерь сконцентрирована в процессах потребления. При организации энергосбережения первоочередное внимание должно быть уделено именно данному виду потерь. Организации должны рационально использовать все виды ТЭР и соблюдать нормы их расхода.

Как показывает анализ, на многих предприятиях разрабатываются программы и планы энергосбережения. По каждому мероприятию, включаемому в план, необходимо проводить расчет его эффективности. При этом следует различать следующие понятия: условно-годовая экономия ТЭР, фактическая экономия ТЭР, экономия ТЭР.

Программа учитывает комплексный подход по энергосбережению и охватывает наиболее энергоемкие участки производства, внедрение более совершенных технологических процессов и оборудования, требующих меньших энергозатрат, модернизацию и реконструкцию действующего оборудования, снижение потерь энергии.

Проблема энергосбережения – одна из наиболее актуальных проблем для предприятий дорожной отрасли. Для снижения энергетической составляющей в себестоимости выпускаемой продукции необходимо определять удельные энергетические затраты; производить анализ энергозатрат; внедрять мероприятия по их снижению. В свою очередь это отразится на стоимости потребленных энергоресурсов, ее конкурентоспособности, прибыли и рентабельности предприятия и, в конечном счете, на состоянии экономики страны.

## **Роль технического перевооружения в повышении конкурентоспособности предприятия**

Туравец А.А.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях поддержание высокой конкурентоспособности выпускаемой продукции и оказания услуг, выполнение качественных работ и достижение экономической эффективности производства дорожных предприятий невозможно без постоянной грамотной планомерной модернизации. Модернизация предприятия – комплексное и высокоэффективное обновление предприятия, которое включает в себя как усовершенствование непосредственно производства, так и организационно-управленческую и социально экономическую модернизацию.

Техническое перевооружение действующих предприятий осуществляется по проектам и сметам на отдельные объекты или виды работ, разрабатываемым на основе единого технико-экономического обоснования и в соответствии с планом повышения технико-экономического уровня отрасли, как правило, без расширения производственных площадей.

Целью технического перевооружения действующих предприятий является всемерная интенсификация производства, увеличение производственных мощностей, выпуска продукции и улучшение ее качества при обеспечении роста производительности труда и сокращения рабочих мест, снижения материалоемкости и себестоимости продукции, экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов, улучшения других технико-экономических показателей работы предприятия в целом.

Техническое перевооружение существенно влияет на план денежных потоков проекта, поскольку определяет источник дохода. Так, ожидаемым результатом технического перевооружения может являться увеличение объема реализации продукции, снижение расхода ресурсов на единицу продукции. В зависимости от источника дохода проекты технического перевооружения можно разделить на виды: проекты технического перевооружения, проекты технического перевооружения, предусматривающие снижение расхода производственных ресурсов, проекты технического перевооружения со смешанными эффектами. Таким образом, независимо от источника дохода любой успешно завершённый проект технического перевооружения повышает конкурентоспособность предприятия за счет снижения издержек, прироста выручки или повышения качества продукции.

## Профилактические меры предупреждения наезда транспортного средства на животных и пешехода

Живица А.И., Сегай Н.С., Сивец К.И., Селюков Д.Д.  
Белорусский национальный технический университет

Водителю для управления транспортным средством с расчетной скоростью необходима зона обзора пути в направлении движения для восприятия с нее помех движению. При проектировании автомобильных дорог и улиц эту зону определяют расчетным расстоянием видимости из условия остановки перед препятствием и боковой видимостью полосы, прилегающей к дороге. Наезды транспортного средства на пешехода при неограниченной обзорности составляет около 60% всех наездов на пешехода. Наезд на пешехода составляет около 48%, а наезд на животных – 0,2% от общего числа дорожно-транспортных происшествий за год.

В судебной автотехнической экспертизе дорожно-транспортного происшествия решается задача: «Имел ли водитель техническую возможность исключить наезд транспортного средства на пешехода?». При решении этой задачи имеется два случая, когда водитель своевременно тормозил или не применял торможение.

Путь, проходимый пешеходом до конфликтной точки ( $S_6$ ), определяют по формулам:

$$(1) \quad S_6 = 2 S_0^* \frac{V_n}{V_a};$$

$$(2) \quad S_6 = S_0^* \frac{V_n}{V_a};$$

где  $S_0$  – остановочный путь транспортного средства при скорости  $V_a$  м;

$V_n$  – скорость движения пешехода, км/ч;

$V_a$  – скорость движения транспортного средства, км/ч.

Формулу 1 применяют для случаев, когда водитель транспортного средства проезжает остановочный путь с остановкой перед пешеходом, а формулу 2 – без торможения.

В тех случаях, когда возможно попадание на проезжую часть дороги людей и животных, впервые в СНиП II-Д 5-62 регламентирует обеспечивать боковую видимость прилегающей к дороге полосы на расстоянии не менее 25 м от края проезжей части для дорог I-III категорий и 15 м для дорог IV и V категорий. Эта норма без изменения была оставлена в СНиП II-Д 5-72 и СНиП 2.05.02-85.

В пункте 5.3.3 ТКП 45-3.03-19-2006 боковую видимость регламентируют назначать при условии попадания на проезжую часть с

придорожной полосы только животных, что некорректно с технической точки зрения.

УДК 625

### **Учет социально-экономических потерь от дорожно-транспортного травматизма**

Бородич А.А., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-транспортный травматизм – важная социально-экономическая и общественная проблема в Республике Беларусь и причина преждевременной смерти, в среднем, 1,5 тысячи человек в год. Ежегодно около 8,0 тысяч человек получают серьезные травмы и нуждаются в больничном лечении. Дорожно-транспортный травматизм не только причиняет боль и мучения семьям пострадавших, но и наносит существенный экономический ущерб обществу.

Для решения задач снижения смертности и травматизма от дорожно-транспортных происшествий важным аспектом является необходимость расчета социального и экономического ущерба в абсолютном исчислении.

Расчетные методы обоснования величины экономического ущерба в результате гибели и ранения людей в ДТП позволяют оценить эффективность мер и экономического эффект от реализации мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения как в масштабах республики, так и при осуществлении конкретных работ на отдельных участках дорог.

Особую актуальность представляет разработка методики определения такого ущерба, которая позволит сопоставлять полученные расчетные данные по Республике Беларусь с зарубежными данными.

Целью данной работы является изучение основных методик по учету потерь от дорожно-транспортных происшествий, применимость и определение наиболее эффективных для Республики Беларусь, выявление необходимых направлений деятельности по сокращению количества дорожно-транспортных происшествий и социально-экономического ущерба в их результате.

Изучены и проанализированы основные методики, используемые различными европейскими государствами, США, а также странами СНГ. Проведены исследования по вопросам учета потерь от дорожно-транспортных происшествий, основным путям их предотвращения, основным направлениям деятельности по снижению аварийности, а также проанализирована применимость данных методик для Республики Беларусь с целью формирования более эффективного и качественного

уровня взаимодействия и комплексного решения существующих проблем в вопросах обеспечения безопасности дорожного движения.

## Применение геосинтетики при устройстве дорожных одежд на автомобильных дорогах

Адашкевич В.И., Гаврюш Е.А.

Белорусский национальный технический университет

За два последних года в организациях дорожного хозяйства внедрялся ряд современных и новых технологий и материалов. Это применение щебеночно-мастичных асфальтобетонов, устройство защитных слоев и устранение колеиности по технологии Slurry Seal, производство и применение битумных эмульсий, производство и применение кубовидного щебня, устройство защитных слоев по мембранной технологии, производство и применение битумно-полимерной ленты, применение георешеток, стеклосеток и геосеток, устройство тросового ограждения на автомобильных дорогах, освоение технологии изготовления мелкоштучных бетонных элементов методом вибропрессования, облегченных павильонов из металлоконструкций и монолитных железобетонных автопавильонов.

Геосинтетики — класс строительных материалов, как правило, синтетических, а также из другого сырья (минерального, стекло- или базальтовые волокна и др.), поставляемых в сложенном компактном виде (рулоны, блоки, плиты и др.) и предназначенных для создания слоев различного назначения (армирующих, дренирующих, защитных, фильтрующих, гидроизолирующих, теплоизолирующих) в транспортном, гражданском и гидротехническом строительстве.

Для асфальтобетона:

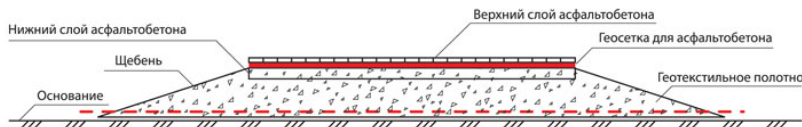


Рисунок – Схема применения геосетки

Применение геосеток в строительстве коренным образом изменило характер работ, связанных с закреплением откосов, устройством подпорных стенок, оснований дорог. Теперь больше не требуются больших объемов бетонных и земляных работ, так как для получения необходимого результата используется песок и армирующие геосетки, геоткани, георешетки, геоячейки. Использование геосинтетиков дает большой экономический эффект, так как почти пропадает необходимость в крупных объемах бетона, стали, привозного природного камня. Кроме того, облегчается сам ход работ и их продолжительность, что в конечном счете позво-



лает в разы снизить затраты.

УДК 625.72

### **Анализ подходов обеспечения и нормирования обзорности водителем пути в направлении движения**

Бондарь А.И., Шарейко В.А., Селюков Д.Д.  
Белорусский национальный технический университет

Различают субъективный, технический, системно-технический и антропоцентрический подходы к нормированию элементов автомобильных дорог. Технический подход нормирования продольной видимости пути перед водителем транспортного средства предложен в 1938 году Г.Д. Дубелиром. Из девяти схем, предложенных им, по определению продольной видимости пути перед водителем автомобиля в действующем нормативном документе по проектированию автомобильных дорог включена одна.

Противоречивость требований технического, системотехнического и антропоцентрического подхода затрудняет принять проектное решение, которое удовлетворяло бы всем им одновременно. Наличие этих подходов к нормированию элементов автомобильных дорог, в том числе и обзорности, указывают в большей части на актуальность проблемы, чем на ее решение. Это вынуждает разрабатывать новый подход к нормированию элементов автомобильных дорог, а именно системно-функционально-деятельностный подход. Это подход, при котором на научной основе обеспечивают нормальное функционирование сложной социально-детерминированной биомеханической системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения», направленное на повышение эффективности оказания транспортных услуг за счет повышения безопасности и снижения аварийности.

Обзорность – характеристика функционально-конструктивного единства элементов системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения», определяющая объективную возможность водителю при помощи зрения воспринимать в процессе управления транспортным средством изменяющуюся информацию об условиях дорожного движения и о транспортном средстве, которая представляет для него опасность движению.

Обзорность – это необходимое условие для восприятия водителем информации об условиях дорожного движения на ее участках с ограниченной видимостью. Обзорность является одной из конструктивных особенностей и эксплуатационного состояния дороги, влияющая на аварийность и безопасность дорожного движения.

# **Строительство автомобильных дорог**

## Совершенствование методов оценки степени уплотнения асфальтобетона

Яромко В.Н.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Степень уплотнения асфальтобетона, как известно, характеризуется коэффициентом уплотнения. Коэффициент уплотнения асфальтобетона в конструктивных слоях дорожной одежды ( $K_y$ ) по ГОСТ 12801-98 и СТБ 1115-2004 определяют по формуле

$$K_y = \rho_m^a / \rho_{m(\text{перереформ})}^a \quad (1),$$

где  $\rho_m^a$  и  $\rho_{m(\text{перереформ})}^a$  – соответственно средняя плотность асфальтобетона из конструктивного слоя и перереформованного из него образца (эталонная плотность)

Однако перереформование образца в лаборатории имеет ряд недостатков:

- условность схемы уплотнения и прилагаемой нагрузки (нагрузка не соответствует фактической, уплотнение образца происходит в жесткой обойме);

- повторный нагрев смеси;

- дробление щебня (до 25 %), что ведет к искажению всех его показателей.

Для устранения указанных недостатков коэффициент уплотнения асфальтобетона в конструктивных слоях дорожной одежды ( $K_y$ ) рекомендуется определять по формуле

$$K_y = \rho_m^a / \rho^a \quad (2),$$

где  $\rho_m^a$  и  $\rho^a$  – соответственно средняя и истинная плотность образцов асфальтобетона из конструктивного слоя по ГОСТ 12801-98 и СТБ 1115-2004, г/см<sup>3</sup>.

Как известно, истинная плотность характеризует не материал, а вещество, из которого состоит материал, — это физическая константа вещества.

В связи с этим, принимая в качестве эталонной плотности асфальтобетона его истинную плотность, как физическую константу вещества, нет необходимости перереформовывать образцы, что исключает связанные с этим вышеуказанные недостатки и ошибки.

Внедрение разработанного метода оценки степени уплотнения асфальтобетона позволяет снизить продолжительность и трудоемкость испытаний и повысить объективность оценки.

**Основы организации и проведения энергоаудита  
на асфальтобетонных заводах**

Змачинский А.Э.

Белорусский национальный технический университет

Энергетический аудит – это техническое обследование, анализ экономичности работы систем энергогенерирования и энергопотребления в целях определения возможной экономии затрат энергоресурсов.

Задачи энергоаудита – выявить источники нерациональных энергозатрат, неоправданных потерь энергии и финансов; разработать на основе технико-экономического анализа рекомендации по их ликвидации; предложить программу по экономии энергоресурсов и рациональному энергопользованию; определить очерёдность реализации предлагаемых мероприятий с технико-экономическим анализом объёмов затрат и сроков окупаемости.

Организация и проведение работ по энергетическому обследованию предприятия обычно включает четыре этапа.

Этап 1.

Предварительный контакт с руководителем. Ознакомление с основными потребителями; общей структурой производства и распределения энергоресурсов; стоящими перед предприятием проблемами, затрудняющими его нормальное функционирование (дефицит мощностей и др.).

Этап 2.

Сбор общей документальной информации.

Этап 3.

Сбор необходимой дополнительной документальной информации по тарифам на закупаемые энергоресурсы. Конечная цель энергоресурсаудита – это снижение расходов энергоресурсов, в том числе и воды, а также финансовых затрат на их производство и потребление.

В результате энергоаудита составляется и передается руководству предприятия заказчика отчет с программой энергоресурсосбережения.

Этап 4.

Оказание помощи в организации на предприятии системы постоянно действующего учета и анализа эффективности расхода энергоресурсов подразделениями и предприятия в целом.

Приборы, применяемые при энергетических обследованиях, должны позволять проводить измерения без остановки работающего оборудования, обеспечивать возможность сбора информации без постоянного присутствия энергоаудитора, перемещать полученную информацию в компьютер для ее последующей обработки.

## **Оценка эффективности получения асфальтобетона с торфоактивированными минеральными заполнителями**

Будниченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

Эксплуатационная долговечность асфальтобетона в значительной мере зависит от прочности его структуры, которая определяется в основном величиной адгезионной связи, осуществляемой на границе раздела фаз между поверхностью каменных материалов и битумом. Эффективным средством, направленным на увеличение адгезионной связи между структурными компонентами асфальтобетона является их активация.

Известно, что при термической переработке любого вида топлива (и торфа в том числе) имеет место деструкция его горючей части с образованием жидких и твердых продуктов. Исходя из этого, в качестве нового метода активации минеральных заполнителей в асфальтобетоне впервые рассмотрена и реализована возможность использования торфа, как эффективной активирующей добавки.

Необходимым условием надежности материалов конструктивных слоев дорожных одежд, и особенно – покрытия, является учет одновременного влияние всех факторов внешнего воздействия, т.е. обеспечение выполнения следующих требований: сдвигоустойчивость, трещиностойкость, коррозионная стойкость, усталостная долговечность.

Структуру материала дорожного покрытия (основания) можно считать оптимальной, если она имеет максимальную надежность по всем факторам внешнего воздействия.

Для оценки влияния торфоактивации на физико-механические свойства и надежность асфальтобетона было выполнено следующее:

- разработана технология активации минерального материала с учетом экспериментально-разработанной математической модели;
- из активированного минерального материала формованы образцы асфальтобетона, на которых определяли физико-механические характеристики, а также оценивали общий уровень надежности получившегося асфальтобетона.

Проведенный анализ физико-механических характеристик образцов асфальтобетона различных типов показал устойчивую тенденцию улучшения всех прочностных показателей и улучшение коррозионной стойкости асфальтобетонов содержащих торфоактивированные компоненты. Также отмечен рост общего уровня надежности асфальтобетонов с активированными заполнителями, что в свою очередь увеличивает расчетный срок службы материала.

## **Структурообразование асфальтобетона и деструктивные процессы при его эксплуатации**

Козицкий П.А., Будниченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

Накопленный опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий свидетельствует о том, что повысить их долговечность и надежность работы можно за счет оптимизации структуры асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов.

При этом необходимо учитывать постоянно возрастающую интенсивность дорожного движения, увеличивающиеся нагрузки на ось транспортных средств.

Возрастает капиталность конструкций дорожных одежд. В силу более глубокой переработки нефти изменяется в состав и структура дорожных битумов, что ухудшило их деформативные и адгезионные свойства. Более широко применяется разнообразное техногенное сырье.

Не менее важным является более полноценный учет влияния на асфальтобетонные покрытия климатических факторов, эксплуатационных воздействий, обусловленных использованием более эффективных противогололедных реагентов.

Принципиально изменяются конструктивные особенности, энерговооруженность и технологические возможности дорожно-строительных машин и механизмов нового поколения, что отражается на современных технологических приемах производства дорожно-строительных работ. С этими обстоятельствами связана необходимость использования более эффективных многокомпонентных асфальтобетонных смесей.

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

Современная технология позволяет использовать машины, оборудование, поверхностно-активные добавки с принципиально новыми технологическими возможностями, что позволяет направленно регулировать строительно-техническими, технологическими и эксплуатационными свойствами асфальтобетона. Этому препятствует отсутствие надежной теории, объясняющей структурообразование асфальтобетона и деструктивные процессы, происходящие при его эксплуатации в современных условиях.

**Методика испытания усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий на треке поверхностного тестирования (Pavement Test Track)**

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. Одной из основных причин данного факта следует считать отсутствие 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

Испытание в *NCAT* на треке поверхностного исследования (Pavement Test Track) проводилось с 2009 по 2011 год.

1,7-мильный овалый трек, находящийся в Опелике, Алабама, является единственным в своем роде комплексом укоренного исследования покрытия, объединяющего реальные конструкции покрытия и реальную транспортную нагрузку.

Десятимиллионное приложение нагрузки 100 МПа, достигается за два года, благодаря парку тяжело нагруженных грузовиков, которые ездят по 16 часов в день, 5 дней в неделю. Это быстрое исследование и анализ покрытия дает ответ на различные вопросы (безопасности, применения инновационных материалов и т.д.), быстрее, чем обычное секционное дорожное испытание.

Таким образом полевые испытания, проведенные *NCAT*, и лабораторные исследования дают одинаковые результаты. Следовательно, 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-вязкопластической и упруго-вязкой моделей методом минимизации разности площадей опытной и расчетной диаграмм цикловой деформации.

## **Требования евростандартов к асфальтобетонам**

Игошкин Д.Г.

Государственного предприятия «БелдорНИИ»

Обеспечение долговечности конструкций, безопасность движения и потребительские качества в значительной мере определяются уровнем норм проектирования и эксплуатации.

Интерес к евростандартам со стороны Беларуси объясняется возможностью быстрого расширения перечня применяемых материалов и технологий, и получения максимального эффекта от внедрения инноваций.

В отличие от стандарта СТБ 1033, европейские стандарты на асфальтобетон практически не содержат конкретных требований к показателям физико-механических свойств. В евростандартах, как правило, приводятся лишь классификация асфальтобетонов по большому числу критериев качества. Окончательное значение того или иного показателя качества асфальтобетона определяется лишь в проектной документации и содержится в маркировке (паспорте) продукции.

Требуемые значения физико-механических свойств асфальтобетона могут устанавливаться проектной организацией, либо содержаться в национальных приложениях к евростандартам, разрабатываемых в некоторых странах Евросоюза, либо просто декларироваться фирмой – производителем асфальтобетонной смеси.

Система европейских стандартов на асфальтобетон прилагает целый спектр методов испытаний. По каждому показателю существует несколько методик их определения, и страны Европейского Союза выбирают для себя наиболее приемлемые варианты.

В настоящее время предприятия дорожной отрасли Республике Беларусь не имеют опыта проектирования и строительства дорожных покрытий с использованием асфальтобетонов по евростандартам.

Для выбора критериев качества различных типов асфальтобетона, определения необходимых для проектирования свойств (модуль упругости, предел прочности при растяжении и др.) потребуется накопить опыт эксплуатации покрытий, приобрести дорогостоящее лабораторное оборудование, обучить сотрудников проектных и производственных организаций.

Без проведения этих мероприятий применение евростандартов возможно лишь при реализации инвестиционных проектов, с готовыми проектными решениями, устанавливающими требования к материалу покрытия, либо при экспорте услуг по строительству асфальтобетонных покрытий в другие страны, где такие требования уже разработаны.



## Дробление щебня на основе эффекта Ребиндера

Савуха А.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из главных материалов, применяющихся в строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог, является щебень. От характеристик щебня в значительной мере зависят потребительские свойства (ровность, коэффициент сцепления и т.д.) и долговечность производимых на его основе материалов.

Эффект Ребиндера – эффект адсорбционного понижения прочности твёрдых тел, облегчение деформации и разрушения твёрдых тел вследствие обратимого физико-химического воздействия среды.

Прочность щебня (гравия) была оценена косвенным показателем дробимости при сжатии в стальном цилиндре.

По окончании испытаний была определена марка каменного материала по дробимости, по СТБ равная 1200.

После этого было отобрано ещё 3 кг того же каменного материала (щебня). Щебень был полит из пульверизатора 0,1 % раствором хлорида цетилпиридиния и оставлен на 10 минут для пропитки. Затем щебень был снова испытан стандартным методом для определения марки по дробимости.

После применения раствора хлорида цетилпиридиния марка по дробимости снизилась и стала равняться 1000.

В дальнейшем по той же методике были испытаны 0,2-0,5%-ные растворы хлорида цетилпиридиния.

При концентрации хлорида цетилпиридиния свыше 0,4% эффект Ребиндера пропадает, поэтому дальнейшее увеличение расхода ПАВ нецелесообразно.

Одним из ощутимых преимуществ Эффекта Ребиндера, является использование очень малого количества ПАВ для достижения необходимого результата, что удешевляет стоимость обработки минерального каменного материала или цементобетонного покрытия.

Таким образом было предложено увеличение степени дробимости и уменьшение марки по прочности минеральных каменных материалов на основе эффекта Ребиндера, а также улучшение экологической обстановки и снижение энергозатрат при применении данного способа дробления минеральных каменных материалов.

Перспективой применения эффекта Ребиндера в дорожном строительстве является снижение энергозатрат при дроблении старых цементобетонных покрытий.

## **Метеорологическая информация и ее учет при эксплуатации автомобильных дорог**

Паращенко Л.А.

Белорусский национальный технический университет

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

Условия движения в период действия неблагоприятных метеорологических явлений значительно сложнее, чем при сухом, чистом покрытии и обочинах. Различия определяются рядом факторов, основные из которых: снижение сцепных качеств покрытия, изменение взаимодействия автомобиля с дорогой, ухудшение ровности покрытия под влиянием осадков, гололеда, тумана, повышенной влажности воздуха; увеличение сопротивления движению; уменьшение метеорологической видимости в период туманов, осадков, пурги, слепящего действия солнца, изменяющих восприятие условий движения водителем; ухудшение эксплуатационно-технических качеств автомобиля.

Для Республики Беларусь наиболее трудные условия движения наблюдаются в зимний и осенне-весенний периоды. Наиболее трудные периоды года и должны быть приняты за расчетные при выборе методов и средств обеспечения удобства и безопасности движения.

В дорожной конструкции происходят сложные процессы: нагревание, охлаждение, промерзание, оттаивание, испарение, конденсация, сублимация, облимация.

В результате в дорожной конструкции систематически происходят диффузионные процессы тепла и влаги, называемые тепломассопереносом или тепловлагообменом, обуславливающие колебание влажности и температуры.

Изменение характеристик водно-теплового режима существенно влияет на прочность, долговечность полотна и дорог, приводит к снижению транспортно-эксплуатационных свойств дорог.

Природные явления в ряде случаев не могут быть устранены людьми, поэтому необходимо с учетом этих явлений находить инженерные решения, которые бы обеспечивали сооружениям необходимые технические и эксплуатационные качества. Поэтому инженеру-строителю автомобильных дорог необходимо в совершенстве владеть знаниями по метеорологии и климатологии.

Научный руководитель работы – профессор Леонович И.И.

## **Экологические аспекты работы асфальтобетонных заводов**

Горский А.Ю., Кажуро С.М., Куприянчик А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Асфальтобетонные заводы (АБЗ) являются источниками выброса в атмосферу загрязняющих веществ. При этом в окружающую среду выделяются такие загрязняющие вещества, как углеводороды, сернистый газ, окись углерода, фенол, окислы азота. Основным ингредиентом, содержащимся в выбросах, является неорганическая пыль.

Наибольшее количество вредных веществ выделяется при производстве асфальтобетонных смесей, что обусловлено высокой температурой их приготовления. Существенное влияние на качество выбросов АБЗ оказывает тип асфальтобетонной смеси и вид применяемого топлива.

Загрязнение окружающей среды со стороны АБЗ происходит в результате выбросов и размещении отходов дорожно-строительной промышленности. Таким образом, его воздействие на окружающую среду является значительным, и потому изучение данного вопроса с точки зрения воздействия на окружающую среду является актуальным.

Таким образом, асфальтобетонный завод, являясь источником загрязнения среды обитания, негативно влияет на здоровье человека, приводя к развитию всевозможных заболеваний, отравлений, а в особо опасных случаях может привести и к летальному исходу.

Проанализировав состав образующихся загрязнителей, можно установить, что в результате деятельности АБЗ приоритетными загрязняющими веществами, поступающими в окружающую среду, являются такие вещества как бензапирен, соединения тяжелых металлов, мазутная зола, фтористые газообразные соединения, сернистый ангидрид, оксиды азота.

В процессе деятельности АБЗ образуются твердые бытовые отходы, которые утилизируются или вывозятся с территории предприятия.

Рассмотрено влияние загрязняющих веществ на окружающую среду. Вещества, поступающие в атмосферу с выбросами, ухудшают состояние воздушной среды, влияют на состояние почвы и гидросферы, являются источниками вторичного загрязнения, нарушают нормальное функционирование растений и живых организмов, а также негативно сказываются на органах дыхания человека и на здоровье в целом.

Проанализированы средства, методы и установки, позволяющие не только минимизировать количество выбросов в атмосферу, но и добиться требуемого качества окружающей среды, улучшить культуру производства.

**Оценка усталостной долговечности асфальтобетона  
при асимметричном цикле нагружения**

Кравченко С.Е.

Белорусский национальный технический университет

Процесс снижения прочностных и других физико-механических характеристик асфальтобетонных покрытий имеет механохимическую природу. Механический фактор деградации структуры асфальтобетона представляет собой накопление необратимых изменений в виде трещин, микросдвигов и других повреждений в результате действия транспортных нагрузок и погодноклиматических факторов. Химический фактор деградации проявляется в том, что битум, как важнейший связующий компонент асфальтобетонной смеси, подвергается окислению кислородом воздуха, причем окисление интенсифицируется при перегреве, в ряде случаев имеющем место при переработке и эксплуатации. В свою очередь, окисленный битум является нестабильным веществом и склонен к старению.

Асфальтобетон, как правило, подвержен воздействию переменных циклических нагрузок, создаваемых при движении автомобильного транспорта. К наиболее распространенным способам аттестации механических свойств материалов дорожных покрытий относятся стандартные испытания на циклическое сжатие цилиндрических образцов и трехточечный изгиб призматических образцов.

В ходе циклических испытаний обычно определяются предел усталостной прочности образцов и число циклов до разрушения при знакопеременном или пульсирующем циклах нагружения, отражающие деградацию асфальтобетона. Однако использование вышеуказанных видов усталостных испытаний не позволяет оценить деградацию материала в реальных условиях за приемлемое число циклов, что приводит к неточной оценке долговечности и значительному объему испытаний. В этой связи, методы прогнозирования работоспособности дорожных покрытий из асфальтобетона требуют модификации.

Из существующих методов экспериментальных исследований усталостных свойств конструкционных материалов применительно к аттестации асфальтобетона следует выделить усталостные испытания при асимметричном цикле нагружения, как наиболее достоверно отражающий реальные условия эксплуатации дорожных покрытий. Для асфальтобетона, как упруговязкопластичного материала, проблема прогнозирования усталостной долговечности усложняется релаксационными процессами, наличием механического гистерезиса и выраженной зависимостью деформационнопрочностных свойств асфальтобетона от температуры.

## **Технология получения активированного минерального порошка на мельницах «Аэрофол»**

Куприянчик А.А., Кушнеревич А.П.  
Белорусский национальный технический университет

Накопленный опыт применения минерального порошка из доломита в составе асфальтобетона показывает, что наряду с положительными качествами, он обладает такими отрицательными свойствами как битумоемкость и гидрофильность. Битумоемкость минерального порошка приводит к дополнительному расходу битума (наиболее дорогого компонента) в составе асфальтобетона. Обеспечение гидрофобности минерального порошка позволит решить вопросы его хранения.

В Белорусском национальном техническом университете были выполнены исследования по получению активированного минерального порошка (АМП), который не имеет указанных недостатков.

На производственной базе ОАО «Доломит» (г. Витебск) были выполнены работы по отработке технологии получения АМП на мельницах «Аэрофол».

Технологический процесс производства включает в себя: первичное и вторичное дробление; совмещенную сушку и помол (до фракции 0–1 мм) в мельницах самоизмельчения «Аэрофол» и молотковых мельницах; введение активатора; улавливание готового продукта в циклонах и электрофильтрах; транспортировку продукции в силосные склады с помощью пневмотранспорта и механического транспорта.

Мельницы самоизмельчения «Аэрофол», называемые иногда мельницами без мелющих тел, хотя это и неточно. На сырьевом переделе их используют в двухстадийных схемах на первой стадии совмещенной сушки и грубого помола. D / L2 5 - 4, торцовые днища которого имеют концентрические выступы треугольного профиля, причем барабан отфутерован плитами с подъемными ребрами и вращается с частотой, равной 60 – 95 % критической. При частотах 85 – 90 % от критических преобладает водопадный режим, и мельница выдает более грубый продукт. В мельницу подают сырьевой материал после первой стадии дробления с крупностью до 300 – 500 мм, причем мельница выдает продукт с тонкостью, характеризуемой 50 -70 % остатка на сите № 008, который выносится из мельницы газовоздушным потоком. При скоростях менее 80 % критической преобладает каскадный режим, и мельница выдает более тонкий продукт.

Проведенные испытания полученного АМП и асфальтобетона на его основе, позволяют сделать вывод о его перспективности рассмотренной технологии получения АМП на мельницах «Аэрофол».

## **Ресурсосбережение в дорожно-транспортном комплексе Республики Беларусь**

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

План действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды нашей страны в качестве первоочередных задач в дорожно-транспортном комплексе определяет совершенствование дорожной системы и создание необходимой инфраструктуры, обеспечивающей снижение воздействия транспорта на окружающую среду. Сегодня девизом дорожников должно стать создание современных автомагистралей, которые обеспечивают не только безопасность движения, но и высокие экологические параметры.

Повышение экологической безопасности в дорожно-транспортном комплексе требует осуществления дорожниками природоохранных мероприятий, которые в большинстве случаев сопряжены со значительными финансовыми затратами.

Большие резервы энерго- и ресурсосбережения в дорожной отрасли сосредоточены в области производственной и технической эксплуатации дорожно-строительной техники. Не менее важным вопросом производственной эксплуатации является обновление существующих устаревших машинных парков эффективной дорожной техникой.

Для проведения природоохранных мероприятий и расширения сети дорог требуется большое количество строительных материалов, сырьевая база которых может быть существенно расширена за счет отходов промышленности.

Среди наиболее эффективных и масштабных мероприятий, направленных на экономию ресурсов, можно также назвать технологию холодного фрезерования старых дорожных покрытий с последующей укладкой полужесткого асфальтового гранулята в новое покрытие и технологию реабилитации старых асфальтобетонных покрытий методом пропитки с использованием специальных битумных катионных эмульсий.

Целесообразно выделить основные пути снижения энерго- и ресурсоемкости капитальных ремонтов асфальтобетонных покрытий: снижение энергозатрат на нагрев материалов для приготовления асфальтобетонных смесей; сокращение энергозатрат на транспортирование материалов; сокращение энергозатрат на сушку минеральных материалов; сокращение удельного расхода нефтяных битумов за счет использования альтернативных вяжущих; сокращение удельного расхода минеральных ресурсов при рациональном выборе конструкций дорожной одежды.

**Селективная активация портландцемента**

Ковалев Я.Н., Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Увеличение объемов промышленного и гражданского строительства требует улучшения качества портландцемента. Основной технологической операцией, оказывающей определяющее влияние на активность цемента, является помол клинкера и добавок. Цементный клинкер характеризуется сопротивлением разрушения, причем на различных ступенях тонкого измельчения – это сопротивление различно. Чем меньше размер частицы, тем выше расход энергии на ее разрушение. Используемые в цементной промышленности шаровые мельницы характеризуются низкой эффективностью. На полезную работу измельчения в них расходуется около 10% всей подводимой энергии. Дисперсность же цементного порошка, его зерновой состав, а также форма зерен в значительной степени зависят от вида помольного агрегата, использование открытого или замкнутого цикла помола, скорости удара мелющих тел и т.п. Особого внимания заслуживает метод ударного измельчения, который позволяет получать продукт с узкой гранулометрией. Этот метод может быть реализован при использовании ударно-центробежной установки производства НПО «Центр».

Известно, что разные фракции цементного порошка оказывают влияние на прочность цемента, изменяя его водопотребность и скорость твердения, так частицы с размерами до 5 мкм определяют рост прочности в первые часы твердения. Частицы с размером 5-10 мкм определяют прочность цементного камня в 3-7-суточном возрасте [1; 2], а фракция 10 – 20 мкм определяет прочность в 28-суточном возрасте. Таким образом, измельчая один и тот же клинкер и изменяя долю частиц размером 5-20 мкм можно получить цемент различных марок. Следовательно, при активации цемента путем его помола в замкнутом цикле необходимо получить порошок узкой гранулометрии (10 – 40 мкм), которая должна пополняться за счет измельчения крупных малоактивных зерен цемента. Граничная крупность разделения зерен цемента изменяется путем регулирования параметров работы воздушно-центробежного классификатора, отделяющего фракцию менее 40 мкм и последующего домола выделенной фракции более 40 мкм, т.е. активации цемента осуществляется селективно, Использование данного метода позволяет увеличить в цементе долю зерен средней, наиболее ценной фракции.

Литература:

1. Липилин А.Б. и др. // Строительные материалы – 2007 – № 6. – С. 74–76.
2. Сю Линлин и др. // Цемент и его применение. – 2012. – № 9. – С. 99–100.

**Энергосберегающие технологии при производстве цементного клинкера, извести и гипса**

Ковалев Я.Н., Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Существуют два способа производства цементного клинкера – мокрый и сухой. При получении клинкера по мокрому способу затраты тепла составляет 5900 – 6700 кДж на 1 кг клинкера. Основной причиной такого большого расхода тепла является высокая влажность шлама. Уменьшение влажности шлама на 1 % увеличивает производительность печи на 1,5% и способствует сокращению расхода топлива на 1 – 1,5%. Таким образом, при снижении влажности шлама до 10 – 15% появляется возможность обжигать материал в укороченных печах по комбинированному способу, когда сырьевая смесь готовится в виде шлама, а на обжиг поступает полусухая масса. Понизить влажность шлама можно двумя основными способами.

Первый способ предусматривает интенсификацию процесса передачи тепла от печных газов обжигаемому материалу, используя цепные завесы, фильтры-подагреватели, ячеювые или звеньевые теплообменники, полочную футеровку печи, впрыскивание шлама в печь через специальные форсунки.

Второй способ связан с уменьшением влажности сырьевого шлама до подачи его в печь. Для этого используют разжижители, вид и количество которых зависит от их стоимости, а также от свойств сырьевой смеси конкретного завода. Разжижители в количестве 0,15 – 0,3% от массы сухого вещества шлама позволяют снизить его влажность на 4 – 8% при сохранении текучести шлама.

Все эти способы усложняют технологический процесс и приводят к увеличению пылеуноса. Наиболее рациональным, с нашей точки зрения способом снижения влажности шлама является использование центрифуг, производимых НПО «Центр». К ним относятся автоматическая центрифуга лопастного типа с инерционной выгрузкой осадка и осадительная центрифуга непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка. Использование этих центрифуг в качестве сгустителей непрерывного действия может существенно снизить энергозатраты при производстве не только цементного клинкера, но и извести, так как технологии их получения практически идентичны. Названное оборудование может быть также использовано и при переработке фосфогипса на стадии его отмывки от примесей, последующего обезвоживания и термообработки для получения строительного гипса различных марок.



## **К вопросу применения технологии «горячее по горячему» при устройстве покрытий дорог в условиях Республики Беларусь**

Парашенко Л.А., Горнов А.А., Куприянчик А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Новый, предлагаемый немецкой фирмой Vögele, способ укладки, представляет собой инновационный способ устройства дорожных одежд по принципу «горячее по горячему» InLine. Эта технология особенно пригодна для устройства новых и восстановления старых высоконагруженных дорог.

Термин InLine Pave означает, что укладка слоев покрытия производится двумя укладчиками, движущимися друг за другом. При этом используется рабочий орган высокого уплотнения, который позволяет достигать уплотнения, очень близкого к параметрам окончательного уплотнения.

Укладка слоев покрытия производится строительным поездом, состоящим из двух укладчиков для укладки нижнего и верхнего слоя покрытия, а также перегружателя, обеспечивающего бесперебойную подачу материалов для этих слоев. Слои покрытия устраиваются из укатываемого асфальтобетона различного состава, что дает два следующих преимущества: 1) теплоемкость нижнего слоя способствует задержке охлаждения тонкого верхнего слоя, что значительно улучшает его уплотняемость; 2) сцепление обоих слоев существенно увеличивается, повышается надежность их связи без промежуточного слоя вяжущего и увеличивается срок службы дорожной одежды.

Благодаря большему аккумулярованию тепла укладка без проблем возможна в более холодное время года и при влажных погодных условиях. Снижение затрат при укладке «горячее по горячему» особенно проявляется в том, что в этом случае толщина верхнего слоя асфальтобетона может быть меньше по сравнению с обычно принимаемой в дорожном строительстве. Уплотнение слоя такой толщины не создает проблем, так что опасность колеобразования в слишком толстом и мягком слое теперь может быть полностью устранена.

Кроме сравнительно небольших инвестиций эта технология, отличается большой экономичностью, поскольку при небольшом переоборудовании используемые машины могут применяться для других дорожно-строительных работ.

Выполненный предварительный сметно-финансовый расчет показал, что применение технологии InLine Pave позволяет снизить прямые затраты в размере 3,16 млн. рублей на 1000 м<sup>2</sup> (в ценах 2006 года). Процент снижения прямых затрат составляет 11,75%.

## Материалы для разметки дорог

Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Дорожная разметка служит для организации дорожного движения самостоятельно или в сочетании с другими техническими средствами организации дорожного движения и сообщения определённой информации участникам дорожного движения.

Она может быть постоянной или временной. Для постоянной разметки в большинстве стран используют белую краску или пластиковые материалы. Временная разметка используется при строительных работах. Она часто жёлтого, оранжевого или красного цвета, чтобы указать на то, что постоянная разметка временно недействительна.

В настоящее время в основном дорожная разметка выполняется эмалями (красками), термопластиками, двухкомпонентными пластиками холодного нанесения и другими долговечными материалами. На дорогах магистрального и республиканского значений дополнительно включаются элементы, имеющие структурную текстуру, обеспечивая при этом дополнительную безопасность для участников дорожного движения.

Современный этап развития дорожной отрасли характеризуется ужесточением требований к дорожной разметке — увеличиваются гарантийные сроки, в процессе эксплуатации контролируется не только ее сохранность по площади, но и фотометрические параметры.

Качество и продолжительность функциональной долговечности дорожной разметки зависит от ряда факторов. Прежде всего, следует выделить следующие:

- качество материалов и изделий, используемых для разметки;
- вид технологии и оборудования для нанесения разметки;
- качество подготовки дорожного покрытия;
- соблюдение технологии нанесения разметки;
- условия эксплуатации автомобильной дорог и улицы и, соответственно, разметки.

Качественному нанесению дорожной разметки должны предшествовать два важных мероприятия: оценка уровня эксплуатационной нагрузки автомобильной дороги, на которой будет нанесена разметка и, как следствие, правильный выбор материала.

Специалисты порой расходятся во мнении по оценке «весомости» каждого из перечисленных факторов, но, бесспорным является то, что высокое качество разметки не может быть обеспечено при использовании «второсортных» материалов и изделий.

**Диагностика и управление  
эксплуатационным  
состоянием  
автомобильных дорог  
и аэродромов**

## Теория отказов в дорожной практике

Трахимович И.С.

Белорусский национальный технический университет

Отказ – событие, при котором объект переходит из рабочего состояния в нерабочее. По причинам и значимости отказы подразделяются на: критические, ресурсные, независимые, зависимые, внезапные, постепенные, промежуточные, явные, скрытые, конструктивные, производственные, эксплуатационные, деградационные и др.

Отказы автомобильных дорог и отдельных их сооружений имеют решающее значение при определении надежности и долговечности покрытия. Специфика эксплуатации дорог требует особого подхода как в установлении отказов, так и в определении надежности сооружения. Причинами отказа являются явления, процессы, события и состояния, вызывающие отказ в выполнении соответствующих функций.

Типичные отказы покрытия связаны с появлением выбоин, уменьшение коэффициента сцепления, появление неровностей (волн), образование колеи и т.д.

Отказы (дефекты) влияют на безопасность, комфортность дорожного движения. Количественной мерой влияния отказов на эффективность дорожного движения является скорость транспортного средства. Для оценки влияния отказов на скорость зададимся коэффициентом безопасности – отношение максимальной скорости на участке 2 к максимальной скорости на предшествующем участке 1 (скорость въезда на участок 2):

$$K = (V_{\text{max}2}) / (V_{\text{max}1}), \quad (1)$$

где  $V_{\text{max}1}$  – максимальная скорость на участке 1, км/ч;

$V_{\text{max}2}$  – максимальная скорость на участке 2, км/ч.

$$(V_{\text{max}2}) / (V_{\text{max}1}) = (N_1 + b_1)(N_2 + b_2) \dots (N_i + b_i), \quad (2)$$

где  $N_1$  – количество участков дороги, не имеющие данного вида дефекта, (км);

$b_1$  – коэффициент аварийности, характеризующий ущерб от данного вида дефекта, (бел. руб, количество ДТП и т.п.)

$(N_i + b_i)$  – выражение в скобках – отказ от данного вида дефекта покрытия автомобильной дороги.

$V_{\text{max}1} = 90$  км/ч (для дорог вне населенных пунктов для Республики Беларусь).

Работа выполнена под руководством И.И. Леоновича.

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Вопросам диагностики автомобильных дорог и аэродромов ученые и инженерно-технические работники стали заниматься давно. В трудах профессора Г.Д. Дубелира можно найти фрагменты оценки качества дорог, которые преволированы в 20-ые – 30-е годы XX столетия. Существенный вклад в оценку качеств автомобильных дорог внес проф. А.К. Бируля.

Длительное время на практике использовали для определения ровности дорожного покрытия толчкомер, разработанный в ХАДИ. Профессор В.М. Сиденко (КАДИ) наряду с разработкой оригинальных учебных программ по эксплуатации автомобильных дорог предложил ряд решений и по их диагностике. Значительный вклад в теорию прочности, надежность и долговечность автомобильных дорог внесли проф. В.Ф. Бабков, М.Б. Корсунский, А.П. Васильев, В.К. Некрасов, А.В. Смирнов и др.

В настоящее время разработкой средств диагностики заняты Саратовский филиал СоюздорНИИ, профессора Ю.В. Кузнецов, Д.А. Павлюк и др.

Наряду с приборами, можно сказать, отечественного производства для диагностики автомобильных дорог широко применяются приборы зарубежных фирм – профилографы, дефлектометры, маятниковые приборы, анализаторы продольной ровности и др.

Благодаря наличию приборной базы и освоению методов комплексного диагностирования дорог создались условия для научного обоснования мер по эффективной эксплуатации дороги.

На современном этапе **проблемными вопросами** диагностики дорог являются: **совершенствование** теории содержания и ремонта дорог, учитывающие проектные, строительные и эксплуатационные аспекты функционирования дорожно- транспортного комплекса; **разработка и внедрение** в практику полифункциональные контрольно-измерительные мобильные лаборатории; **оснащение** дорожно- и аэродромных строительных и эксплуатационных организаций портативными приборами для операционного контроля и регулярного наблюдения за качеством работ и текущим состоянием объектов; **комплексное программное обеспечение** работ по сбору, обработке и дистанционного использования диагностической информации при принятии организационно-управленческих решений; **обучение персонала** строительных и эксплуатационных организаций использовать диагностическую информацию в своей повседневной работе. Диагностика дорог и аэродромов как метрологическая наука, требует своего дальнейшего развития.

**Автомобильные дороги и безопасность движения**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги в Республике Беларусь постоянно развиваются. В то же время развивается и автомобильный транспорт. Благодаря дорогам и транспорту функционируют постоянные коммуникационные связи как внутри страны, так и со смежными государствами.

Социально-экономическую роль дорог и транспорта переоценить не возможно. Она весьма существенна и с каждым годом повышается.

Вместе с тем автомобильные дороги и транспорт имеют и некоторые негативные стороны своего функционирования. Так, автомобильные дороги, построенные в условиях природного ландшафта, создают на него определенную нагрузку, затрудняют миграцию животных, влияют на гидрологические режимы местности.

Автомобильные дороги и транспорт являются зоной и объектом повышенной опасности. На дорогах и улицах по разным причинам происходят дорожно-транспортные происшествия (ДТП), приводящие к гибели и ранениям людей, значительные материальные потери.

В 2012 г. произошло 5187 ДТП, в результате которых 1038 человек погибло и 5569 ранено. В городах, посёлках и сельских населённых пунктах произошло 52.3% от общего количества и на загородных дорогах 47.7% (27.4% – дороги республиканские и 18.3% – местные).

Около 40% ДТП происходящего из-за неблагоприятного состояния проезжей части. Отчётные данные свидетельствуют, что и другие дорожные факторы оказывают влияние на дорожную аварийность.

Для повышения безопасности дорожного движения необходимо: повышать технические и транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и улиц; обеспечивать водителей транспортных средств и пешеходов информацией об условиях движения и опасных коллизиях; совершенствовать функционирование технических средств организаций движения, контроля за уровнем соблюдения установленных правил дорожного движения; проводить разъяснительную работу с населением по вопросам культуры поведения в общественных местах, на улицах и на дорогах; периодически пересматривать нормативно-правовые акты по вопросам организации и безопасности движения, приводя их в соответствие с уровнем развития дорожно-транспортного комплекса; улучшить профессиональную подготовку инженерных кадров, для работы в сфере проектирования, строительства и эксплуатации дорог, организации движения и технической безопасности дорожно-транспортного комплекса.

**Республика Беларусь в условиях изменения климата**

Мельник В.И., Комаровская Е.В.

ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр»

Республика Беларусь располагает широким спектром природных и социально-экономических ресурсов, позволяющих обеспечить ее устойчивое развитие. Вопросы устойчивого развития страны приобрели особую актуальность в последнюю четверть XX века, когда климатические, агроклиматические и водные ресурсы начали испытывать значительные антропогенные изменения различных временных и пространственных масштабов.

Анализ данных наблюдений гидрометеорологических станций в Беларуси выявил разнопериодные и разномасштабные изменения показателей климата и, в первую очередь, температуры воздуха. На протяжении почти всего XX века до конца восьмидесятых годов кратковременные периоды потеплений сменялись близкими по величине и продолжительности периодами похолоданий. Потепление, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, началось в 1989 году резким повышением температуры зимой. Начавшееся потепление продолжалось и все последующие годы, включая и последние годы. Исключением стал лишь 1996 г., когда средняя годовая температура воздуха по Беларуси была на несколько ниже нормы. В среднем этот период оказался более чем на 1° теплее обычного. Повышение температуры приходилось в основном на первые четыре месяца года. Положительная аномалия была максимальна в январе, +3,5 °С, и медленно уменьшаясь продолжалась по апрель (+2,0 °С).

Температурные особенности конца прошлого и начала этого века не могли не сказываться на хозяйственной деятельности.

Особенностью изменения климата за последние десятилетия является усиление экстремальности гидрометеорологических явлений. Ежегодно в нашей стране регистрируется от 9 до 30 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), суммарный масштаб ущерб от которых достигает нескольких десятков, иногда и сотен миллиардов белорусских рублей.

Полученные результаты исследований показали, что использование гидрометеорологической информации может дать значительный экономический эффект для экономики Республики Беларусь в целом за счет предотвращенного ущерба от опасных гидрометеорологических явлений.

Предполагается, что инвестиции, направленные на развитие гидрометеорологической службы, могут окупиться уже через два года, а каждый доллар инвестиций, направленный на техническую модернизацию и развитие государственной гидрометеорологической службы, может принести от 4,8 до 5,5 доллара выгод экономике в виде предотвращенного ущерба.

## Влияние качества лесных дорог на работу лесотранспорта

Вырко Н. П.

УО «Белорусский государственный технологический университет»

В Республике Беларусь, имеющей значительные запасы леса, ведутся в больших объемах заготовки древесины. Для доставки древесины потребителям необходимы развитый транспорт и дороги.

Работа лесовозного автомобильного транспорта характеризуется рядом технико-экономических показателей, среди которых можно выделить следующие: годовой объем вывозки, грузовая работа, скорость движения, производительность, себестоимость перевозки и другие.

В настоящее время объем лесозаготовок по всем видам рубок в республике составляет около 15 млн. м<sup>3</sup>. В связи с этим одним из важнейших показателей эффективности работы автотранспорта является себестоимость перевозок.

Между себестоимостью автомобильных перевозок и удельным весом дорог с твердым (качественным) покрытием существует следующая зависимость

$$C=0,3p^{-0,33},$$

где  $p$  – удельный вес дорог с твердым покрытием, %.

Чем выше качество покрытия дороги, тем выше скорость движения и производительность автопоезда на вывозке леса, а себестоимости транспортных работ уменьшается.

Нами проведены исследования влияния степени ровности дорожного покрытия на транспортно-эксплуатационные показатели работы лесовозного автотранспорта. Учитывая, что основным видом покрытия лесных дорог является гравийным, поэтому исследования проводились на дорогах с гравийным покрытием.

В результате проведенных исследований выделены основные факторы, влияющие на ровность покрытия и факторы, на которые влияет ровность покрытия. Анализ показывает, что наибольшее влияние на состояние транспортных путей оказывает прочность дорожной конструкции, погодно-климатические и грунтово-гидрологические факторы.

Неровность покрытия существенно влияет на работу лесовозного автотранспорта: средняя скорость движения снижается на 30–35%, себестоимость перевозок возрастает на 50–60%, расход топлива увеличивается на 50–70%.

### Литература:

Вырко Н.П. Основные направления исследований автомобильных лесных дорог / Н.П. Вырко, И.И. Леонович // Труды БГТУ. Сер. II: Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 45-46



**Работы РУП «Белдорцентр» по диагностике автомобильных дорог и обоснованию направлений дальнейшего совершенствования эксплуатационных качеств республиканских автомобильных дорог**

Голубев В.В.  
РУП «Белдорцентр»

Работы, которые можно считать началом развития диагностики автомобильных дорог в Республике Беларусь, стали проводиться предприятием «Белдорцентр» в конце 80-х годов прошлого века. Были разработаны собственные лаборатории, создавались специализированные службы. С течением времени технологии развивались и совершенствовались. К концу 1996 года уже была полностью обследована по основным транспортно-эксплуатационным показателям сеть республиканских дорог, выполнен расчет потребности финансовых средств по доведению состояния сети дорог до нормативных требований. Проведение работ вскрывало ряд серьезных проблем, решение возникающих вопросов позволяло предпринимать конкретные шаги в направлении улучшения ситуации, что приводило к обоснованному мнению о том, что диагностика дорог является необходимым и важным инструментом для управления сетью дорог.

Развитие приборной базы диагностики продолжалось, закупалось импортное диагностическое оборудование, нашли применение датские установки Профилограф, FWD, новая установка ЛазерПроф, были приобретены автоматические счетчики учета интенсивности движения, что повысило объективность учета, для координатной привязки осей дорог стало использоваться GPS-оборудование. В начале 2000 года была завершена разработка системы управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог «Ремонт».

Сейчас при проведении диагностики ежегодно выполняются измерения ровности по всей сети республиканских дорог (более 16000 км), измерения коэффициента сцепления и визуальное обследование (около 8000 км ежегодно), измерения упругого прогиба (около 2500 км). Для расчетов применяется третья версия системы «Ремонт». На основных транзитных маршрутах осуществляется автоматизированный учет интенсивности движения и состава транспортного потока, а на остальной сети дорог производится периодически, один раз в пять лет, вручную. Полученные данные заносятся в автоматизированный банк дорожных данных. После завершения сбора данных с использованием программного средства «Ремонт» осуществляется комплекс расчетов. При этом определяется состояние сети дорог, выполняется расчет полной потребности средств на проведение ремонтных мероприятий сети республиканских дорог.

**Отражение и практическая реализация проблем диагностики  
автомобильных дорог в учебном процессе**

Буртыль Ю.В.  
РУП «Белдорцентр»

Существующие проблемы диагностики автомобильных дорог необходимо решать при взаимодействии дорожных организаций с учреждениями образования. Отраслевые системы управления и взаимодействия необходимо совершенствовать и расширять, с целью оперативного внедрения инновационных технологий, подтверждаемых научной базой. В первую очередь, необходимо сформировать устойчивые связи образования с производством, разработать и внедрить систему корректировки программ обучения, направленных на научно-практическое развитие отрасли.

Основные задачи, связанные с системой коммуникативных связей, решение которых необходимо реализовать непрерывно, выражаются следующими основными направлениями: проведение практических занятий в учебных центрах и на предприятиях отрасли с привлечением специалистов ведущих организаций, с демонстрацией практических решений теоретических вопросов обучения; создание коммуникативных систем с использованием Web-технологий (форумы, дистанционное обучение), создание персональных сайтов ведущих научных деятелей, руководителей ведущих предприятий и специалистов; формирование программ совместной реализации долгосрочных научно-исследовательских работ для кафедр, по темам, разрабатываемых на предприятиях, где работы по договорам и срокам не позволяют продолжать исследования по актуальным направлениям.

Основные задачи, связанные с необходимостью развития и корректировки программ обучения связаны со следующими вопросами: использование и практическое применение типовых задач сопротивления материалов и строительной механики при описании и расчете напряженно-деформированного состояния материалов дорожных одежд; использование элементов математической статистики при проведении расчетов при проектировании и эксплуатации дорог как фактора прогнозирования и оценки вероятности событий; внедрение и практическая реализация ранее разработанных теоретических реологических моделей Фойгта, Максвелла, Я.Н. Ковалева, В.А. Веренько на примере смоделированных демонстрационных стендов, при проектировании автомобильных дорог; изучение и разработка наиболее эффективных методов водоотвода с конкретным указанием типовых схем для предотвращения увлажнения на дорогах II и III типах местности по увлажнению для различных грунтов, наиболее характерных для регионов на территории Республики Беларусь.

**Информационные системы в дорожном хозяйстве**

Клибашев С.М.  
РУП «Белдорцентр»

Развитие и широкое применение информационных технологий является глобальной тенденцией мирового развития и научно-технической революции последних десятилетий. Их воздействие не только касается всех сфер деятельности дорожного хозяйства, но и является неотъемлемым условием повышения эффективности и качества функционирования государственных органов власти и коммерческих организаций различных форм собственности. Позитивный мировой опыт, достигнутый в этом направлении, свидетельствует о необходимости принятия и реализации решений по скорейшему внедрению информационных технологий в дорожном хозяйстве Республики Беларусь.

В настоящее время в дорожном хозяйстве применяется достаточно широкий комплекс работ, направленных на развитие и применение информационных технологий. Выполняются научно-исследовательские работы по созданию передовых информационных технологий и программного обеспечения, защиты информации в рамках планов разработки НИОКР. Основным элементом развития информационных технологий являются разработка и повсеместное внедрение новых актуальных программных продуктов.

Реализация развития информационных технологий осуществляется посредством создания и рационального использования единой корпоративной информационной системы. Современная система представляет конгломерат баз данных, информационных ресурсов, программно-технических средств, средств передачи данных, систем защиты информации.

К настоящему моменту создан и развивается Информационный центр дорожного хозяйства <http://i.centр.by> (далее – ИЦДХ). ИЦДХ включает в себя мощный программно-аппаратный комплекс, оборудованные для его использования помещения и высококвалифицированных специалистов, обеспечивающих как техническую поддержку, так и его развитие.

Развитие информационных технологий в дорожном хозяйстве позволит: объединить информационные ресурсы программно-аппаратного комплекса ИЦДХ в единую защищенную и надежную информационную систему; более эффективно использовать финансовые средства, выделяемые дорожному хозяйству, на основе внедрения оборудования и программного обеспечения, инновационных технологий и предоставления информационных услуг; повысит уровень содержания автомобильных дорог.

## Оценка состояния дорожного цементобетона на основе принципа континуумизации

Бабаскин Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильная дорога, как объект изучения, может находиться в трех состояниях:

Д10 — новая дорога, лишенная дефектов (исходная система);

Д20 — дорога, подверженная дефектам;

Д30 — отремонтированная дорога с использованием материала и технологии.

Переход системы Д10 в Д20 происходит на основании причин внутреннего или внешнего характера. Перевод системы Д20 в Д30 происходит искусственным путем с использованием нового материала и современной технологии, что требует дополнительного воздействия труда и затраты материальных средств. Система Д30 должна приближаться к Д10, однако абсолютно равными они никогда не будут, вследствие дискретности системы Д20 и адгезионных качеств (сцепления) между компонентами нового материала и первоначального. Следовательно, можно записать систему  $D10 \Rightarrow D20 \Rightarrow D30 \cong D10$ .

Принцип континуумизации дает возможность применять непрерывные функции для описания явлений и процессов, происходящих в неоднородных структурированных материалах, и рассматривать неоднородные структуры как *континуум* (непрерывность).

### 1. Возникновение трещины

1.1.  $R_{ц} = 0$  Трещина проходит по цементному камню. Экспериментальные исследования показывают, что кварцевый песок практически не разрушается, т.е.  $R_m \neq 0$ .

1.2.  $R_{ц} = 0$  Трещина проходит в контакте с крупным и мелким заполнителем по цементному камню.  
 $R_m \text{ сц} = 0$   
 $R_{кр} \text{ сц} = 0$

1.3.  $R_{ц} = 0$  Трещина проходит отчасти в контакте со щебнем и  $R_m \text{ сц} = 0$  отчасти по самому щебню.  
 $R_{кр} \text{ сц} = 0$ ,  $R_{кр} = 0$

1.4.  $R_{ц} = 0$  Это частный случай третьего варианта, когда трещина  $R_{кр} = 0$ . щебня практически не затрагивая силы сцепления  
 $R_m \text{ сц} = 0$

Система оценки дефектов заключается в анализе перехода от нового покрытия к разрушенному, и от него к восстановленному, путем ликвидации одной из причин возникновения дефектов.

## Применение геосинтетических материалов «TYPAR SF» и «СПАНБЕЛ» при ремонте лесных дорог в процессе транспортного освоения лесов Беларуси

Насковец М. Т.

Белорусский государственный технологический университет

В настоящее время в лесном комплексе Республики Беларусь наблюдается тенденция роста объемов лесозаготовок, которая требует расширения транспортной сети путем увеличения строительства лесных автомобильных дорог. Для ремонта уже имеющихся и строительства новых лесотранспортных путей требуется значительное привлечение материальных средств и трудовых ресурсов. Чтобы использовать лесные дороги круглый год недостаточно только правильно организовать по ним движение автотранспорта, но и обеспечить своевременный ремонт дорожного покрытия и искусственных сооружений.

Геотекстиль – изобретение последних лет, сделавшее строительство, а особенно дорожное строительство, совершенно иным. Этот универсальный материал позволяет снизить затраты на строительство, заменяя собой несколько специальных материалов. В частности, геотекстиль легко справляется с задачами армирования, дренирования, фильтрации, разделения слоев и т.д. Причем этот материал может выполнять все эти функции одновременно.

Кафедрой транспорта леса УО «Белорусский государственный технологический университет» в течение последних лет в рамках государственной научно-технической программы «Управление лесами и рациональное лесопользование» осуществлялось строительство опытных участков лесных дорог с применением геотекстиля «TYPAR SF» и «Спанбел» на территории Бегомльского, Бельничского, Быховского, Кличевского, Осиповичского, Телеханского и других лесхозов. Общая протяженность по районам строительства приведена в таблице 1.

Таблица 1

**Общая протяженность лесных автомобильных дорог по районам  
строительства**

Лесхоз	Количество опытных участков	Общая протяженность, м
Бегомльский	2	160
Бельничский	3	200
Быховский	3	540
Кличевский	8	1286
Осиповичский	4	950
Телеханский	1	166
<i>Всего</i>	21	3302

**Теоретические предпосылки взаимодействия насыпей  
с грунтовыми основаниями**

Насковец М. Т., Драчиловский А. И.

Белорусский государственный технологический университет

Автомобильная дорога – инженерное сооружение, предназначенное для движения автомобилей. Важными проблемами являются проектирование и строительство дорог на слабых основаниях, которые характеризуются низкой несущей способностью. Для эффективного использования данных оснований необходимо иметь теоретическое обоснование.

В дорожных конструкциях, эксплуатируемых на заболоченных участках местности, не в полной степени изучены и исследованы процессы распределения нагрузок, которые передаются от подвижного состава и веса самой дорожной конструкции. Поэтому требуется изучить вопросы о равномерности передачи напряжений от динамических и статических нагрузок, которые далее передаются на слабое грунтовое основание.

Перед началом строительства дорог и других инженерных сооружений в первую очередь необходимо проводить исследования грунта, определить слабые основания. Эти исследования должны помочь выявить схемы расположения пластов грунта, а также их мощности, в том числе толщину слоев, механические и физические свойства.

Вопрос воздействия статических нагрузок насыпей, сооружаемых на слабых грунтах, а также передачи и распределения нагрузок от подвижного состава на нижележащие слои дорожной конструкции и далее на слабое основание довольно разносторонен и требует обоснования.

По этой причине первоначально требуется изучить природу взаимодействия возводимых (отсыпаемых) насыпей со слабыми грунтовыми основаниями для того, чтобы разработать методики и научные основы по повышению несущей способности таких грунтовых оснований с учетом различных вариантов (методов) их упрочнения.

Очень часто в качестве слабого основания выступает торф или торфяные грунты. Торф представляет собой скопление растений, подвергшихся неполному разложению в условиях избыточного увлажнения при затруднительном доступе воздуха. Торф под нагрузкой работает на сжатие и срез по периметру опорной поверхности, передающей нагрузку на торфяное основание.

Избавиться от проникновения грунта насыпи в слабое основание можно посредством введения на их границе специальных разделяющих прослоек из геосинтетических и других материалов, обладающих достаточной жесткостью.

## **Эффективный противогололедный материал и технология его производства**

Куприянчик А. А., Куприянчик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Зимнее содержание автомобильных дорог занимает центральное место в деятельности дорожно-эксплуатационных организаций в Республике Беларусь. Причем, особая роль отводится выбору и использованию противогололедных материалов.

В качестве основного противогололедного материала (ПГМ) обычно применяют хлористый натрий Солигорского калийного комбината.

Известно, что хлориды оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду, загрязняют почву и водные источники, угнетают растительность придорожной полосы, активизируют процессы коррозии дорожно-строительных материалов и автомобильной стали.

В Белорусском национальном техническом университете был создан новый химикофрикционный антикоррозионный (ХФА) ПГМ.

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

Технология производства ХФА:

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

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

**Методические основы организации и проведения работ  
по диагностированию взлетно-посадочных полос аэродромов**

Могилянец Р.И.

Белорусский национальный технический университет

Натурное обследование представляет собой комплекс мероприятий, позволяющих дать общую объективную оценку технического состояния взлетно-посадочных полос аэродромов. В результате обследования дается заключение о пригодности конструкции к эксплуатации или о необходимости проведения ремонта, разрабатываются мероприятия по усилению конструкций.

Причинами, на основании которых может быть принято решение о проведении обследования технического состояния элементов летного поля аэродрома, являются: обнаружение повреждений и дефектов в процессе эксплуатации или строительства; предполагаемая реконструкция элементов летного поля; увеличение эксплуатационных нагрузок сверх расчетных вследствие изменения состава базирующихся воздушных судов; возобновление прерванного строительства; решение вопросов о возможности восстановления элементов летного поля, поврежденных в результате военных действий или диверсий; возникновение повреждений в результате воздействия стихийных бедствий природного характера или техногенных аварий; истечение нормативных сроков эксплуатации.

Обследование технического состояния элементов летного поля проводится, как правило, в два этапа: 1 этап – предварительное обследование; 2 этап – детальное обследование.

Предварительное обследование проводится с целью получения первичной экспертной оценки технического состояния элементов летного поля аэродрома, а также для установления необходимости проведения детального обследования.

При детальном обследовании определяются прочностные характеристики материалов покрытий и искусственного основания; определяются физико-механические характеристики грунтов естественного основания; проводятся испытания покрытий пробной нагрузкой; проверяется работоспособность элементов водоотвода и дренажа; выполняются расчеты несущей способности покрытий на основании результатов испытаний; устанавливаются объемы и способы ремонта повреждений и дефектов покрытий. Решение о проведении и финансировании обследования технического состояния элементов летного поля аэродрома принимают инженерно-аэродромные службы совместно с инженерно-аэродромным отделом командования ВВС и войск ПВО.



## **Вероятностные дефекты и дефектность взлетно-посадочных полос аэродромов**

Могилинец Р.И.

Белорусский национальный технический университет

В ходе эксплуатации аэродромные покрытия подвергаются различным воздействиям, что приводит их к старению и разрушению. Поврежденные аэродромные покрытия не способны в полной мере выдерживать нагрузки, создаваемые воздушными судами (ВС).

Основными повреждениями ЦБ покрытий являются:

- трещины;
- поверхностные разрушения;
- просадки, взбугривания и нарушение устойчивости плит.

К 1-й группе разрушения ЦБ покрытий относятся различного рода трещины. Ко 2-й группе относятся сколы углов и кромок плит, отколы углов, выбоины и раковины, а также шелушение поверхности покрытий. К 3-й группе относятся деформации, связанные с потерей устойчивости плит и оснований.

Отрицательные факторы, влияющие на техническое состояние поврежденного аэродромного покрытия:

- расположение повреждений в зоне интенсивного воздействия опор ВС;
- интенсивное выделение продуктов сгорания топлива ВС;
- места проливов топлива и масел при заправках;
- другие факторы, усугубляющие техническое состояние поврежденных аэродромных покрытий.

Степень проявления отрицательных факторов:

- слабая - при отсутствии воздействия отрицательных факторов;
- средняя - при воздействии одного отрицательного фактора;
- сильная - при воздействии более одного отрицательного фактора.

Таким образом, своевременное и качественное проведение работ по текущему ремонту дефектов аэродромных покрытий позволяет продлить срок службы взлетно-посадочных полос, а также повысить уровень безопасности полетов воздушных судов.

### Литература:

1. Авиационные правила эксплуатации аэродромов государственной авиации Республики Беларусь.
2. Горецкий Л. И. Эксплуатация аэродромов. М.: «Транспорт» .1986.
3. Смирнов Э. Н. И др. Диагностика повреждений аэродромных покрытий. М.: «Транспорт», 1984.

**Основы стратегии развития дорожной сети Непала**

Чакхун К. Ш.

Белорусский национальный технический университет

В такой стране как Непал, где 83% территории покрыто неустойчивыми холмами и горами, развитие дорожной сети – нелегкая задача. Однако, дорожная сеть – главное средство связи в стране. Она разделена на две категории – Стратегическая дорожная сеть (SRN) и Местная дорожная сеть (LRN). Каждая имеет собственное управление отдельными департаментами. SRN обеспечивает функционирование основных (городских) дорог, а LRN обеспечивает функционирование небольших дорог, обеспечивающих связь между сельскими местностями. Городские дорожные сети не будут обсуждаться в данной работе.

Главными направлениями развития дорожного сектора, как установлено правительством Непала, являются: расширение транспортной сети для возможности внесения своего вклада в национальную экономическую и социальную интеграцию, а также – региональный баланс и региональное развитие. Двадцатилетний дорожный план развития устанавливает пять целей: (а) укрепление политических и административных связей, (б) искоренение нищеты, (с) развитие и использование социальных, экономических и культурных потенциалов регионов, (д) снижение полной стоимости средств передвижения и (е) снижение отрицательного воздействия на окружающую среду. Исходя из вышесказанного и определяется стратегия развития дорожной сети.

Для разработки более детального плана стратегии развития дорожной сети могут учитываться политико-географическое местоположение региональных и районных центров; социально-экономический уровень – доступ к потенциальному сельскому хозяйству, промышленности, туризм, гидроэлектроэнергия, образование и медицинское обслуживание; геополитические аспекты - возможность международной торговли и транзита.

Доступность дорог населению желательна во всех уголках страны. Однако, внедрение данной стратегии осуществляется в зависимости от существующих приоритетных направлений в развитии страны: стратегическое планирование; соответствие требований и обязательств общества; интенсивность транспортного потока; экономическая норма прибыли; возможность использования других существующих видов транспорта; инвестирование; топография; совершенствование технических навыков и использование современных технологий; экологические аспекты; забота о здоровье и безопасности; и т.д. Одним словом, от готовности к строительству и последующему обслуживанию.

**Стадийность дорожного строительства в условиях Непала**

Чакхун К. Ш.

Белорусский национальный технический университет

Стадийное строительство – популярный метод развития дорожного строительства, принятый в Непале и достаточно широко распространен в развивающихся странах Африки.

В зависимости от местности, средняя ежедневная интенсивность (AADT) движения составляет от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч единиц в году.

На новых дорогах к отдаленным областям интенсивность дорожного движения растет медленно, что не может оправдать больших инвестиционных вложений в развитие дорог. Поэтому обычно дороги строятся в несколько этапов, в соответствии с постепенным ростом интенсивности движения и наличием средств для строительства.

Первый этап — базовая грунтовая дорога до уровня земляного полотна, построена для формирования трассы дороги. Большие дренажные структуры, такие, как мосты, на этой стадии строятся редко. Дороги первой стадии используются во время сухих сезонов. На практике суточная интенсивность движения на них – 30-50 единиц; скорость движения составляет 15–20 км/час.

Второй этап – гравийное покрытие. Предполагается, что укладка гравия делает дорогу доступной для эксплуатации на все сезоны. Геометрия дорог улучшается для ожидаемого увеличения объема интенсивности и проводится строительство дренажных сооружений, подпорных стен и т.д. Скорость движения на них в горных условиях составляет обычно около 20-30 км/час.

На третьем этапе геометрия дорог определяется в соответствии с учетом определенных ограничений скорости до 50 км/час. Дорожная одежда строится достаточной для учтенной интенсивности дорог с асфальтовым покрытием.

Большинство дорог стратегической сети получают расширение до двух или более полос. Это рассматривается как четвертый этап строительства. Ограничения скорости на этих дорогах устанавливаются 80 км/час или выше.

Что касается дорог местной сети, построенных ручными силами, то они строятся до вышеуказанного первого этапа. Земляные работы ведутся путем поэтапного строительства и постепенного расширения, что позволяет состояться естественному уплотнению почвы и сохранению массового баланса грунта (выемка и насыпи).

**Финансовые и трудовые затраты, связанные с ремонтом  
асфальтобетонных покрытий**

Мельникова И.С.

Белорусский национальный технический университет

Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций в числе основных приоритетов работы дорожного хозяйства обозначает строгое соблюдение планово-финансовой дисциплины, экономное и рациональное использование бюджетных средств.

Проведение текущего ремонта необходимо не реже чем раз в 5–10 лет, так как под действием солнечного излучения, нагрузок от транспортных средств, при перепадах температур битум становится хрупким, выпариваются легкие углеводороды, вследствие чего ослабевает связь между частицами минерального остова, асфальтобетон становится «рыхлым», а попавшая вода приводит к разрушению структуры слоя.

В прошедшем 2012 году программа дорожных работ на республиканских автомобильных дорогах была выполнена в полном объеме: затрачено на содержание – 770,3 млрд. руб. (100%), на текущий ремонт (отремонтировано 924 км дорог и 1577 погонных метров мостов) – 472,1 млрд. руб. (100,1%), на капитальный ремонт (отремонтировано 45,2 км дорог и 467 погонных метров мостов) – 188,5 млрд. руб.

Однако обеспечить своевременный ремонт покрытий полностью не представляется возможным.

Известно, что наиболее распространенным видом повреждений республиканских дорог с асфальтобетонным покрытием являются трещины. Наши исследования вопросов трещинообразования и моделирование воздействий транспорта и температуры на слои дорожной одежды позволили выявить наиболее эффективные мероприятия по ремонту трещин различного характера с точки зрения вероятности дальнейшего развития дефекта и повышения прочности слоя: разделка и герметизация трещин с устройством тонкого слоя износа, а также устройство трещинопрерывающей прослойки над трещиной из геотекстильной ленты с последующим устройством слоя износа.

Герметизация трещин жидким или вязким битумом без разделки приводит к возникновению в области заполненной трещины дополнительных растягивающих напряжений.

Далее была проведена оценка финансовых и трудовых затрат при выполнении различных ремонтных мероприятий по статьям затрат (материалы, заработная плата, отчисления в ФСЗН, страховой взнос, накладные расходы, НДС).

**Основы трещиностойкости асфальтобетонных покрытий,  
закладываемых на стадии выбора дорожно-строительных материалов**

Мельникова И.С.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь на автомобильных дорогах применяются различные виды асфальтобетонных покрытий. Среди них – асфальтобетонные, цементобетонные, черногравийные, чернощебеночные и др.

Наибольшее распространение асфальтобетонных покрытий связано с рядом преимуществ: достаточная механическая прочность, демпфирующая способность, технологичность, ремонтпригодность, возможность полной механизации строительных работ и др. В то же время проблема повышения их трещиностойкости остается актуальной.

Эффективное решение по снижению трещинообразования в асфальтобетонных слоях позволило бы увеличить сроки службы покрытий, снизить затраты на их содержание и ремонт. Это решение должно иметь комплексный характер, учитывать условия эксплуатации автомобильной дороги, главным образом погодно-климатические и механические (нагрузки от транспортных средств) факторы, под воздействием которых происходят необратимые изменения свойств и структуры асфальтобетона в покрытии, снижающие его долговечность.

Для учета температурного режима «работы» покрытий нами разработано районирование территории Республики Беларусь по критерию экстремальных температур (ЭКТ) на основании измерений температуры воздуха на метеорологических станциях Беларуси. Так, решена задача определения критических температурных пределов работы покрытий, что позволяет на стадии проектирования смесей выбирать подходящие климатическим условиям вяжущие в соответствии с требованиями по ЭКТ. Применительно к условиям Беларуси, асфальтобетонные покрытия работают в пределах от 52°C до –34°C при уровне обеспеченности 98%, который соответствует дорогам с первой по третьей категории, и в пределах от 46°C до –34°C с уровнем обеспеченности 50% для дорог ниже третьей категории. Учитывать полученные критические «рабочие» температуры асфальтобетона необходимо на стадии проектирования смеси с учетом ее вида (горячая щебеночная, гравийная или песчаная, щебеночно-мастичная, теплая или холодная) и категории будущей автомобильной дороги. При этом важно применять исключительно модифицированные дорожные битумы согласно СТБ 1220-2009. В этом случае с определенной уверенностью можно говорить о продолжительной работе покрытия без образования повреждений, особенно в летний период и зимой.

## **Обеспечение транспортно-эксплуатационных показателей при содержании дорог**

Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях постоянный рост интенсивности движения совместно с погодно-климатическими факторами оказывает негативное влияние на транспортно-эксплуатационное состояние покрытия автомобильных дорог и приводит к образованию ряда дефектов. Следовательно, необходимы своевременные профилактические или восстановительные мероприятия, которые устранят имеющиеся дефекты и разрушения покрытия, а это в свою очередь послужит отсрочкой для более трудоемких и дорогостоящих работ по восстановлению дорожных одежд. Эти работы выполняются на стадии содержания и текущего ремонта дорог. Причем, очень важно назначить наиболее оптимальные в каждом конкретном случае мероприятия по содержанию и ремонту дорожного покрытия, основываясь на оценке транспортно-эксплуатационного состояния. Для решения этих задач необходимо не только назначить ремонтные мероприятия на основе фактического состояния дороги и условий движения, но и установить основные причины появления дефектов.

В процессе эксплуатации дороги происходит равномерное образование деформаций во времени. С течением времени снижается ровность, уменьшается шероховатость, появляется износ покрытия и отдельные дефекты в виде трещин, выбоин, выкрашивания и др. Скорость развития дефектов зависит от интенсивности, состава потока (наличие тяжелых и многоосных транспортных средств). Остаточные деформации накапливаются, процесс снижения эксплуатационных характеристик (ровности, прочности, шероховатости) снижается. Этот процесс усугубляется погодно-климатическими факторами (температурой, влагой, солнечной радиацией и др.), которые, прежде всего, воздействуют на битумное вяжущее, обуславливая возникновение температурных и усталостных деформаций, при накоплении которых появляются дефекты и разрушения в виде трещин и пластических деформаций. Поэтому необходимы профилактические мероприятия или предупредительный ремонт с целью сохранения покрытия от разрушений или восстановления транспортно-эксплуатационных параметров до требований действующих норм.

Назначение мероприятий по ремонту и содержанию, в зависимости от транспортно-эксплуатационных показателей состояния дороги и экономического анализа эффективности капиталовложений в эти мероприятия, должны быть наиболее оптимальными в каждом конкретном случае.

**О сроках службы дорожных покрытий**

Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Нормативные сроки службы дорог с заданной надежностью не совпадают с фактическими сроками при эксплуатации до момента проведения капитального ремонта. Поэтому необходимо учитывать вопросы улучшения качественных характеристик дорожного покрытия и разрабатывать мероприятия по повышению долговечности. Эту задачу решает выбор материала покрытия в зависимости от области применения с обязательным контролем фактических свойств. Основным материалом для строительства дорожных покрытий является асфальтобетон, который характеризует его способность обеспечивать требуемые ТНПА эксплуатационные характеристики дорожного покрытия в течение заданного срока службы. Долговечность асфальтобетона находится в зависимости от ряда факторов, но наибольшее влияние на ее оказывают качество самого материала, режим воздействия транспортных нагрузок и природно-климатические условия. Срок службы асфальтобетонных покрытий в значительной степени зависят от водно-теплового режима основания и земляного полотна, чем и обусловлены особенности его разрушения в различных дорожно-климатических районах Республики Беларусь. Колебания температуры внешней среды приводят к структурным изменениям в асфальтобетоне. Основными видами разрушений являются: трещины усталостного характера, преимущественно в местах колееобразования; шелушение материала, из-за недостаточной коррозионной устойчивости; растрескивание природно-климатического характера, из-за частых колебаний температуры в весенне-осенний период года. Усталостное разрушение асфальтобетонных покрытий наиболее характерно выражается в виде поперечных трещин длиной 20-50 см, повторяющихся через каждые 50-80 см в направлении колееобразований.

Интенсивный рост развития повреждений (в большинстве случаев в виде трещин) в асфальтобетонных покрытиях городских улиц наступает после 4-5 лет, а автомобильных дорог республиканского после 6-7 лет их эксплуатации. Но это не значит, что долговечность асфальтобетона соответствует такому периоду. Появление трещин на поверхности покрытия характеризует полное разрушение материала. Образование трещин происходит на раннем этапе эксплуатации автомобильных дорог на глубине 4-5 см, т.е. в растянутой зоне покрытия. Объясняется это распределением деформаций в дорожном асфальтобетонном покрытии под колесом движущегося транспорта.

## **Анализ проблем экологической безопасности автомобильных дорог Республики Беларусь**

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Экологическая безопасность автомобильных дорог – состояние защищенности окружающей природной и социальной среды от воздействия дороги на этапах строительства, реконструкции, эксплуатации, содержания и ремонта, когда параметры воздействия дороги на среду не выходят за пределы фоновых значений или не превышают санитарно-гигиенических (экологических) нормативов. В этом случае функционирование природных экосистем на придорожных территориях без каких-либо изменений обеспечивается неопределенно долгое время.

В Беларуси около 80 тыс. км дорог, весьма насыщенных транспортными средствами, и все это, безусловно, оказывает достаточно серьезное влияние на экологию страны.

Всего, различают три основных вида воздействия автодорожного комплекса на окружающую среду (все эти факторы требуют тщательного анализа и принятия конкретных инженерных решений по их минимизации).

Первый из них — это истощение природных ресурсов за счет использования земель, дорожно-строительных материалов, воды, углеводородного топлива и т.д.

Второй фактор учитывает оценку загрязнения окружающей среды технологическими выбросами (выбросы вредных веществ техникой, заводами и базами дорожных предприятий) и транспортными (выбросами от автомобилей, движущихся по дороге в составе транспортного потока). Технологические выбросы представлены в основном минеральной пылью АБЗ и ЦБЗ (на 90%), СО (около 5%), а также NO<sub>x</sub>, СН и сажей в незначительных количествах.

Третий фактор воздействия автодорожного комплекса на окружающую среду учитывает уничтожение животных на путях их миграции через автодороги, которое, надо сказать, носит массовый характер.

Повышение экологичности транспортных средств — один из путей решения проблемы. Однако при резко увеличивающемся парке автомобилей дороги также призваны защищать окружающую среду от загрязнения. Использование экологически безопасных материалов, перспективных технологий при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог позволит не только повысить их качество, но и значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду, создать более благоприятные условия для проживания населения вблизи крупных магистралей.



## **Перспективы применения эффекта Ребиндера в дорожном строительстве**

Савуха А.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в Республике Беларусь особое внимание уделяется вопросу сокращения энергозатрат в различных областях строительства. Для решения этой проблемы предлагаются всё новые и новые инженерные решения и изобретения. Активное внедрение различных технологий на основе отечественных разработок позволяет экономично расходовать энергию.

Производство строительных материалов для дорожной отрасли одна из энергоёмких статей при создании автомобильных дорог. Производство асфальтобетонных и цементобетонных смесей, подготовка материалов для создания этих смесей составляют значительную часть материальных и энергетических расходов при строительстве и эксплуатации дорог. Также значительная энергия тратится на виброразрушение старых цементобетонных покрытий.

Цель данного исследования и проведенного эксперимента – сокращение затрат на подготовку минеральных каменных материалов для использования в строительных целях и уменьшение энергозатрат при дроблении цементобетонных покрытий.

Применение различных поверхностно-активных веществ, при дроблении каменных материалов и цементобетонных покрытий способно значительно понизить их прочность. Это достигается за счёт проявления эффекта Ребиндера при деформировании разрушаемых материалов.

Эффект Ребиндера при дроблении щебня проявился при применении 0,1-0,4% по массе водного раствора хлорида цетилпиридиния в качестве смачивателя каменного материала. Прочность исходной породы снизилась в результате адсорбции на поверхности микротрещин молекул и ионов хлорида цетилпиридиния.

Перспективой применения эффекта Ребиндера является виброрезонансное дробление старых цементобетонных покрытий, предварительно обработанных ПАВ.

Как известно, в конце срока службы цементобетонного покрытия на нём появляется большое количество трещин различных размеров. Это обстоятельство и позволило сделать предположение о возможности применении эффекта Ребиндера при дроблении старых покрытий.

Предполагается значительное снижение энергозатрат на дробление при применении эффекта Ребиндера.

## **Мероприятия по снижению нагрузки на окружающую среду при предотвращении зимней скользкости на дорогах**

Лайтер А.Э., Сегай Н.С., Куприянчик А.А.  
Белорусский национальный технический университет.

С наступлением зимних заморозкой и выпадением первого снега, всегда возникает одна и та же проблема – гололёд.

Первое время дороги посыпали обычным песком: ведь он, попав на ледяную корку, превращает её в достаточно шершавую поверхность, тем самым увеличивает коэффициент трения. Долгое время именно песок являлся единственным средством борьбы с зимней скользкостью.

Затем стали использовать для борьбы с гололедом не обычный песок, а песок вперемешку с солью, ныне именуемой пескосольной смесью (пескосолью). Так как при растворении обычной поваренной соли в воде температура замерзания данного раствора уменьшается.

Противогололедные материалы являются одним из многочисленных потенциальных факторов влияния на окружающую среду. С одной стороны, их применение вызывает изменение экосистемы, с другой – для высокого уровня жизни требуется безопасность транспортных сообщений. Это явилось основанием для проведения исследований влияния солей на окружающую среду и разработке мероприятий по снижению нагрузки на неё при предотвращении зимней скользкости, которые можно объединить в следующие три группы:

1. Снижение расхода солей за счет уменьшения норм и равномерности распределения, увеличения точности дозирования распределителями, повышения адгезии твердых материалов к покрытию, улучшения качества солей;

2. Улучшение свойств применяемых солей за счет их модификации, ингибирования, а так же разработка новых экологически безопасных противогололедных материалов;

3. Утилизация, регенерация и повторное применение противогололедных солей.

В последние годы наряду с обогащением используемых хлористых солей всё большее распространение находят противогололедные материалы нового поколения на основе ацетатов, формиатов и другого экологически безопасного сырья.

Разрабатываются специальные системы для таяния снежно ледяных отложений, принцип действия которых основан на использовании солнечной энергии.

**Контроль качества по содержанию и текущему ремонту  
автомобильной дороги**

Шугало А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Качество построенных автомобильных дорог зависит как от материала, так и от технологии производства работ. В процессе их ремонта и реконструкции эти факторы часто являются определяющими. Разработка и широкое применение на практике системы управления качеством является важнейшей проблемой дорожного хозяйства страны.

Качество и надежность автомобильных дорог зависит от технического и транспортно-эксплуатационного состояния составляющих ее элементов. Диагностика дорог — процесс, включающий специальные обследования, сбор и анализ информации о параметрах, характеристиках и условиях работы автомобильной дороги. Он выполняется для определения транспортно-эксплуатационного состояния дорог, оценки, выявления причин и прогнозирования возможных его нарушений.

Контроль качества работ по текущему содержанию и ремонту автомобильной дороги включает:

осмотр дорог — визуальную оценку состояния автомобильных дорог и искусственных сооружений, проводимую для определения эксплуатационного состояния и получения сведений о работе дорожно-эксплуатационных организаций;

сезонные осмотры: весенний, основными задачами которого являются определение готовности автомобильных дорог и сооружений на них к эксплуатации в летний период и внесение предложений в планы ремонта дорог и искусственных сооружений будущего года, а также аварийных ремонтов текущего года; осенний, определяющий готовность дорог и сооружений на них к эксплуатации в зимний период, корректировку планов ремонта дорог и искусственных сооружений будущего года, а также учет участков дорог, реконструированных и отремонтированных в текущем году.

Контроль качества дорожно-ремонтных работ — система организационно-технических мероприятий, позволяющая своевременно выявить и принять меры по устранению нарушений.

Работа выполнена под руководством И.И. Леоновича.

Литература:

Диагностика автомобильных дорог : Учеб. пособие / И.И. Леонович, С.В. Богданович, И.В. Нестерович. — Минск: Новое знание ; М.: ИНФРА-М, 2011. — 350 с.[4] л. ил.: ил. — (Высшее образование).

## Законы атмосферной оптики и её использование в дорожной практике

Мекшило А. Д.

Белорусский национальный технический университет

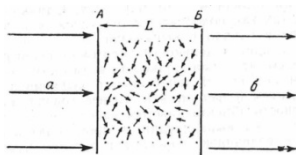
Атмосферная оптика является частью физики атмосферы. Она описывает самые разнообразные оптические явления, как с энергетической точки зрения, так и с точки зрения угловых, спектральных и временных зависимостей характеристик поля излучения. Вопросами атмосферной оптики занимались многие ученые: Ньютон, Эйлер, Ремер, Фуко, Ломоносов.

Разработаны и используются на практике законы оптики: закон распространения луча в воздухе, закон преломления, закон рассеивания, закон отражения луча.

Безопасность движения в значительной степени зависит от видимости. С учетом видимости организуется движения транспортных потоков, а для обеспечения безопасности предусматривается целый комплекс мероприятий.

Главной характеристикой атмосферной видимости можно считать расстояние, которое зависит от освещения земной поверхности, светотехнических характеристик транспортных средств и состояния атмосферного воздуха.

Произведена классификация условий движения по оптическим соображениям. Сообразно всем условиям установлены требования к освещенности автомобильной дороги, покраске его по цвету, установке освещений проезжей части.



а – энергия падающего светового луча;  
б – энергия, вышедшего луча из слоя АБ.

В ясную погоду наблюдается высокая видимость ( $b/a=1$ ).

В дни с плохой видимостью:  $b/a=0$ .

Помутнение атмосферы с точки зрения количества взвешенных частиц и их размеров можно характеризовать не только отношением энергий лучей, вышедших из слоя, к энергии упавших лучей, то также и значением доли рассеянной в этом слое энергии.

Работа выполнена под руководством И.И. Леоновича.

### Литература:

Леонович И.И. Дорожная климатология / И.И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2005. – 485 с.

## Определение видимости транспортных объектов в тумане

Мекшило А. Д.

Белорусский национальный технический университет

Для всех видов транспорта особую опасность представляет туман, который возникает в приземном слое воздуха под влиянием метеорологических процессов, обусловленных температурой воздуха, поверхности земли (воды) и тепловых и конвекционных изменений.

Туман – скопление в приземных слоях атмосферы ледяных кристаллов и мелких водных капель, способных снизить видимость до километра и менее.

Различают туманы:

- а) очень сильный, ухудшающий видимость до 50 м и менее,
- б) сильный, ухудшающий видимость до 50 – 200 м,
- в) слабый ухудшающий видимость до 50 – 200 м.

Главная причина помутнения воздуха – это сгущение водяного пара. Пока пар сохраняет присущие ему свойства газа, он прозрачный. Начинается превращение пара в воду. В воздухе образуются мельчайшие, невидимые глазом водяные капельки. Луч света, попадающий на такую капельку, отражается от нее, рассеивается во все стороны. А так как капелек много, то большая часть проходящих через воздух лучей разбрасывается, рассеивается в разные стороны, и в результате вся толща воздуха светится тусклым белым светом.

Если сквозь слой мутного воздуха проходит луч света, то интенсивность этого луча уменьшается. Чем длиннее путь луча в воздухе и чем более загрязнен этот воздух, тем меньше света пройдет сквозь него. Это происходит оттого, что при прохождении света через мутный воздух часть его теряется («поглощается»). Это ослабление, выраженное в цифрах:

$$K \text{ прозрачности} = (\text{кол-во света, пропущенное слоем воздуха в 1 км толщины}) / (\text{кол-во света, дошедшее в этот слой})$$

Путем измерения коэффициента прозрачности можно найти метеорологическую дальность видимости. Существует множество приборов для определения видимости транспортных объектов: клиновой измеритель видимости Виганда, дымкомер Шаронова, измеритель видимости Гаврилова.

Туманы являются главной причиной аварий. На 2012 год насчитывается 2620 ДТП (особенно декабрь), по причине плохой видимости. Цвет автомобиля тоже играет не малую роль в определении видимости транспорта во время туманов.

Работа выполнена под руководством И.И. Леоновича.

## **Покрытие автомобильных дорог с антигололедными свойствами продолженного действия**

Горнов А.А., Паращенко Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Зимняя скользкость на автомобильных дорогах – это одна из основных проблем безопасности движения. Она снижает скорость движения автомобилей в 2-2,5 раза, увеличивает себестоимость перевозок на 20-30%, является причиной до 40 % дорожно-транспортных происшествий.

Наиболее распространенными методами борьбы с зимней скользкостью являются химические, однако они создают проблемы, связанные с экологическим и коррозионным покрытием. Более перспективным направлением являются способы и материалы, предотвращающие образование и сцепление льда с дорожным покрытием.

В России разработан антигололедный материал «Грикол», который представляет собой гидрофобный порошок, получаемый путем совместного измельчения хлоридов и гидрофобизатора на основе кремнеорганических продуктов. «Грикол» вводится в состав асфальтобетонной смеси, заменяя часть минерального наполнителя. «Грикол» позволяет обеспечить безопасность движения, сократить расход противогололедных реагентов и циклы распределения, снизить коррозионное влияние на металлы в течение всего срока службы покрытия. В период гололедицы (повышенная влажность, туман, колебания температуры от положительных к отрицательным до -6 °С при ветре менее 10 м/с) на покрытии не образуется ледяная пленка. Сцепление колеса с покрытием соответствует требованиям безопасности движения.

В Беларуси также разработан противогололедный материал продолженного действия ГП «БелдорНИИ», который в составе имеет натрий хлористый технический, кислоту стеариновую техническую и муку известняковую. Данный материал применяется в качестве добавки в холодные литые асфальтобетонные смеси. Его введение позволяет значительно снизить сцепление снежно-ледяных образований с покрытием и сократить расход противогололедных материалов. Действие материала продолженного действия в составе защитных слоев сохраняется в течение всего срока службы защитного слоя. Устройство защитных слоев с антигололедными свойствами продолженного действия рекомендуется производить на автомобильных дорогах с интенсивностью движения более 100 авт./сут на одну полосу. Окупаемость представленных материалов обеспечивается в первые два года эксплуатации покрытия.

Работа выполнена под руководством И.И. Леоновича.

## **Зарубежный опыт диагностирования автомобильных дорог и оценка и критерии эксплуатационных качеств**

Шаповалов Д.А.

Белорусский национальный технический университет

С момента окончания строительства дорога подвергается постоянному воздействию погодно-климатических факторов и транспортных нагрузок. По этой причине транспортно-эксплуатационные характеристики дороги постоянно изменяются, и требования к ним не могут оставаться неизменными на протяжении всего срока службы дороги. Для оценки качества автомобильных дорог используются различные системы, методы и приборы. Критерии эксплуатационных качеств автомобильных дорог:

1) Ровность дорожных покрытий: для измерения применяют толчковые, измеряющие при движении автомобиля сумму прогибов рессор. За рубежом эти приборы называются измерительными системами неровности дорог с обратной реакцией (RTRRMS). Среди зарубежных представителей – дорожный измеритель Мэйза, измеритель PCA, измеритель Коха, измеритель ровности BPR, измеритель ровности Bump Integrator;

2) Прочность дорожных одежд: в настоящее время применяется несколько способов измерения прогибов, все они относятся к методам неразрушающего контроля. Среди зарубежных представителей этого метода – дефлектограф Lacroix, установка SPA (Seismic Pavement Analyzer), установки Dynaflect, Road Rater, дефлектометр падающего груза (Falling Weight Deflectometr);

3) Шероховатость дорожных покрытий: для измерения шероховатости профилометрическими методами используется передвижная лаборатория «Профилограф». Измерительным органом при работе является лазерный датчик SELCOM;

4) Сцепные качества дорожных покрытий: установки GripTester и SCRIM предназначены для непрерывного измерения сцепления колеса с покрытием на автомобильных дорогах;

5) Дефектность автомобильных дорог: разработанные в последние годы средства автоматизации сбора данных о дефектах автомобильной дороги позволяют повысить качество собираемой информации. Среди зарубежных представителей можно выделить – лабораторию Videoroute, лаборатория VideoCar, измерительная лаборатория – Argus Sprinter и Side-way force Coefficient Routine investigation Machine (SCRIM), установка Automated Road Analyzer (ARAN), дорожная лаборатория Skid Resistance Tester (SRT-3) и Laser Road Surface Tester (SRT).

Работа выполнена под руководством И.И. Леоновича.

## **Прогнозирование эксплуатационного состояния автомобильной дороги на основе метеорологических данных**

Шаповалов Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Скорость движения автомобилей зависит от метеорологических факторов, которые влияют на состояние проезжей части и восприятие водителем окружающей среды.

Так, в ночное время суток, при туманах, ливнях, снегопадах и метелях скорость автомобилей уменьшается, так как ухудшается видимость на дороге; у водителя появляется неуверенность в правильности оценки дорожной ситуации. Увлажнение покрытия, гололед или снежный покров уменьшают коэффициент сцепления и тем самым затрудняют маневренность участников дорожного движения, снижают их безопасность. Отложение снега на проезжей части увеличивает сопротивление движению; сила тяги расходуется на его преодоление; увеличивается расход топлива; снижается скорость. Режим торможения и длина тормозного пути автомобиля зависят от состояния проезжей части, которое формируется под воздействием метеорологических факторов.

Температура воздуха влияет на состояние дорожного покрытия, сцепление колес автомобиля с опорной поверхностью, температурный режим двигателя, психофизиологическое состояние водителя; все это отражается на скорости движения.

Климатология имеет первостепенное значение при выборе состава асфальтобетонной смеси и прогнозировании работоспособности автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием. Материалы, используемые для устройства дорожных одежд, в процессе эксплуатации подвергаются циклическому воздействию повторяющихся нагрузок от транспортных средств и непрерывному влиянию климатических факторов. Действие температуры, влаги, кислорода воздуха, солнечной радиации, агрессивных сред, механических нагрузок приводит к большому количеству разнообразных дефектов покрытия, и к снижению сроков его службы. Эксплуатационное состояние на дорогах мало связано с защитой от погодных факторов, но, тем не менее, его зависимость от погодно-климатических факторов очевидна. Поэтому необходимо учитывать особенности микроклимата для всех характерных участков дороги, накапливать информацию о вероятности ухудшения эксплуатационного состояния автомобильной дороги и хранить ее в специальных картограммах и паспортах автомобильных дорог.

Работа выполнена под руководством И.И. Леоновича.



**Организация дорожного  
движения и перевозок  
пассажира и грузов**

## Исследование потерь и оптимизация светофорного цикла на регулируемых четырехсторонних перекрестках

Капский Д.В., Мочалов В.В., Селицкая Д.Б.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, любое решение по организации дорожного движения должно оптимизироваться по критерию минимизации потерь в дорожном движении [1]. С помощью программного пакета по расчету потерь и оптимизации на регулируемых перекрестках (например, в г. Минске СФО более 560 на 01.01.2013) [2] осуществлена оптимизация параметров светофорного цикла в зависимости от изменения параметров транспортно-пешеходной нагрузки на объекте исследования, что позволяет адаптивно от условий движения управлять светофором (рисунок 1).

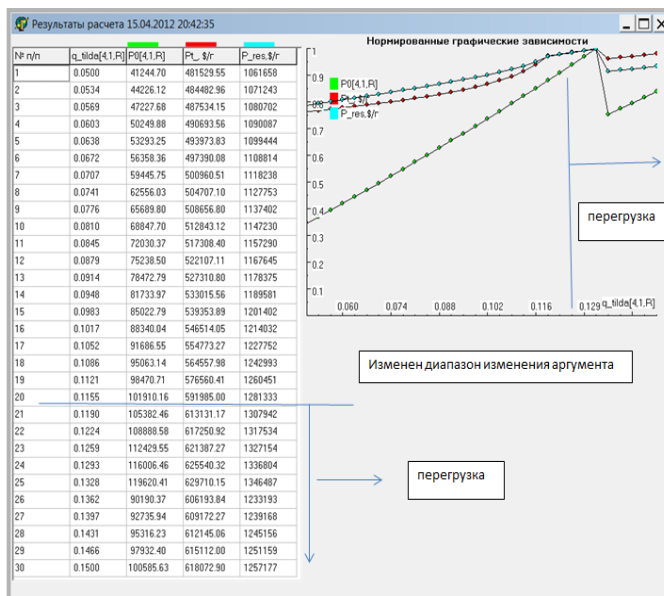


Рисунок 1 – Результаты исследования зависимостей от различных входных параметров для 4-стороннего стандартного перекрестка

### 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.

2. Капский, Д.В. ОптиМКа (ОртіМКа) : свидетельство о регистрации компьютерной программы № 279 / Д.В. Капский, В.В. Мочалов. – № С20100156 ; заявл. 29.12.2010 ; опубл. 18.01.2011 / Нац. центр интеллектуальной собственности.

УДК 656.13.08

### **Дорожная экспертиза аварий**

Андреев А.Я., Лукьянчук А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Дорожными условиями в автотехнической экспертизе называются факторы, характеризующие поверхность проезжей части улицы (дороги) на участке аварии и, следовательно, определяют взаимодействие колес автомобиля с этой поверхностью и особенности его движения в зависимости от действий водителя.

К дорожным условиям относятся: тип покрытия проезжей части; техническое состояние покрытия (ровное, с выбоинами или другими дефектами); состояние покрытия в зависимости от атмосферных явлений (мокрое, обледенелое, покрытое укатанным снегом и др.); наличие каких-либо наслоений на поверхности проезжей части (грязь, рассыпанный гравий, песок, разлитое масло и др.); характер уклона проезжей части (продольный, поперечный) и его величина.

Данные о дорожных условиях позволяют эксперту, учитывая особенности и техническое состояние автомобиля, решать вопросы, связанные с характером его перемещения на участке аварии (устанавливать замедление при торможении, скорость по длине следа юза и тормозной путь по скорости, ускорение при разгоне и силу тяги и т. п.).

Дорожная обстановка определяется дорожными условиями, видимостью, обзорностью, интенсивностью и характером движения других транспортных средств и пешеходов, наличием неподвижных препятствий, особенностями и техническим состоянием данного транспортного средства и его скоростью, а также другими факторами, относящимися к организации движения на данном участке (шириной проезжей части и линиями разметки, дорожными знаками и сигналами светофоров или регулировщиков, наличием перекрестков и закруглений дороги и т. п.). Под дорожной обстановкой подразумевается совокупность связанных с участком аварии обстоятельств, которые должен был учитывать водитель при выборе режима и полосы движения, а также и приемов управления им. Данные о дорожной обстановке эксперту необходимы для установления механизма происшествия и оценки действий участников движения с точки зрения

соответствия их техническим требованиям Правил дорожного движения с учетом действующих ТНПА. Устанавливая на основании проведенного исследования причинную связь между отдельными обстоятельствами аварии, эксперт может сделать вывод о причине и необходимых условиях его возникновения (т.е. об обстановке, в которой водитель был лишен возможности предотвратить происшествие).

УДК 656

### **Автоматическое управление дорожным движением?**

Грабауров В.А., Матвеев Д.Д.

Белорусский национальный технический университет

Стоит ли строить новые дороги или можно эффективнее использовать уже существующие?

В США в автомобильных пробках каждый год теряется около 2 млрд. человеко-часов, что означает для Соединенных Штатов потери около 60 млрд долларов ежегодно.

Пробки и заторы на автомагистралях вызываются следующими причинами: поломка транспортного средства во время движения; поведение человека (отвлечение, небрежность), приводящие к аварии; неблагоприятные погодные условия на трассе.

По оценкам экспертов, удвоить или даже утроить пропускную способность автомагистрали можно с помощью автоматических систем управления движением.

Например, уже в августе 1997 года недалеко от Сан-Диего (США) пущена экспериментальная полоса движения с полностью автоматическим управлением. Эта система должна сгладить отклонения от равномерного движения, которые вызываются отвлечением человека от вождения. Этот эксперимент проводится в рамках создания национальной системы автоматизированных магистралей AHS (automated highway system).

Технология AHS предполагает, что автомобиль будет двигаться по определенной полосе со скоростью в пределах допустимой нормы. При этом система AHS, а не водитель, будет удерживать автомобиль на проезжей части, тормозить или разгонять его.

Автомобиль должен быть оборудован системой управления, которая включает: соответствующие сенсоры; бортовой компьютер; телекоммуникационное оборудование.

В дорожное покрытие на протяжении 12 км с определенным интервалом внедрены 97 778 керамических магнитов, позволяющих ориентироваться системе управления автомобиля.

Связывает систему воедино Центр управления движением (ТМС – traffic management centre). Цель эксперимента – достичь: равномерного движения транспортного потока на автомагистрали с заданной скоростью; безопасной дистанции между транспортными средствами; автоматического избежания препятствий (торможение или объезд).

Как показывает практика, эти исследования являются наиболее приоритетными и к ним обращаются все новые и новые IT-компании, которые пытаются «вдохнуть» интеллект в автомобиль.

УДК 656

### **Влияние ровности дорожного покрытия на безопасность движения на дорогах Республики Беларусь**

Фещенко А.П.

УО «Белорусский государственный университет транспорта»

Водители оценивают дорогу, прежде всего, по качеству и состоянию ее покрытия. В соответствии с ТКП – 059 в зависимости от условий движения и категории дороги, коэффициент сцепления должен быть не менее 0,45. Идеально гладкое покрытие дороги было бы серьезным недостатком, так как при этом резко снизился бы коэффициент сцепления колес с дорогой. Поэтому покрытие автомобильных дорог должно иметь шероховатость с выступами и углублениями в пределах 3-5 миллиметров.

Контроль ровности дороги осуществляется передвижной многоопорной рейкой и специальным прибором-преобразователем дорожного профиля, оборудованным системой записи профиля дороги и микропрофиль.

Оптимальное использование ширины проезжей части автомобилями достигается только при наличии укрепленных (на ширину 1,5–1,8 метров) обочин. При неукрепленных, грязных обочинах ближайшие к ним полосы проезжей части шириной до 0,8–1,2 метров и более не используются, так как водители, опасаясь заноса, стремятся вести автомобиль ближе к оси проезжей части.

Особую опасность при движении транспорта представляют места, где производятся дорожные работы. Для обеспечения безопасности движения на таких участках устанавливаются соответствующие дорожные знаки; реконструируемые места ограждаются барьерами или переносными блоками; создаются мобильные системы регулирования движения и устраиваются объезды.

Наличие колея, выбоин, ямок и других неровностей на дорожном покрытии может привести к потере водителем контроля над траекторией движения и управляемостью автомобиля.

Большие выбоины на дорожном покрытии увеличивают износ транспортных средств и могут вызвать их поломку. Для предотвращения всех этих неприятностей производится ремонт дорожного полотна.

При проведении работ по улучшению состояния дорожного покрытия должны устраняться крупные неровности с тем, чтобы опасность потери контроля над транспортным средством снижалась. Другая цель такой меры – уменьшение износа транспортного средства и повышение комфортабельности поездки.

УДК 656.338.12

### **Улучшение транспортного процесса повышением надежности автомобилей**

Замота Т.Н., Замота О.Н., Джаджа Л.О.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Эффективность транспортного процесса напрямую зависит от надежной работы автомобиля. Надежность отражается на себестоимости грузовых перевозок и зависит от системы ТО и сохранения автомобиля в работоспособном состоянии. Проведенный анализ затрат на ТО и ремонт (ТОиР) VolvoFH-12 показал, что при существующей планово-предупредительной системе ТОиР допускается значительное перерасходывание средств и не обеспечивается высокая надежность автомобиля. Предлагается усовершенствование организации перевозок на автопредприятии путем сокращения удельных расходов предприятия. Повышение качества технических действий с целью обеспечения надежности транспортного процесса предлагается за счет усовершенствования адаптивной системы ТОиР. Для этого необходимо увеличить удельный вес профилактических операций; оптимизировать режимы ТОиР; более полно учитывать условия эксплуатации на базе информационных технологий. Показано, что усовершенствование системы вызывает необходимость изменения структуры производственно-технической базы и форм ее организации.

Оперативное управление развитием материально-технической базы с целью обеспечения надежности транспортного процесса может осуществляться регулированием возрастного состава ТС. В частности, своевременным списанием изношенных автомобилей; изменением условий использования автомобилей со значительным сроком эксплуатации от ее начала; организацией технической помощи автомобилям на линии и применением резервирования исправного ТС. Улучшение транспортного процесса повышением надежности ТС возможно при таких условиях: внедрение прогрессивных форм организации ТО и ремонта; контроль общих расходов на

ТО и ремонт ТС в зависимости от пробега; своевременная замена изношенных автомобилей новыми.

УДК 629.113

### **Использование противоослепительных экранов на автодорогах Iб категории**

Кравченко А.П.<sup>1</sup>, Осипов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточноевропейский национальный университет имени Владимира Даля,  
<sup>2</sup>Луганский строительный колледж

Известно, что автомобильная дорога Iб категории является одной из самых безопасных. Однако существуют вопросы, которые требуют дополнительного исследования. Автодорога Iб категории отличается от остальных, прежде всего значительной интенсивностью движения (свыше 10 000 тыс. автомобилей в сутки). Высокое движение сохраняется и ночью, во время которого свет фар встречного транспорта периодически ослепляет водителей. В результате значительно возрастает риск возникновения ДТП из-за дезориентации водителей.

Объектом исследования был выбран участок автодороги Н-21 км 80+000 – км 88+364, который проходит вне населенных пунктов и не имеет внешнего искусственного освещения. Анализ аварийности показал, что на указанном участке в период с ноября 2008 по октябрь 2009 года в ночное время произошло 8 ДТП, в которых 2 человека погибли и 7 получили травмы. При опросе большинство водителей показало, что их ослепило лучом фар дальнего света встречного транспорта.

Одним из вариантов решения проблемы уменьшения аварийности на указанном участке было предложено экспериментально установить противоослепительные экраны на барьерном ограждении, которое находится на разделительной полосе.

При расчете эффективности экрана была использованная российская методика расчета эффективности высоты экрана, поскольку на территории Украины установка противоослепительных экранов не регламентируется действующими нормативами, кроме единичных технических условий, у которых нет статуса государственного стандарта.

Методика заключается в определении минимальной высоты экрана, при которой обеспечивается эффективная защита водителей транспортных средств от ослепления.

Проведенные расчеты показали, что для участка автодороги Н-21 при существующих ее геометрических характеристиках удовлетворяет высота противоослепительного экрана 1,35 м. Установлено, что высота экранов

может колебаться в зависимости от параметров отдельных элементов автодороги и высоты барьерного ограждения.

УДК 656.13

### Оптимизация перевозок мелкопартионных грузов

Рябенко Б.З., Евсева О.П.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

В задачах планирования грузовых автомобильных перевозок особо выделяются задачи планирования мелкопартионных перевозок на развозочных, сборочных и развозочно-сборочных маршрутах, когда размер партии груза значительно меньше грузоподъемности автомобиля.

Мелкопартионные перевозки в основном относятся к городским перевозкам и выполняются при обслуживании организаций торговли и бытового обслуживания. На долю таких перевозок приходится всего около 2 % грузооборота, но ими занято около 50 % парка грузовых автомобилей. Поэтому рациональная организация их работы имеет большое народнохозяйственное значение. Основными требованиями при планировании развозочно-сборочных маршрутов являются:

- минимальный, суммарный пробег объезда пунктов доставки груза;
- ограничения по грузоподъемности или вместимости автомобиля при выполнении перевозок минимальным количеством автомобилей.

Для решения задач маршрутизации мелкопартионных перевозок, дающих точное решение, наибольшее распространение получили *метод «ветвей и границ»* и *метод функций «выгоды»*. Второй метод был предложен английскими специалистами Кларком и Райтом для решения задач автомобильных мелкопартионных перевозок с одним отправителем или получателем. Этот метод получил название метода Кларка-Райта. Он основан на получении эффекта (выгоды) от объединения двух маятниковых маршрутов в один кольцевой.

Пусть имеются два маятниковых маршрута  $0-i-0$  и  $0-j-0$ , начинающиеся и заканчивающиеся в центральном пункте  $0$ . Эффект от объединения этих двух маршрутов в один получается за счёт того, что нет необходимости возврата автомобиля с  $i$ -го маршрута на центральный пункт  $0$  и подачи с центрального пункта на  $j$ -й маршрут, т.е. пробег автомобиля уменьшается на расстояния  $l_{0i} + l_{j0}$  а вместо этого добавляется пробег от последней точки  $i$ -го маршрута до первой точки  $j$ -го маршрута  $-l_{ij}$ :

$$f_{ij} = l_{0i} + l_{j0} - l_{ij}.$$



Таким образом, можно объединить некоторые маршруты. Если при этом для объединения выбрать такие маршруты, которые дают наибольшее значение «выгоды», то получим решение, близкое к оптимальному.

УДК 004.89 (043)

**Логистические аспекты функционирования транспортного предприятия, выполняющего перевозку груза в международном сообщении**

Шарай С.М., Дехтяренко Д.А.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Использование логистических технологий при организации международных автомобильных перевозок имеет существенные преимущества. Повышения конкурентоспособности предприятий, которые выполняют международные автомобильные перевозки, возможно достичь за счет осуществления всего комплекса операций по доставке грузов с использованием логистических систем.

На рынке автомобильных грузовых перевозок при наличии огромного количества экспедиторов, перевозчиков и логистических компаний, заказчики транспортных услуг не всегда остаются удовлетворенными их качеством. Именно по этим причинам логистика как практическая деятельность стойко заняла свою нишу в управлении современными транспортными предприятиями. Последняя область знаний логистики – SCM (Supply Chain Management) – может рассматриваться как интегрирующая для логистики движения товарно-материальных ценностей.

Одной из важных составляющих процесса управления цепочками поставок является управления перевозками, которая включает в себя управление как парком подвижного состава, так и процессом транспортировки. В результате применения логистических систем управления перевозками предприятие может увеличивать объемы перевезенных грузов, снижать удельную стоимость единицы перевезенного груза, уменьшать порожние пробеги, повышать качество и точность выполнения заказов на перевозку, сокращать расходы на персонал. В зависимости от количества использованных логистических операций наблюдается уменьшение общих транспортно-логистических расходов. Расходы для разных схем организации доставки грузов при выполнении международных автомобильных перевозок являются базовыми, поскольку выражают основные логистические функции: транспортировку и хранение. В дальнейшем их необходимо дополнять составляющими, которые связаны с организацией заказов на перевозку, расходами на экспедирование, переработку на складах и т.п.

**Организация дорожного движения**

Капский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Организация дорожного движения (ОДД) – деятельность по формированию заданных характеристик дорожного движения, включающая управление дорожным движением и непосредственное воздействие на условия движения. Качество дорожного движения это его совокупное свойство, включающее основные свойства – безопасность, экономичность, экологичность, социологичность, а также надежность, производительность, комфортабельность, доступность и совместимость, оценивающее степень соответствия дорожного движения своему назначению. Оно оценивается по критерию потерь, представляющих собой социально-экономическую стоимость необязательных (невынужденных) издержек процесса дорожного движения. В «Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь» (Постановление Совета Министров Республики Беларусь 14 июня 2006 г. № 757), указано, что дорожное движение содержит не одну, а четыре основные угрозы – аварийную, экологическую, социальную и экономическую. Наиболее значимая угроза для участников движения – аварийная. К городским очагам аварийности относят зоны конфликтных объектов – перекрестков, пешеходных переходов, остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта, мест установки искусственных неровностей, развязок в разных уровнях и железнодорожных переездов. Регулируемые перекрестки (РПК) являются местом концентрации маневрирования мощных транспортных потоков, здесь же происходит взаимодействие (пересечение) транспортных и пешеходных потоков. И все это осуществляется на очень ограниченном пространстве и в сжатое время (поскольку все потоки «сжимаются» во времени, т.к. они движутся не в течение всего светофорного цикла, а только в выделенное для них время зеленого сигнала). Только в г. Минске (на 01.01.2013 г.) имеется около 600 светофорных объектов. В результате РПК, за редким исключением, стали основными очагами аварийных, экономических и экологических потерь. Как следствие, РПК – основной объект улично-дорожной сети, определяющий качество дорожного движения в городах. Например, выбор параметров светофорного цикла на РПК, особенно на нагруженном, является делом чрезвычайно сложным и «тонким», и почти полностью зависит от опыта и интуиции инженера, что малопродуктивно. Поскольку сегодня отсутствуют работоспособные методики оценки качества ОДД и оптимизации принимаемых решений, то можно утверждать, что ОДД на РПК не всегда оптимальна. Это обстоятельство является ос-

новной причиной неприемлемо высоких потерь всех видов, включая аварийные. Повышение качества дорожного движения подразумевает снижение потерь во всех видах опасности, но никак не снижение потерь в одном виде за счет многократного их увеличения в других видах. Например, установлено, что применение искусственных неровностей в исторических трендах снижения аварийности не обеспечило. Устройство искусственной неровности на 1 руб. снижения социально-экономических потерь от аварийности вызывает увеличение точно таких же экологических и экономических потерь от 20 до 120 руб. Только в г. Минске (на 01.01.2013 г.) установлено около 900 искусственных неровностей.

Повышение качества дорожного движения должно осуществляться, в основном, методами ОДД. Эти методы эффективны, оперативны и не требуют больших капиталовложений, поэтому следует ожидать не только значительных, но и быстрых результатов.

УДК 681.3.01

**Реализация имитационной модели выбора рационального типа грузовых автомобилей в рамках автоматизированной системы управления автоперевозками**

Панайотов К.К.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

При исследовании проблемы усовершенствования процесса управления грузовыми автоперевозками на специализированном автопредприятии, была выявлена необходимость использования имитационного моделирования. Связано это с необходимостью изучения транспортной системы угольного предприятия, в состав которой входит специализированное автопредприятие обслуживающее технологические маршруты. Исследованию подверглись компоненты системы и их взаимодействие в течении рабочей смены. В качестве базовой выбрана дискретно-событийная модель замкнутой системы массового обслуживания, в которой автомобили являются заявками проходящими следующие фазы обслуживания: погрузка из бункера; движение к пункту разгрузки; разгрузка на самосвалных площадках; возвращение к бункеру по тому же маршруту; обслуживание выезда из строя (вероятностное событие нарушения работоспособности). Основными целями исследования являются: нахождение количества или типов автомобилей для обеспечения надежной и бесперебойной работы погрузочных бункеров; коэффициент простоя автомобилей; коэффициент временных потерь на технологические и физиологические задержки.

Имитационная модель описана алгоритмом построенным по принципу особых состояний и реализована в виде программы «MSTR», созданной в среде Delphi 2010. Это позволяет получать множество значений суммарного времени нахождения в очереди  $TQ$ , времени нахождения в очереди  $TR$ , коэффициента простоя  $KTQ$  и коэффициента ремонта  $KTR$  для каждого из автомобилей работающих на технологическом маршруте. Результаты расчетов автоматически передаются во внешнее приложение и формируются в виде файлов базы данных. База данных реализована в среде Microsoft SQL Server 2008 Express и является компонентом программы «Avtoperevozki» входящей в состав автоматизированной системы управления автоперевозками.

Применение программных продуктов в рамках автоматизированной системы управления автоперевозками на специализированном автопредприятии позволяет снизить транспортные расходы на 5–6 %, что обеспечивает экономию 9–12 тыс. у.е. в год.

УДК 656.13.650

### **Совершенствование справочно-информационного обеспечения населения о работе общественного транспорта**

Кравченко А.П., Пуха В.В.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Многочисленные проблемы, существующие в транспортном обслуживании населения города, являются актуальными на сегодняшний день. Это недостоверная или отсутствие информации о работе общественного транспорта, несоблюдение режимов и графиков движения как самими водителями, так и перевозчиков в целом.

Информационная система общественного транспорта г. Луганска предназначена для решения следующих задач. Предоставление пассажирам актуальной информации о маршрутах, расписании их движения, а также оптимизации управления транспортными потоками.

Система состоит из двух частей. Это административная часть и пользовательская. Административная часть позволяет в режиме реального времени осуществлять контроль над работой подвижного состава на маршрутах и транспортных средств предприятий в целом. Пользовательская часть дает возможность информировать население о работе общественного транспорта. Интерактивная карта этой системы подскажет и где находится нужный вам транспорт и когда он приедет, выдаст рекомендации по выбору оптимального маршрута движения по маршрутной сети города или ориентируют в текущей ситуации на дороге.

Функционирование информационной системы позволяет получать информацию о состоянии рынка пассажиров и своевременно корректировать работу городского пассажирского транспорта для обеспечения наиболее точного соответствия потребностям пассажиров. В свою очередь пассажиры смогут более точно и детально планировать свою поездку.

Логистический подход к организации пассажирских перевозок предполагает как можно более полный учет требований пассажиров, которые являются потребителями транспортных услуг городского транспорта. Важным фактором качества транспортного обслуживания является скорость сообщения, которая прямо определяет время, затрачиваемое пассажиром на поездку.

УДК 332.13:05, (656.225)

### **Критерии формирования региональной транспортно-логистической системы**

Стрельникова И.А., Медведев Е.П.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Региональная транспортно-логистическая система (РТЛС) – многокомпонентная система эффективно функционирующая на принципах синергетики. Многообразие условий, в которых осуществляется транспортный процесс и возможность выполнения логистических операций и транспортных услуг с использованием различного подвижного состава, приводит к многовариантности факторов и критериев формирования РТЛС.

В классификации основных факторов, влияющих на формирование РТЛС можно выделить следующие: географическое положение, транспортный комплекс, складская сеть, логистическая инфраструктура, территориальные грузопотоки, развитие производства, социально-экономические, институциональные и экологические факторы.

На наш взгляд, одним из основообразующих факторов системы является региональный транспортный комплекс, который включает в себя: магистральную и региональную сеть путей сообщения, транспортные узлы, транспортные предприятия всех видов грузового транспорта, которые функционируют в регионе, уровень развития производственно-технической базы, другие объекты транспортной инфраструктуры. В свою очередь, основными его критериями выступают: густота транспортных коммуникаций, структура, интенсивность и направленность грузопотока.

Проведенный корреляционный анализ показателей позволил выявить и классифицировать основные факторы, определяющие цели формирования и функционирования системы.

Данные показатели будут составлять общую оценку эффективности работы региональной транспортно-логистической системы, то есть эффективность ее внедрения и общие социально-экономические результаты формирования.

Обоснование и оценка эффективности РТЛС требует особого подхода, так как специфическая особенность процессов, происходящих в транспортно-логистических системах, заключается в том, что результатом их функционирования является не создание продуктов, а удовлетворение потребительского спроса и оказание логистических услуг, а также в том, что эффект проявляется и за пределами систем, в сопряженных отраслях и сферах деятельности.

УДК 311.218: 311.312

### **Анализ автодорожных чрезвычайных ситуаций**

Чуваев П.И.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

В мире ежегодно на автодорогах происходит примерно около 60 миллионов аварий и катастроф, в которых согласно данным Всемирной организации здравоохранения погибает более 300 тыс. человек, получает ранения около 8 млн человек.

В Украине ежегодно регистрируется более 60 тыс. ЧС на автотранспорте, при этом погибают более 5 тыс. человек, травмированных более 40 тыс. человек, материальный ущерб составляет сотни миллионов рублей. При этом стабильность и значительность доли (65–70 %) в общей структуре аварийности продолжают сохранять автодорожные анализ автодорожных чрезвычайных ситуаций (ЧС), совершаемые водителями частных легковых автомобилей. Проблема автодорожных ЧС, совершаемых указанной категорией водителей, имеет сложный, многоплановый характер и требует комплексного подхода с использованием последних достижений различных наук и практики.

Мировая статистика последних лет свидетельствует об устойчивой тенденции роста числа и тяжести последствий дорожно-транспортных ЧС.

Основными причинами ЧС на автотранспорте являются столкновения (37,9 %), наезды (37,1 %), опрокидывания (16,1 %), прочие (8,9 %). В городах и населенных пунктах происходит 60 %, а на автострадах – 40 % аварий и катастроф, причем на автострадах автомобили чаще всего переворачиваются, в городах и населенных пунктах – сталкиваются. Последствия ЧС на автострадах, как правило, тяжелее, чем в населенных пунктах и го-

родах. Максимум ЧС приходится на июль-сентябрь (пик – август), преимущественно на пятницу в период с 16 до 22 часов.

Характерными особенностями ЧС на автотранспорте являются внезапность, практически мгновенная остановка транспортного средства, его деформация, заклинивание дверей. Угрожающие размеры принимают аварии и катастрофы с участием специального автотранспорта, перевозящего яды, радиационно- опасные, пожаро- и взрывоопасные продукты. Особенность таких аварий и катастроф заключается в том, что наряду с травмированием и гибелью людей после выбросов, разливов и взрывов подвергается заражению окружающая природная среда.

УДК 656

### Транспортная планировка городов

Ступенев А.М., Рожанский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Улично-дорожная сеть города может иметь следующие принципиальные геометрические схемы. Радиально-кольцевая схема характерна для крупных, крупнейших и больших городов. Это усовершенствованная радиальная схема, которая обеспечивает удобную связь и между периферийными районами города. Также перегружены центральные транспортные узлы, поскольку радиальные улицы нагружены больше кольцевых магистралей (пример: Москва, Минск) (рисунок 1). Прямоугольная схема характерна для вновь строящихся, молодых городов, а также новых районов городов (рисунки 2 и 3).



Рисунок 1 – Радиально-кольцевая схема г. Минска



Рисунок 2 – Прямоугольная схема присуща молодым районам города Минска

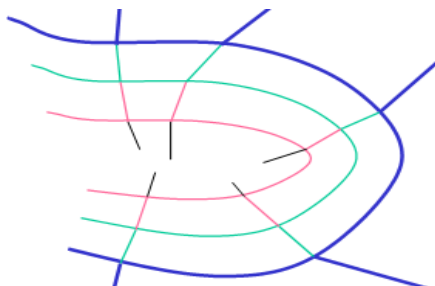


Рисунок 3

Обычно при построении транспортной сети, осуществляют построение иерархии (определяют специализацию транспортных и пешеходных связей). Идеальная транспортная система может быть представлена следующим рисунком (как представляется, особенно для транзитного крупного города).

Синим цветом обозначена кольцевая дорога (скорость 100–120 км/ч), зеленым – главные магистральные дороги непрерывного движения и скоростные дороги (стоянки запрещены, развязки в разных уровнях, выделенные полосы для маршрутного транспорта, скорость 60–80 км/ч), красный – главные магистральные дороги (стоянка, в основном, запрещена, выделенные полосы и приоритет маршрутного транспорта, светофорное регулирование, скорость 40–60 км/ч). Иерархия сети по функциональному назначению может быть интерпретирована следующим образом: 1. Транзитные магистрали (дороги для пропуска транзитного движения – типа МКАД); 2. Главные магистральные дороги (дороги городского значения, соединяющие районы города); 3. Коллекторные дороги (обеспечивающие подъезды к главным магистральным дорогам); 4. Внутриквартальные дороги (дороги, обеспечивающие подъезды от отдельных зданий к коллекторным дорогам); 5. Въезды-выезды стоянок, терминалов. Данная иерархия позволяет четко определить функциональные возможности отдельных улиц сети в зависимости от степени загруженности и пропускной способности.



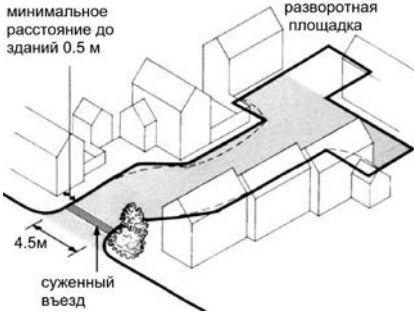
## Транспортная планировка районов жилой застройки

Рожанский Д.В., Ступенев А.М.


Белорусский национальный технический университет

Планировочные элементы – участки территории, ограниченные магистральными улицами, техногенными или природными преградами (овраги, реки, железные дороги) и отличающиеся единством планировочной структуры. Основными планировочными элементами являются квартал, группа кварталов, микрорайон, район с определенным функциональным назначением и особенностями градостроительной организации территории, формируемый, преимущественно, в крупных и больших городах, а также архитектурные ансамбли улиц и площадей. Планировка жилых кварталов должна проводиться с учетом транспортного обеспечения, размещения в жилом районе автомобильных стоянок (гаражей), и т.п. Иногда выделяются т.н. «блоки»-кварталы, в пределах которых размещаются, как правило, жилые дома, школы, детские дошкольные учреждения и т.п. Это обеспечивает минимальную пешеходную доступность, низкие скорости движения внутри квартала, что повышает БДД. В таких кварталах обслуживания комплексно устраиваются и взаимно увязываются гаражи и автостоянки (таблица 1).

Таблица 1 – Элементы жилой УДС в руководстве по проектированию Корнуолла

Элемент УДС	Компоновка дворов
1	2
<p>Застроенные по периметру двory (Mew Courts) Обеспечивают подъезд и паркование у группы домов. Обслуживают до 15 домов</p>	 <p>минимальное расстояние до зданий 0,5 м</p> <p>разворотная площадка</p> <p>4,5 м</p> <p>суженный въезд</p>

Окончание таблицы 1

1	2
<p>Площадки у групп домов (Housing Squares) обеспечивают подъезд и паркование у группы домов. Обслуживают до 15 домов</p>	

Опыт разработки норм проектирования кварталов жилых (местных) улиц может найти соответствующее применение и в нашей стране, так как жилые массивы с принципиально новым типом застройки – коттеджами – стали действительностью (Боровая, Красный Бор, Медвежино). Население таких жилых кварталов отличается высоким уровнем автомобилизации.

УДК 656

**Особенности развития транспортной планировки городов**

Кузьменко В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Пересечения и примыкания в разных уровнях позволяют повысить пропускную способность и, при правильном выборе варианта развязки, снизить все виды потерь в дорожном движении. Эти пересечения следует проектировать, обеспечивая непрерывность движения транспорта по главному направлению. Нежелательно устраивать светофорное регулирование на съездах с развязок, если этого не требуется, чтобы обеспечить безопасность движения. Любой вариант развязки может быть оценен с учетом минимизации народно-хозяйственной стоимости функционирования объекта (кроме суммарных потерь в эту стоимость входят приведенные капитальные вложения на реализацию выбранного мероприятия и расходы на эксплуатацию транспортного объекта). На основании методик определения аварийных, экономических и экологических потерь в дорожном движении возможен расчет потерь для различных вариантов планировки развязок и организации

дорожного движения на них, в результате чего стал возможен выбор оптимального решения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Пример развязки, устроенной в г. Гродно

УДК 656

### **Повышение пропускной способности городских улиц за счет использования маршрутного пассажирского транспорта**

Седюкевич В.А., Семченков С.С., Самойлович Т.Н.  
Белорусский национальный технический университет

Многие современные проблемы, ассоциирующиеся с транспортной сферой, связаны именно с ростом количества личных автомобилей. Они увеличивают свободу передвижения: становится возможным в течение одного дня работать в различных местах, находить более высокооплачиваемую работу в отдалении от места жительства, использовать возможности экономить, делая покупки в дисконтных торговых центрах, чаще бывать на природе. Не надо сбрасывать со счетов и значение автомобиля, как символа положения в обществе, своеобразного социального статуса. Среди возможных негативных последствий продолжения роста мобильности населения за счет использования личных автомобилей можно отметить потерю производительного времени при стоянии в пробках, высокую вероят-

ность дорожно-транспортных происшествий, а также угрозу здоровью людей из-за ухудшения качества воздуха.

Рост автомобилизации населения в той или иной местности может служить косвенным отражением качества работы общественного транспорта.



Рисунок 1 – Занятость улицы транспортными средствами

Когда он обеспечивает высокие скорости передвижения, небольшие интервалы ожидания на остановках, удобство и безопасность в ходе поездки, то люди охотно отказываются от использования личного автомобиля. Это повышает пропускную способность сети.

Удобство общественного транспорта, его комфортность является залогом снижения загрузки улично-дорожной сети транспортом и достижение этого становится одной из важнейших задач социально-экономического развития нашей страны.

УДК 004

### **Русификация интерактивной справочной информации для программы Workbench моделирования электронных устройств**

Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Самый популярный в мире пакет для моделирования электронных процессов и анализа электронных устройств разработан канадской фирмой Electronics Workbench (Interactive Image Technologies) и рассчитан для работы в среде Windows с большой библиотекой элементов. Его пользователями являются инженеры, преподаватели технических дисциплин

лин в 55 странах мира. Этот пакет отлично подходит для начального обучения и используется в учебном процессе в различных вузах СНГ. Используется он и в Белорусском национальном техническом университете для обучения студентов основам электронной автоматики. Наиболее удобна для этих целей качественно сделанная бесплатная версия 5.12, отличающаяся при компактности (около 11 Мб) хорошей эффективностью. Пакет обладает обширной справочной информацией, общим объемом около 700 страниц на английском языке. Русификация не реализована, тем более в интерактивном режиме использования справки. Задача русификации справочной информации, причем с сохранением интерактивности, является актуальной как для студентов, осваивающих вопросы электронного моделирования, так и для специалистов, использующих эту программу для оперативной работы.

Полученные справочные данные для сравнения удобства пользования были преобразованы с помощью программ HelpMaker 7, Help&Manual 6, HelpNDoc Personal Edition 3.8 в следующие форматы справок: современный формат СНМ (размер файла справки 819 кб), формат электронного документа EPUB (размер 1,1 Мб), формат HTML (общий объем составляющих справку файлов 5,7 Мб), исполняемый файл справки с расширением EXE (около 2,5 Мб), формат PDF-документа (около 8 Мб), формат Word-документов DOCX (1,1Мб) и DOC (3,7Мб). Все сделанные справки могут работать автономно, но Word-справки легко редактируются, что удобно для улучшения и завершения перевода. СНМ-файл справки имеет наименьший размер. Однако, для сохранения интерактивности пришлось возвращаться к исходному более старому формату справки с расширением HLP. Для компиляции справки в этом формате наиболее удобной оказалась программа HelpWorkshop. Созданный совместно с 40 студентами файл справки WEWB.HLP размером около 1 Мб заменил исходный файл справки в пакете Workbench и работает в интерактивном режиме на русском языке. Методика апробирована, сложный перевод требует дополнительной коррекции.

УДК 656

### **Исследования городских транспортных потоков**

Кухаренок Г.М., Грабауров В.А., Кот Е.Н., Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В.,  
Полховская А.С., Ермакова Н.С.

Белорусский национальный технический университет

В Научно-исследовательском центре дорожного движения проводятся исследования условий движения и параметров транспортных и пешеходных потоков (под руководством Д.В. Капского) (рисунок 1).

Определяются: состав транспортного потока, интенсивность движения (с учетом суточной неравномерности и неравномерности по дням недели, а также скорости движения транспортных средств (рисунок 2).

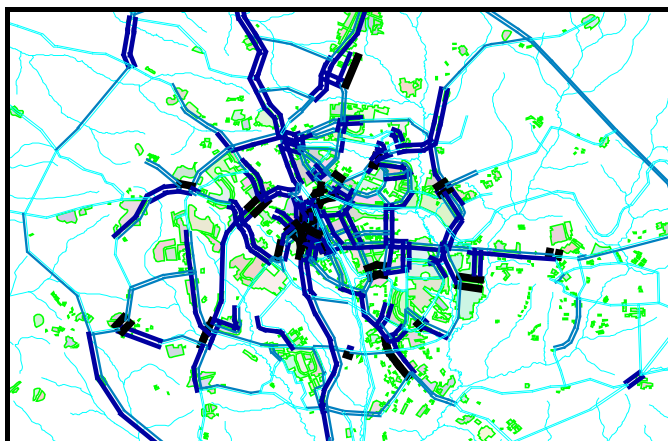


Рисунок 1 – Пример иллюстрации загруженности УДС города

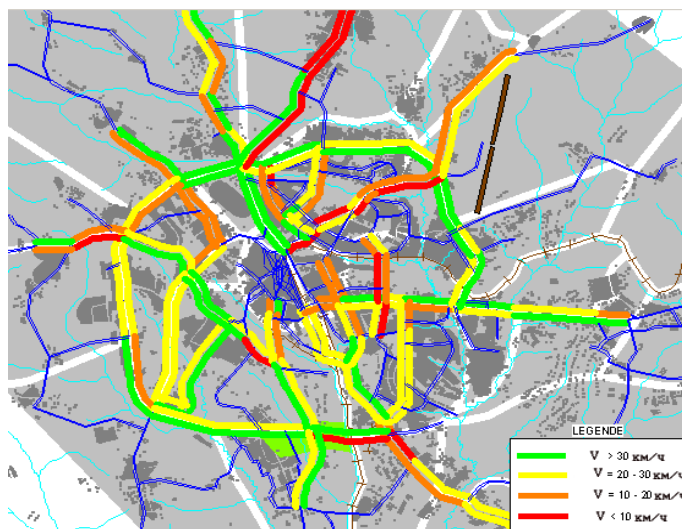


Рисунок 2 – Пример иллюстрации скоростных режимов на УДС города

**Выполнение дипломных проектов студентами  
специальности 1-44 01 01**

Андреев А. Я.

Белорусский национальный технический университет

Дипломное проектирование является заключительным этапом обучения студентов в высшем учреждении образования и имеет своей целью: систематизацию, закрепление и расширение теоретических знаний и практического опыта по специальности и применение этих знаний и опыта при решении конкретных технических, экономических и производственных задач, связанных с организацией перевозочного процесса; развитие навыков ведения самостоятельной инженерной работы и овладение методикой проектно-конструкторской работы при решении разрабатываемых в дипломном проекте проблем и вопросов; выяснение подготовленности студентов для самостоятельной работы в условиях современного производства. Содержание проекта включает в себя разделы технико-экономического обоснования темы проекта; разработка процесса перемещения грузов (пассажира) автомобильным транспортом (с использованием смешанных перевозок); детальная проработка проектного решения, в которой студенты демонстрируют свои конструкторские и исследовательские способности; разработка системы безопасности производственных процессов и охраны труда работников транспортных предприятий; экономическая оценка решений (бизнес-план).

В технико-экономическом обосновании темы дипломного проекта необходимо определить исходные данные для проектируемого технологического расчета (2-го раздела), выбор транспортных средств, систем доставки грузов и пассажиров с отражением взаимосвязи решаемых задач. Обоснование проводится методами технико-экономического анализа состояния вопроса и прогнозирования ситуации на перспективу. Все задачи, решаемые в проекте должны быть взаимосвязаны. Например: технологический процесс, разрабатываемый в проекте, должен быть разработан для отдельных маршрутов, так и для предприятия в целом.

Третий раздел – проработка отдельного проектного решения, – в котором могут быть рассмотрены следующие вопросы: исследование скоростных режимов движения транспортных средств; исследование оплат за проезд транспортных средств по иностранным территориям; нормирование расхода топлива и обоснование мест заправки транспортных средств; исследование тарифов на выполнение перевозок грузов (пассажира); разработка технологии работы грузового терминала (транспортно-логистического центра); совершенствование конструкции транспортных средств и транспортного оборудования; совершенствование конструкции

транспортной тары; совершенствование конструкции погрузочно-разгрузочных средств; обоснование мест заправки транспортных средств на маршрутах; совершенствование технологии погрузочно-разгрузочных работ; разработка предложений по сокращению нулевых пробегов транспортных средств; согласование работы транспортных и погрузочно-разгрузочных средств; анализ применения схемы (графиков) работы различного состава экипажа водителей; совершенствование исполнения таможенных процедур в отношении перевозимых грузов (товаров) и т.п. В разделе «экономическая оценка проектных решений» необходимо выполнить экономические расчеты по принятым в проекте решениям. К этому моменту должно быть получено ясное представление о конструкторской и технологической частях проекта, получены результаты работы и исходные данные для проведения экономических расчетов; кроме того, экономические расчёты должны отвечать целям и задачам, поставленным в организационно-технологической части проекта.

УДК 656

### **Концепция развития маршрутного пассажирского транспорта**

Седюкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Концепция развития маршрутного пассажирского транспорта (МПТ) позволит снизить аварийную, экологическую, экономическую и социальную угрозы. Необходимо решить следующие задачи: выработки нормативных предписаний, регулирующих отношения в области МПТ, и наполнения ими нормативных правовых актов; совершенствования правового регулирования отношений, возникающих при выполнении перевозок пассажиров; развития конструкций гражданско-правовых договоров, используемых при организации и выполнении перевозок пассажиров.

Национальная стратегия в области МПТ должна включать в себя и такие мероприятия, как: организацию движения с учетом приоритетного движения МПТ (в т.ч. оборудование на дорогах и улицах населенных пунктов специальных полос для приоритетного движения МПТ, а также устройств, обеспечивающих для него специальную сигнализацию, предсигналов и специальных светофоров, обустройство остановочных пунктов и устройства заездных карманов, оптимизацию маршрутов и режимов движения с учётом координированного регулирования и т.д.); строительство или модернизацию пересадочных транспортных узлов в целях создания безопасных условий для движения пешеходов, облегчения их пересадки из одного вида транспорта в другой; совершенствование расписаний движения транспортных средств на основе маркетинговых исследований и



установки объективных параметров работы МПТ; использование современных платежных средств и единых систем продажи билетов; предоставление пассажирам текущей информации о движении транспортных средств по маршрутам МПТ; создание механизмов субсидирования или перераспределения бюджетных средств, необходимых для обеспечения организации работы МПТ в районах новой застройки и др.

УДК 656.13.08

### **Внесение изменений в СТБ 1300-2007**

Хатковский В.К.<sup>1</sup>, Кот Е.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГП «БелдорНИИ»,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

СТБ 1300-2007 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения» входит в перечень основных технических нормативно-правовых актов Республики Беларусь в сфере дорожного движения. Необходимость внесения в него изменений обусловлена следующими основными причинами: изменениями нормативной базы, определяющей классификацию, конструктивные параметры путей сообщения дорожного транспорта, а также параметры технических средств организации дорожного движения (ТСОДД); изменениями в условиях дорожного движения, произошедшими за 5 лет после утверждения СТБ 1300-2007; необходимостью систематизации и адаптации условий применения ТСОДД.

В новой редакции СТБ 1300 предусмотрены 14 разделов, 9 из которых включают правила применения всех видов ТСОДД (дорожных знаков, дорожной разметки, дорожных ограждений для транспортных средств, пешеходных ограждений и устройств для защиты животных, направляющих устройств, дорожных светофоров и применяемого с ними дополнительного оборудования, противоослепляющих экранов, островков безопасности, искусственных неровностей). Наиболее существенные изменения внесены в Раздел 7 «Правила применения дорожных ограждений для транспортных средств», раздел 5 «Правила применения дорожной разметки» (с учетом ввода в действие СТБ 1231-2012) и раздел 9 «Правила применения направляющих устройств». Раздел 10 «Правила применения дорожных светофоров», кроме изменения номера, стал более структурированным, в нем впервые предусмотрены 6 подразделов. Существенно расширен раздел 14 «Правила формирования систем маршрутного ориентирования». Раздел 13 «Правила применения искусственных неровностей» включен в состав СТБ 1300 впервые (с учетом внесения изменений в СТБ 1538, новая редакция которого не содержит правил применения данного вида ТСОДД).

# **Экономика и логистика**

**Дорожная составляющая в себестоимости перевозок**

Антюшеня Д.М.

Белорусский национальный технический университет

При определении себестоимости перевозок учитываются расходы, связанные с перемещением грузов и пассажиров, однако не все элементы транспортного процесса находят отражение в себестоимости автомобильных перевозок. К ним относятся расходы на погрузочно-разгрузочные работы, ремонт и содержание автомобильных дорог, организацию и обеспечение безопасности движения подвижного состава. При выборе эффективного вида транспорта в себестоимости необходимо учитывать и эти элементы транспортного процесса.

Полная себестоимость на единицу продукции определяется как отношение сумм эксплуатационных расходов подвижного состава, расходов по ремонту и содержанию дорог, расходов на выполнение погрузочно-разгрузочных работ к объёму транспортной продукции  $W$ . В полную себестоимость может также входить сумма расходов, связанная с возмещением морального и материального ущерба лицам, пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях, совершенных по вине водителей автотранспортных средств, участвующих в работе предприятия ( $C_{д.т.п.}$ ).

При хороших дорожных условиях существенно снижаются расходы  $C_{д.т.п.}$  и также составляющие расходов: расходы на топливо, включающие стоимость топлива, используемого при эксплуатации автомобилей; расходы на смазочные материалы, учитывающие стоимость моторных и трансмиссионных масел, консистентной смазки, керосина и обтирочных материалов, расходуемых на эксплуатацию автомобилей.

В свою очередь дорожная составляющая включает в себя расходы, связанные с восстановлением капитальных вложений в строительство дорог и дорожных сооружений, по капитальному, среднему, текущему ремонтам и на содержание дороги. Расчёт дорожной составляющей в себестоимости автомобильных перевозок проводят по формуле:

$$C_{дс} = \frac{C_{дор} \cdot L}{W},$$

где  $L$  - общая протяжённость дороги, км;

$C_{дор}$  - расходы на 1 км дороги.

Учёт дорожной составляющей в себестоимости перевозок по автотранспортным предприятиям необходимо производить по типам и маркам автомобилей с учётом нагрузок на ось подвижного состава, удельных давлений шин на дорогу, скорости движения, манёвренности, тормозных качеств подвижного состава, интенсивности движения.

**Проблемы и перспективы управления запасами в логистике**

Антюшеня Д. М.

Белорусский национальный технический университет

Внедрение логистики приводит к значительному сокращению запасов на предприятиях. Тем не менее, на сегодняшний день имеются значительные неиспользованные резервы для совершенствования управления запасами. Они кроются в систематизации материальных потоков, разработке аналитического аппарата для управления ими, совершенствовании моделей и методов оптимизации запасов и т.д.

С ликвидацией дефицита запасных частей в товаропроводящей сети, автотранспортные организации (АТО) и станции технического обслуживания автомобилей (СТО) получили возможность в пределах своих финансовых средств приобретать материальные ресурсы, соответствующие их действительным потребностям. Предприятия заинтересованы в объективной оценке потребности в запасных частях и агрегатах, и определении запасов этих ресурсов. Рост номенклатуры и ассортимента запасных частей на складах АТО и СТО различных уровней требует развития методов, связанных с систематизацией и группированием многономенклатурных запасов. В настоящее время реализуемые на уровне микрологистической системы АТО функции планирования, прогнозирования потребности в запасных частях и агрегатах, а также структурирование материальных ресурсов и определение уровня их запасов не отвечают требованиям рыночной экономики.

Назрела настоятельная необходимость создания экономико-математической модели классификации материальных ресурсов по методу ABC, основанной на объеме запасов и величине затрат, приходящихся на каждую позицию номенклатуры.

Такую модель, можно представить следующим образом:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

где  $C_0$ - суммарная цена по данному виду номенклатуры, руб.,

$C_1$ - затраты на ресурсы в зависимости от размещения на складе, руб.,

$C_2$ - затраты на ресурсы в зависимости от частоты контроля, руб.,

$C_3$ - страховой заказ (зависящий от деления запасов на группы XYZ и политики-стратегии управления запасами),

$C_4$ - прочие затраты.

По итогам суммирования всех затрат по каждой позиции номенклатуры должен производиться анализ ABC по комплексному показателю, после чего общие затраты на управление запасами различных номенклатурных групп необходимо минимизировать.

## Проблемы финансовой устойчивости предприятий страны

Гайнутдинов Э.М., Гайнутдинова Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Результаты исследования финансовой устойчивости отечественных предприятий, подтвержденные общепринятыми статистическими характеристиками в течение длительного периода, указывают на высокую долю предприятий, имеющих низкий уровень рентабельности, либо убыточных вплоть до экономического положения, относящегося к категории «банкротства»[1].

Возникает сложная социально-экономическая коллизия: несмотря на явное застойное неудовлетворительное состояние предприятия, кардинальные меры на уровне банкротства применять невозможно, в связи с появлением в этом случае необходимости трудоустройства работников таких предприятий на другие предприятия и организации с достойной заработной платой.

Безусловно, решить указанную проблему в короткий период времени невозможно, однако движение к позитивному сдвигу финансового положения предприятия должно быть обусловлено соответствующими стратегическими планами, подтвержденными государственной законодательной системой. Именно в этой части наблюдается недостаточно интенсивное обеспечение позитивного процесса, направленное на стабилизацию финансового состояния предприятий.

Годы, прошедшие после распада Советского Союза, убедительно продемонстрировали правильность социально-экономической политики руководства страны, направленной на ликвидацию оставленного в наследство экономического развала страны. Но в настоящее время указанное обстоятельство не оправдывает низкие темпы совершенствования отечественной экономической системы Республики Беларусь.

Представляется, что основным направлением стабилизации финансового состояния предприятия должно стать предоставление ему большей хозяйственной самостоятельности, которая укладывается в его право производить ту продукцию, которая позволяет улучшить его финансовое состояние.

### Литература:

1. Сколько в Беларуси убыточных предприятий / Белорусская деловая газета // [Электронный ресурс] Сайт БДГ-online Режим доступа: <http://bdg.by/news/economics/18788.html> . Дата доступа: 01.04.2013.

## **Оценка рисков при трансформации финансовой отчетности автотранспортного предприятия**

Горбачева А.И., Беспалая О.Н.

Белорусский национальный технический университет

Стратегия Министерства финансов Республики Беларусь на ближайшие годы – это сближение национальных стандартов с МСФО (Международными стандартами финансовой отчетности). Реформирование национальной бухгалтерской отчетности в отчетность по МСФО несет в себе много новых бухгалтерских и аудиторских рисков. А с увеличением числа и величин рисков снижается полезность финансовых отчетов по МСФО для принятия экономических решений.

Трансформация отчетности МСФО – это периодический процесс подготовки отчетов по МСФО на заданную дату. На первоначальном этапе выполняется реклассификация статей национальной отчетности и внесение корректировок в эти статьи.

Оценка рисков составления отчетности по МСФО – это процесс, связанный с идентификацией, анализом рисков и принятием решений. Принимая за основу понятия «риск» его «вероятностную сущность», можно говорить о том, что теоретически любой риск можно оценить, поскольку вероятность поддается математической оценке. Абсолютная величина экономических рисков состоит из двух слагаемых: расходов, необходимых для осуществления данного решения; возможного ущерба, нанесенного этим решением. Относительный показатель экономических рисков – степень риска. Он показывает, какова вероятность наступления случая потерь. В данном случае, самые значимые потери – это ошибки, влияющие на принятие решений и ошибки, приводящие к потере доверия инвесторов.

Абсолютно оценить уровень ущерба от неправильного решения, или от потери инвесторов очень сложно, потому что объективно невозможно отделить влияние других факторов: инфляции, роста конкурентов, появления новых рынков.

Главное условие эффективного и низкорискового получения отчетности по МСФО – это правильная постановка целей. Задача, стоящая сейчас, – сделать белорусскую отчетность понятной и полезной для пользователей, в основном – для инвесторов. Говоря о составлении отчетности по МСФО, трансформацию необходимо перевести с уровня отчетности на уровень учетной политики. Другими словами, трансформировать, а точнее, исправлять, следует не отчетные показатели, а учетную политику.

## **Финансовая модель автотранспортного предприятия**

Горбачева А.И., Ровченя И.И.

Белорусский национальный технический университет

Финансовая модель автотранспортного предприятия (далее – АТП) должна строиться с учетом его особенностей:

- нарастающая конкуренция среди АТП, вследствие массовости и доступности (не требует значительного первоначального капитала, нет серьезных специальных и лицензионных ограничений);

- относительно свободное ценообразование, ввиду этого – постоянный перерасчет оптимальных тарифов;

- многообразие и непостоянство обстоятельств сделок между АТП и заказчиками (постоянная необходимость внесения корректировок как в обслуживание отдельных потребителей, так и в коммерческую стратегию предприятия в целом);

- тесная взаимозависимость рынка автотранспортных услуг с товарными рынками, учет их требований (скорость и сроки доставки, партионность груза, вид упаковки, цена, условия хранения и перевозки товара и др.),

Поэтапный анализ всех вышеназванных факторов привел к разработке многотрендовой финансовой модели, позволяющей прогнозировать динамику денежных потоков и оценивать их колебания, в том числе вероятности их отклонений от минимально допустимых значений. Алгоритм модели включает:

- анализ статей доходов и расходов;

- определение структуры модели с учетом ретроспективных данных, проверка ее соответствия фактическим показателям деятельности предприятия;

- задание исходных данных модели на прогнозный период (с учетом экспертных оценок);

- определение прошлых и расчет ожидаемых денежных потоков с оценкой вероятности их снижения относительно необходимого уровня;

- мониторинг модели и ее корректировка при существенном изменении рыночной ситуации.

Моделирование максимально полного пространства вариантов денежных потоков, а также вероятности их отклонения, т.е. рисков, позволяет для каждого шага расчета модели (например, квартала) определять вероятностные характеристики денежных потоков АТП: математическое ожидание денежного потока, его минимальные и максимальные значения.

**Сущность резервов качества автотранспортных услуг и их оценка**

Догиль Л.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Резервы как неиспользованные возможности формирования и реализации конкурентных стратегий на рынке автотранспортных услуг возникают потому, что всегда имеется разрыв во времени между появлением конкретных инноваций и их массовым использованием на практике. Научно-технические, организационно-управленческие достижения представляют резерв, вплоть до их применения в производственных условиях. Нововведение перестает быть резервом с момента морального старения, то есть когда появляется новое достижение, обладающее большим потенциалом. Следовательно, задача управления в сфере транспорта – постоянно изыскивать возможности для ускорения использования резервов.

Системное выявление резервов и планомерное их использование требуют научно обоснованной их систематизации и классификации. Необходимость такого подхода обусловлена тем, что на качество продукции (работ, услуг) оказывают влияние многообразные факторы, полный учет которых позволяет использовать имеющиеся возможности для достижения текущих и стратегических целей.

Всю совокупность резервов качества транспортных услуг можно подразделить на две группы: улучшение собственно качества оказываемых транспортных услуг и развитие технологии грузоперевозок, позволяющих оказывать услуги с нужным уровнем качества. С целью учета объективных процессов, которые порождают новые конкурентные возможности транспортных организаций, качество инновационного продукта (работы, услуги) можно рассчитать по формуле

$$\hat{E} = \alpha_{\hat{a}\hat{c}\hat{f}} \hat{E}_{\hat{a}\hat{c}\hat{f}} + \alpha_{\hat{a}\hat{a}} \hat{E}_{\hat{a}\hat{a}} + \alpha_{\hat{y}\hat{d}\hat{a}} \hat{E}_{\hat{y}\hat{d}\hat{a}} + \alpha_{\hat{y}\hat{m}\hat{d}} \hat{E}_{\hat{y}\hat{m}\hat{d}} + \alpha_{\hat{n}\hat{d}\hat{o}\hat{t}} \hat{E}_{\hat{n}\hat{d}\hat{o}\hat{t}} + \alpha_{\hat{a}\hat{a}\hat{c}\hat{t}\hat{i}} \hat{E}_{\hat{a}\hat{a}\hat{c}\hat{t}\hat{i}} + \alpha_{\hat{i}\hat{a}\hat{d}} \hat{E}_{\hat{i}\hat{a}\hat{d}},$$

где: Кназн – показатель назначения нового продукта (работы, услуги); Кнад – надежность нового продукта (работы, услуги); Кэрг – эргономичность нового продукта (работы, услуги); Кэст – эстетичность нового продукта (работы, услуги); Кст.ун – степень стандартизации и унификация нового продукта (работы, услуги); Кбезоп – безопасность нового продукта (работы, услуги); Кпат – степень патентной защищенности нового продукта (работы, услуги); аназн, анад, аэрг, аэст, аст.ун, апат – весовые коэффициенты показателей Кназн, Кнад, Кэрг, Кэст, Кст.ун, Кбезоп, Кпат, определяемые путем экспертной оценки.



**Управление технологическими процессами мультимодальных перевозок**

Захаров Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшая задача Республики Беларусь на современном этапе – упрочить положение важной транзитной страны, усилить позиции в сфере оказания транспортных услуг, активнее внедрять передовые идеи развития мультимодальных (смешанных) перевозок.

Преимущества, присущие мультимодальным перевозкам, достаточно обширны. Это и сочетание качеств различных видов транспорта – маневренности, оперативности и скорости автомобильного транспорта и большой производительности, всепогодности и безопасности железнодорожного транспорта. Также к преимуществам можно отнести сокращение времени простоя, упрощение таможенных процедур на госграницах, общий контроль и слежение за продвижением груза, сокращение срока доставки груза, экологические и эргономические преимущества.

Качество управления мультимодальной перевозкой можно оценить следующими критериями: общие затраты, прибыль, рентабельность, общая продолжительность доставки, величина потерь груза, коэффициент сохранности груза, соблюдение сроков доставки.

Как правило, наиболее важными показателями, влияющими на выбор перевозчика и маршрута, являются «общие затраты» и «время доставки». В свою очередь, общие затраты зависят от стоимости перевозки на каждом этапе. Каждый из видов транспорта представляет собой совокупность транспортных средств, путей сообщения, различных технических устройств и сооружений, условий технического обслуживания и ремонта.

Организатор смешанных перевозок не только должен это учитывать, но и знать все особенности каждого вида транспорта, участвующего в перевозке. Организатор мультимодальной перевозки – это всегда специалист высокого уровня, свободно ориентирующийся на логистическом рынке. Это разработчик схем по доставке грузов, на основе комплексного логистического подхода.

Комплексный логистический подход к мультимодальным перевозкам должен строиться на сочетании логистического маркетинга и прогнозирования затрат. Для этого необходимо: постоянное и оперативное пополнение базы данных о перевозчиках, ценах и маршрутах, отслеживание и прогнозирование перевозок, внедрение показателей обратной связи.

**Условия эффективного использования автомобильного и железнодорожного транспорта в транспортной системе Республики Беларусь**

Зеньчук Н.Ф., Гедрис С.М.

Белорусский национальный технический университет

Чему равно расстояние, при превышении которого становится выгодным применение смешанной автомобильно-железнодорожной перевозки для условий Республики Беларусь? Для того, чтобы ответить на поставленный вопрос, были рассчитаны расходы на перевозку 1 т груза в зависимости от расстояния перевозки при автомобильной перевозке и при смешанной автомобильно-железнодорожной перевозке для усреднённых условий. При смешанной автомобильно-железнодорожной перевозке в расходах учитывается перевалка с автомобильного транспорта на железнодорожный в начале пути, и с железнодорожного на автомобильный в конце пути.

Расчёты показывают, что, начиная с расстояния в 590 км, становится целесообразной смешанная перевозка с участием автомобильного и железнодорожного транспорта, а на меньшие расстояния целесообразно перевозить груз автомобильным транспортом.

В сложившейся практике железнодорожный транспорт имеет более низкую скорость доставки грузов по сравнению с автомобильным. Вагон с грузом продвигается по железнодорожной сети Республики Беларусь со скоростью в среднем 8–10 км/ч. Целесообразно ли повышать скорость доставки груза железнодорожным транспортом, если это повлечёт за собой повышение себестоимости перевозки?

Низкая скорость движения вагона с грузом по железнодорожной сети обусловлена тем, что большую часть времени (более 70%) вагоны с грузом простаивают на сортировочных станциях в ожидании накопления состава на нужное направление, и лишь малую часть времени находятся в движении. Известно, что скорость продвижения вагона по сети повышается, если не дожидаться накопления составов максимально допустимой массы и длины, а отправлять более короткие составы. При этом возрастёт себестоимость железнодорожной перевозки. Расчёты показывают, что при увеличении скорости продвижения вагона по сети с 10 до 20 км/час, т. е. вдвое за счёт отправления поездов меньшей длины себестоимость перевозки вырастет на 8–10%. При этом в случае перевозки на расстояние более 640 км расходы на смешанную автомобильно-железнодорожную перевозку будут ниже, чем на автомобильную.

## **Европейские тенденции рынка мультимодальных перевозок**

Зубрицкий А.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Глобализация рынка и внутренняя интеграция экономики государств являются общей тенденцией всех стран мира. В настоящее время 149 стран мира участвуют во Всемирной торговой организации. Несмотря на постоянные усложнения условий вступления в ВТО, многие страны, в том числе и Беларусь, активно добиваются членства в организации. Участие в ВТО требует от стран-членов открытия своих рынков товаров и услуг, в том числе транспортных, что приводит к непрерывному увеличению международных материальных потоков. В этой связи, особую актуальность получила проблема совершенствования логистических систем внутреннего товародвижения для снижения издержек перемещения товаров внутри логистических систем и между ними.

Конъюнктура мировых и внутренних транспортных услуг, за последние 15 лет, существенно изменилась. В первую очередь это касается расширения прав собственности и приватизации, осуществления транспортных операций мультимодальными операторами. Это открывает клиентам широкие возможности выбора новых партнеров, имеющих более низкие цены на свои услуги.

Новые подходы к созданию логистических систем товародвижения не ограничиваются только организацией перевозок, а включает процедуры управления материальными, информационными и финансовыми потоками.

Интенсивное развитие информационных технологий изменяет структуру требований клиентов к качеству транспортных услуг. Критерии информационного обеспечения перевозок все более привлекают внимание грузовладельцев, что также определяет эффективность интеграции всех видов логистической деятельности.

В условиях трансформации транспортного рынка, существующие методы оценки экономической эффективности международных и внутриреспубликанских перевозок, не в полной мере учитывают современные требования производителей и потребителей транспортных услуг. Поэтому, задача совершенствования методов оценки экономической эффективности этих перевозок в логистических системах является актуальной.

Как свидетельствует зарубежный опыт, качественного «скачка» в транспортной сфере можно достигнуть лишь за счет использования новых технологий обеспечения процесса перевозок, отвечающих современным требованиям и высоким международным стандартам.

**Формирование оптимальных систем доставки сборных грузов**

Ивуть Р.Б., Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день системы доставки (СД) сборных грузов имеют линейную либо сетевую топологии, а для оптимизации данного вида перевозок в основном используются задачи транспортного типа – классическая транспортная задача, многономенклатурная транспортная задача, транспортная задача в сетевой постановке. При этом в общем виде задача маршрутизации формулируется следующим образом: известны расположения грузоотправителей и грузополучателей, дислокация парка подвижного состава, объемы перевозимого груза, характеристики транспортной сети и условия движения на ней; необходимо найти удовлетворяющие определенным требованиям организации транспортного процесса во времени, упорядоченные множества связанных между собой пунктов, представляющих маршруты, при доставке по которым, достигается оптимальное значение некоторой целевой функции.

В современных публикациях появляются различные модификации этих задач. Однако и они не учитывают в полной мере многоаспектность данной проблематики. Следует понимать, что при консолидации грузопотоков существует множество различных вариантов загрузки автомобиля, каждый из которых характеризуется своими технико-эксплуатационными и экономическими показателями. Необходимо сформировать такой маршрут работы автотранспортного средства, при котором эффект приносимый автомобилем был бы наибольшим. Но встают закономерные вопросы – что будет выступать мерой количества эффекта (т.е. необходимо сформировать критерий эффективности) и кто этот эффект получит, ведь организацией СД сборных грузов занимаются исключительно экспедиторские или логистические компании, которые одновременно обслуживают грузопотоки нескольких грузовладельцев. Оперируя несколькими СД и направляя их по коммуникациям сети и (или) через пункты перевалки, у организатора СД появляются экономленные средства, за счет которых он может либо снизить расходы участникам СД, либо повысить качественный уровень предоставляемых услуг. Возникает эффект синергизма, который заключается в том, что при кооперативных действиях независимых структур обеспечивается увеличение их общего эффекта до величины большей, чем сумма эффектов этих же независимо функционирующих структур. Именно поэтому решение задачи по формированию оптимальных СД сборных грузов является актуальным для грузоперевозчиков Республики Беларусь.

## **Проблемы менеджмента качества предприятия**

Карасёва М.Г.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день растет количество организаций разработавших и сертифицировавших системы менеджмента качества (СМК) на соответствие требованиям стандарта СТБ ISO 9001. В этой связи главным является не вопрос разработки СМК, а обеспечение ее работоспособности, что достигается периодической оценкой её эффективности и результативности, а также её развитием.

В соответствии со стандартом её эффективность определяется как «соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами». Термин «соотношение» заменил термин «связь» из предыдущей версии стандарта, что на наш взгляд кажется ошибочным, так как связь – это качественная оценка соотношения результатов, а соотношение – количественная оценка. Исходя из этого невозможно понять, есть ли связь между полученными результатами и затраченными ресурсами: ведь необходимо понять, как результаты соотносятся с затратами. Версия стандарта 2009 года термин «результативность» использует только разделе ее повышения; нет рекомендаций, как ее повышать и каждая организация должна самостоятельно решать этот вопрос. В современной версии стандарта уделяет большое внимание обеспечению результативности СМК как мере, гарантирующей жизнеспособность всей системы. Однако эти рекомендации носят достаточно расплывчатый характер «следует установить достигнуты ли запланированные цели, включающие <...> изменение финансовых показателей» (п.5.1).

Более четко вопрос об эффективности системы менеджмента качества обрисован в СТБ ИСО 9004: «руководству следует улучшить результативность и эффективность организации, в том числе систему менеджмента качества» (п.6.2.1). Из этого следует, что систему менеджмента качества организации необходимо строить на основе принципов менеджмента качества, которые развивается и управляется на основе данных оценки ее эффективности и результативности.

Оценка эффективности системы менеджмента качества тесно связана с оценкой затрат на качество, отсюда вывод: очень важно организовать и проводить учет, а также оценку затрат на качество, так как это основной путь к управлению системой менеджмента качества, а через нее – и менеджмент качества предприятия.

**Эффективность систем менеджмента качества организаций**

Карасёва М.Г., Седнина М.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в Республике Беларусь сертифицировано более 3000 систем менеджмента качества организаций в соответствии с СТБ ISO 9001. Однако необходимо помнить, что система менеджмента качества по СТБ ISO 9001 – условная базовая модель для улучшения качества, которая создает основу для успешного функционирования организации. Необходимо отметить, что внедрение международных стандартов семейства 9000 помогло организациям подняться на более высокую ступень развития. Усилилась роль руководства в управлении организацией для достижения намеченных целей, повысилась компетентность персонала и его вовлеченность в деятельность по достижению целей организации, обеспечивается более эффективное управление ресурсами, а также необходимо отметить возросла скорость реакции в реагировании на требования заинтересованных сторон и потребителей, что приводит к повышению конкурентоспособности организации.

Нельзя забывать про недостатки, такие как: частичное или полное неприменение инструментов и технологий эффективного менеджмента, таких как стратегическое планирование, бережливое производство, управление рисками, а также про отсутствие должного внимания к использованию системного подхода для различных направлений деятельности организации, слабое развитие процессов по внедрению технологии быстрого создания компетенции персонала. Следствие: проблематичность создание конечного продукта на основе современных знаний.

В Беларуси внедрены в качестве национальных все основные стандарты для внедрения и сертификации систем менеджмента качества организации; в последнее время внедрены стандарты ISO 10000, специализирующиеся на аспектах менеджмента качества, стандарты серии ISO 31000 о менеджменте рисков; но этого недостаточно. К методам повышения эффективности менеджмента качества относятся, как отмечалось выше, технологии бережливого производства, управление по целям, методики планирования ресурсов организации. Однако для мотивации организации к постоянному совершенствованию и повышению конкурентоспособности организации, применяется мировая практика проведения конкурсов в области качества. Участие в конкурсе позволяет выявить типовые проблемные области в менеджменте отечественных предприятий: применение современных технологий на всех этапах создания продукции, развитие партнерских отношений с потребителями и т.д.

## Аудит корпоративной культуры

Корсик Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Корпоративная культура — система ценностей, правил, особенностей организации, которые влияют на то, как работают и взаимодействуют между собой и с внешним миром сотрудники и руководители этой организации. Корпоративную культуру можно определить как комплекс разделяемых членами организации мнений, эталонов поведения, настроений, символов, отношений и способов ведения бизнеса, обуславливающих индивидуальность компании. Аудит корпоративной культуры необходим для того, чтобы помочь собственникам малого и среднего бизнеса понять, насколько она способствует достижению стратегических целей организации.

Наличие в трудовых коллективах слабой корпоративной культуры вызывает, как правило, появление депрессивных настроений, чувства беспомощности персонала, низкой оценки профессиональной компетентности, что, в конечном счете, сказывается на работоспособности человека и приводит к снижению продуктивности деятельности. Синдром слабой корпоративной культуры провоцирует нарушения трудовой дисциплины и иные негативные последствия.

Компонентами корпоративной культуры являются: принятая система лидерства, стили разрешения конфликтов, действующая система коммуникации, положение индивида в организации, принятая символика (лозунги, организационные табу, ритуалы). С помощью тестовых методик, опросов, наблюдений и индивидуальных интервью исследуются различные составляющие корпоративной культуры: ценности, установки и убеждения сотрудников, особенности командного взаимодействия внутри компании, особенности мотивации и лояльности персонала, правила и формы взаимоотношений между сотрудниками.

Создание корпоративной культуры, если этим не заниматься специально, происходит стихийно, она складывается из "обломков" культур, привнесенных разными людьми из предыдущих коллективов.

На первых этапах преобразований, в силу неразвитости конкурентной среды, руководители предприятий могли не обращать внимания на проблемы, связанные со слабостью корпоративной культуры.

В условиях рынка корпоративная культура выступает мощным конкурентным преимуществом предприятия, повышая его эффективность функционирования во внешней среде, как правило, за счет увеличения внутренней эффективности.

**Особенности операционного аудита в сервисных организациях**

Корсик Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Операционный аудит в сервисных организациях – систематическая проверка и оценка эффективности текущих операций компании, выработка рекомендаций для руководства по совершенствованию системы внутреннего контроля, а также рекомендаций по эффективному использованию ресурсов предприятия и способов их реализации.

Предметом анализа при операционном аудите являются отдельные аспекты финансово-хозяйственной деятельности предприятия. В частности, в рамках операционного аудита в сервисных организациях могут быть проведены: оптимизация налогообложения, аудит выполнения договорных обязательств, аудит использования имущества, аудит связанных сторон, аудит изменения тарифов.

Методика ведения операционного аудита начинается с фазы планирования, когда создается управляющий комитет, определяются сроки и ответственные специалисты, создается подробный план работы. Затем по результатам проведения "круглых столов" вместе с консультантами либо на основании анкетирования происходит идентификация рисков. На данном этапе консультанты на основании собственного опыта и проведенных с заказчиком встреч уже могут сделать первые выводы о наличии тех или иных контрольных процедур.

Впоследствии идентифицированные риски ранжируются по определенной шкале, которая формируется на основе индивидуальных требований компании и текущей конъюнктуры. Следующая фаза операционного аудита подразумевает выявление существующих контрольных процедур, их описание, определение владельцев бизнес-процессов. Далее идет подготовка к тестированию и непосредственно тестирование дизайна и операционной эффективности существующих контрольных процедур. Делаются выводы о том, насколько существующие контроли покрывают идентифицированные риски, в противном случае формулируются дополнительные необходимые контрольные процедуры. Проводится анализ того, насколько эффективно функционируют внедренные контроли, – аудиторы просматривают документацию, оценивают работу информационных систем и т. д. По результатам такой проверки формируется отчет с рекомендациями, который предоставляется руководству компании для последующего устранения недостатков. Далее разрабатывается план внедрения рекомендаций, также согласованный с руководством.



## **Разработка информационно-расчетного интернет-сайта по выбору автотранспортного средства**

Краснова И.И., Бартош А.А., Дмитроченко В.В., Каратченя А.В.  
Белорусский национальный технический университет

Проблема оптимального выбора транспорта для грузоперевозки чрезвычайно актуальна, ввиду большого разнообразия автомобильных марок с разными стоимостными и техническими характеристиками, а также отсутствия какой-либо централизованной системы отслеживания обстановки на рынке грузоперевозок.

Разработка информационно-расчетного интернет-сайта по выбору автотранспортного средства направлена на то, чтобы дать интернет-пользователю наиболее цельный и беспристрастный ответ при выборе транспортного средства, а также последние новости в области транспортных услуг.

Аудитория разрабатываемого продукта – лица, принимающие решения. Это индивидуальные предприниматели, желающие приобрести автомобиль для занятия коммерческой деятельностью, менеджеры и руководители компаний, желающие подобрать наиболее оптимальный автотранспортный парк, а также логисты. В дальнейшем проект будет развивать дополнительные сервисы, нужные и интересные этим категориям пользователей. Проект не аффилирован с различными бизнес-группами и ориентирован исключительно на пользовательские интересы.

Основа проекта – это разработанная функциональная система определения наилучшего транспортного средства для перевозки груза с заданной массой, объемом, типом груза и при соблюдении минимизации технических издержек и максимизации безопасности перевозки. Это осуществляется при помощи морфологической таблицы, через которую выбираются условия перевозки, и соотнесенной с ней базой автомобилей для которых высчитаны технические издержки на одну езду, параметры безопасности, а также учтены характеристики комфорта и экологичности транспортного средства. В результате формируется список из трех наиболее подходящих для заданной перевозки параметров с оценками по 5-балльной шкале каждого параметра (издержки, надежность), позволяющий быстро и легко определиться с выбором транспортного средства. Возможен выбор автомобиля по наилучшим показателям только одного из параметров. Таким образом, удастся выбрать не только оптимальное транспортное средство, но и определить спрогнозировать издержки его использования на езду, а также дальнейшие расходы, что неопределимо для малого бизнеса.

**Анализ экономических и финансовых факторов эксплуатации  
автотранспорта в условиях рынка**

Краснова И.И., Скоркин Д.А.

Белорусский национальный технический университет

В условиях рыночной экономики одним из важных этапов при выборе подвижного состава является определение его экономической эффективности. Автомобиль приобретается с целью получения прибыли при его использовании. Поэтому, прежде всего, подвижной состав должен удовлетворять потребителя с экономической стороны.

Анализ экономических и финансовых факторов нужен при выборе наиболее подходящих моделей автомобилей для выполнения какого-либо определенного вида перевозок в конкретных дорожных условиях с целью достижения наилучших экономических показателей деятельности автотранспортного предприятия.

При анализе экономической эффективности принято использовать набор показателей, характеризующих ценность проекта в стоимостном и относительном выражении, а также рассчитывать период возврата и срок окупаемости инвестиций.

Ценность инвестиционного проекта в стоимостном выражении определяется как превышение результатов (фактических поступлений) над затратами (минимальными поступлениями). Она измеряется в абсолютной величине, ее положительное значение прямо свидетельствует об экономической эффективности инвестиций.

В зависимости от характера расчетов этот показатель имеет названия: годовой или среднегодовой экономический эффект, экономический эффект за расчетный период, чистая дисконтированная стоимость.

Относительная ценность инвестиционного проекта определяется как рост или прирост капитала (имущества) собственника. Она выражается набором коэффициентов экономической эффективности. Коэффициенты экономической эффективности являются безразмерными показателями.

В зависимости от характера расчетов относительную ценность проекта характеризует рентабельность инвестиций, внутренняя норма рентабельности, индекс доходности и расчетная норма рентабельности инвестиций.

На сегодняшний день предприятия сами планируют свою деятельность и виды оказываемых услуг, поэтому приобретение автомобиля без анализа его эффективности было бы неправильным. Поэтому иметь свою долю на рынке автотранспортных услуг удастся лишь тем предприятиям, которые имеют подвижной состав, отвечающий современным требованиям.

## Особенности функционирования рынка транспортных услуг в Республике Беларусь

Краснова И.И., Ярошевич Е.Е.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире роль транспорта не просто перевезти, а перевезти максимально быстро и комфортно при минимальных затратах. Необходимо в большей степени обратить внимание на развитие качества обслуживания пассажиров и дополнительные условия перевозки грузов.

Темпы роста пассажирооборота с 2010 г по 2012 г. увеличивались. Наибольший прирост отмечен по воздушному (23,86% в 2012 г. к 2011 и 29,54% в 2012 к 2010 г.) и железнодорожному транспорту (13,05% к 2011 г. и 18,46% к 2010 г.). Существенно ниже темпы роста по городскому электрическому транспорту (102,43% к 2011 г. и 102,61% к 2010 г.). После некоторого снижения пассажирооборота по автомобильному транспорту в 2011 г., в 2012 г. отмечен рост (темпы роста соответственно 97,34% и 102,0%). Постоянно снижается пассажирооборот по таксомоторному транспорту. Подводя итог, необходимо отметить следующее. Особенностью нашей страны является ее геополитическое положение в центре Европы. Она во многом является связующим звеном Европейского Союза и стран СНГ. Это не может не отражаться на развитии транспортной системы. Так, наибольший удельный вес в грузообороте занимает трубопроводный транспорт, благодаря которому идет снабжение Европы российским газом. В следующие годы удельный вес данного вида транспорта будет только увеличиваться. Благодаря вводу проекта «Ямал-Европа-2» Европа будет получать больше половины природного газа через Беларусь.

Необходимо отметить также значительный удельный вес железнодорожного и автомобильного транспорта. Для увеличения грузооборота сегодня развивают объекты придорожного сервиса и логистическую систему.

Особое внимание необходимо обратить на развитие воздушного транспорта. Здесь сдерживающим фактором является необходимость долгосрочных больших инвестиций. Как отметил А.Г. Лукашенко «Наш аэропорт соответствует стандартам, но он не самый лучший в мире. <...> В этом году будет решен вопрос о строительстве новой полосы и нового терминала». Именно воздушный транспорт показывает наибольшие темпы роста по пассажирообороту. При этом лидерами все же являются железнодорожный и автомобильный транспорт. Это легко объясняется небольшой территорией страны.

**Расширение возможностей сглаживания при прогнозировании спроса на автотранспортную технику**

Макаревич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Известные в продажах автотранспортной техники (АТТ) методы прогнозирования спроса, такие как «сглаживание» и «скольжение», применяются для оценки спроса на продукцию, уже выпускаемую самим предприятием или его конкурентами. Специалист по анализу спроса на АТТ располагает статистическими данными об объемах сбыта в предыдущие периоды и на их основании строит тренды, руководствуясь формулами: среднего сглаживающего – для прогноза абсолютного потенциала сбыта (количества АТТ, которое будет воспринято рынком за определенный период времени при установленном уровне цены); оптимистического среднего скользящего – для прогноза текущего потенциала сбыта (количества АТТ, которое будет воспринято за определенный период времени при установленном уровне цены с учетом давления конкурентов) при положительном тренде продаж; пессимистического среднего скользящего – для прогноза текущего потенциала сбыта АТТ при отрицательном тренде продаж.

Достоинства прогноза методом сглаживания состоят в том, что данным последних периодов придается больший удельный вес и таким образом возможно учесть тенденцию к расширению или сокращению продаж. Недостатком, с точки зрения аналитиков, является невозможность «управлять» прогнозом, то есть получать дифференцированные оптимистический и пессимистический тренды.

Предлагается преодолеть этот недостаток за счет креативной работы с константами, корректирующими величины объемов продаж в предыдущие периоды.

По сравнению с классическим «сглаживанием» и даже средним биквадратическим из правила мажорантности «оптимистическое сглаживание первого порядка» позволяет учесть существенный рыночный фактор, благоприятно влияющий на спрос. Еще более влиятельный фактор позволяет учесть формула под условным названием «оптимистическое сглаживание второго порядка» или «оптимистическое сглаживание с арифметической прогрессией».

Таким образом, в распоряжение специалиста, анализирующего продажи АТТ, помимо традиционной десятки инструментов прогнозирования спроса поступают новые модели (две «оптимистического сглаживания» и две – «пессимистического»).

**К вопросу о формировании логистических центров  
в Республике Беларусь**

Павлова В.В.

Белорусский национальный технический университет

Для развития логистической системы Республики Беларусь разработана соответствующая программа до 2015 г. (№ 1249 от 29.08.08) Данной программой предусмотрено 50 участков для строительства логистических центров на территории республики. По состоянию на 1 июля 2012 г. в Беларуси реализуется 25 инвестиционных проектов в соответствии с программой и 16 — на основе заключенных инвестиционных договоров. Наибольшее количество комплексов будет сосредоточено в Минской области, т. к. преимуществом данной территории является пересечение двух транспортных коридоров. В целом осваиваемые участки по строительству логистических центров расположены, как правило, в непосредственной близости проходящих через территорию республики транспортных коридоров. А именно: Берлин – Варшава – Минск – Москва – Нижний Новгород, Калининград – Клайпеда – Вильнюс – Минск – Гомель, Пловдив – Бухарест – Кишинев – Любашевка – Киев – Витебск – Псков – Санкт-Петербург – Хельсинки.

Анализ ситуации по созданию логистических центров в республике показывает, что наиболее активно в этом направлении движется Минская область: на данный момент здесь реализуется 12 проектов в соответствии с программой и 10 проектов на основе заключенных инвестиционных договоров. Не уступает столичному региону Брестская область. Всего здесь реализуется 7 проектов, два из которых — с привлечением инвестиций. В Витебской и Гродненской областях — по четыре проекта, в Гомельской и Могилевской — по два. Для реализации проектов в рамках госпрограммы в Минской области выделено 415 га земли. Сегодня ведется активное строительство: ИООО "Логистический центр "Прилесье" (Минский р-н, пос. Обчак, СЭЗ «Минск»); ООО «ИнтерСтройПорталПлюс» (Минский р-н, на землях СПК д. Щомыслица), ИП «БТЛ-Логистик» (Минский р-н, пос. Обчак, СЭЗ «Минск»). В последнем введен в эксплуатацию складской корпус на 2900 м<sup>2</sup>. Продолжается возведение логистического центра «Минск-Белтаможсервис» со складским корпусом на 7 тыс. м<sup>2</sup> РУП «Белтаможсервис» (Минский р-н, 17 км автодороги Минск – Дзержинск). На последнем объекте введены первый и второй пусковые комплексы первой очереди строительства. Таким образом, в Беларуси развитию логистической системы дан «зеленый свет».

## **Оплата труда водителей грузовых автомобилей при перевозке опасных грузов**

Пилипук Н.Н.

Белорусский национальный государственный университет.

Формы и системы оплаты труда устанавливаются нанимателем на основании коллективного, трудового договора и соглашения. Это позволяет нанимателям в каждом конкретном случае принимать ту форму или систему оплаты труда, которая соответствует организационно-технологическим условиям производства и способствует улучшению результатов труда.

В автотранспортных организациях Республики Беларусь используется сдельная и повременная форма оплаты труда водителей грузовых автомобилей. При перевозке опасных грузов в настоящее время применяется повременно-премиальная система оплаты труда.

Зарплата водителю начисляется по тарифной ставке за отработанное время, дополняется премированием. Часовая тарифная ставка водителя 3-го класса устанавливается умножением часовой тарифной ставки первого разряда, действующей в организации на тарифный коэффициент грузового автомобиля в зависимости от грузоподъемности этого автомобиля.

Все грузовые автомобили разделены на три группы. Автомобили, перевозящие опасные грузы, относятся к 2-ой и 3-ей группе.

Кратный размер ставки первого разряда для автомобилей 3-ей группы в зависимости от грузоподъемности колеблется от 2,54 (грузоподъемность автомобиля до 0,5 т) до 3,22 (грузоподъемность от 20,0 до 40,0 т.).

Размер премии установлен в размере 30 % от тарифной ставки водителя 3-го класса за отработанное время, включается в себестоимость перевозок. Остальной размер премии можно выплачивать из прибыли, если она есть.

Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22.02.2008 г. № 35 (в редакции от 30.06.2011) «Об утверждении Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставлению компенсаций по ее результатам и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства труда Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь», лицам, работающим с вредными и опасными условиями труда компенсация устанавливается в зависимости от степени опасности, которая проставляется в баллах (от 2 до 8 баллов) на основании аттестации рабочих мест.

## Разработка и обоснование оптимальной структуры автомобильного парка

Пилипук Н.Н., Король В.М.

Белорусский национальный технический университет

Исследованиями установлено, что одним из главных путей снижения транспортных затрат является рациональное использование сельскохозяйственного транспорта и, прежде всего, оптимальное для заданных естественно-производственных условий комплектование транспортного парка по его структуре и типуажу. Однако, нельзя оптимизировать структуру парка без детального рассмотрения уборочно-транспортных процессов в периоды напряженных транспортных работ.

Наиболее напряженными периодами транспортных работ по нашим исследованиям является время вывозки торфокрошки и органики, уборки зерновых и кормовых культур. Обоснование транспортно-технологических схем основывается на соблюдении условия:

$$T_1 \cdot W_1 \cdot n_1 = T_2 \cdot W_2 \cdot n_2 = T_3 \cdot W_3 \cdot n_3,$$

где  $T_1, T_2, T_3$  – время работы погрузочных средств, транспорта и разгрузочных устройств;

$W_1, W_2, W_3$  – соответственно их производительность;

$n_1, n_2, n_3$  – количество этих средств.

На основании принятых транспортно-технологических схем перевозки сельскохозяйственных грузов рассчитано время погрузочно-разгрузочных работ  $/t_{пр}/$ , себестоимость перевозок  $/S_i/$ , и определены техническая скорость  $/V_t/$ , время в наряде  $/T_n/$ , коэффициенты использования грузоподъемности  $/\gamma/$  пробега  $/\beta/$  для расчета оптимальной структуры парка.

Для сравнения себестоимости перевозки однородных грузов на разных автотранспортных средствах нами произведен расчет себестоимости перевозки 1 т груза 1-го класса по 2-ой группе дорог на 13 модификациях транспортных средств при расстояниях перевозки от 1 до 50 км, который может быть использован в практической работе при планировании перевозок.

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.

## Внутрифирменное ценообразование

Поддерегина Л. И., Ивуть Р.Б.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшим аспектом товарных отношений между структурными подразделениями фирмы являются цены. По ним продаются и покупаются товары, оплачиваются услуги. На продукцию, потребляемую внутри фирмы, отпускные цены не используются. В практике работы структурных подразделений фирм известны так называемые планово-расчетные цены на продукцию. Они строятся разными способами. В одном случае в цену включается лишь часть собственных затрат структурных подразделений. Во втором – к затратам добавляется часть прибыли на премирование работников структурного подразделения. В странах с развитой рыночной экономикой их называют трансфертными ценами. Они используются для того, чтобы заинтересовать руководителей структурных подразделений в принятии экономически выгодных управленческих решений, способствующих продвижению продукции на внешний рынок, чтобы проверить, насколько эффективно они работают. Основой установления трансфертных цен могут служить: рыночные цены; издержки производства (полные, прямые), средние издержки плюс прибыль, метод безубыточности и др.

В основе построения трансфертных цен для структурных подразделений фирмы должны находиться следующие положения: цена формируется исходя из нормативных исходных данных (в том числе общественно-необходимых затрат труда ОНЗТ); обязательно наличие в трансфертной цене всех основных элементов, формирующих отпускные цены: себестоимости, прибыли, налогов; учет лишь тех составляющих, которые имеют непосредственное отношение к подразделению и могут быть объективно установлены; формирование величины прибыли с учетом перспективы организационно-технического и социально-экономического развития структурного подразделения; договорные основы установления трансфертных цен по 3-м уровням.

1-й уровень – оптимальная трансфертная цена устанавливается при соблюдении сроков поставки продукции обычного качества, 2-й уровень – минимальная при нарушении сроков поставки продукции обычного качества, 3-й уровень – максимальная при соблюдении сроков поставки продукции высшего качества (например, экспортное исполнение).

Три уровня трансфертных цен на изделия (услуги) в определенной степени характеризует рыночный характер внутрифирменных отношений.



## **Инновационные PR-инструменты в рекламной политике транспортных компаний**

Попкова А.С.,

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе формирования экономики деятельность компаний-автопроизводителей предполагает активную рекламную кампанию, основной целью которой является продвижение продукции и создание определенного имиджа предприятия у потребителей. Для этого применяются разнообразные PR-инструменты, которые условно можно разделить на традиционные, используемые практически всеми компаниями и инновационные, применяемые фирмами-новаторами.

К традиционным PR-инструментам относят написание и распространение пресс-релизов, организация презентаций и мастер-классов, пресс-туры и тест-драйвы автомобилей, спонсорство и др. Многие компании предлагают потребителям возможность обучения на водительских курсах, где обучают новым техникам вождения с целью демонстрации всех потенциальных возможностей автомобиля. Ряд фирм с этой же целью периодически организуют спортивные соревнования. Ралли и гонки активно освещаются средствами массовой информации. Для рекламной кампании эффективно привлечение бренд-амбассадоров, которые разделяют ценности компании.

Инновационные PR-инструменты предполагают использование новых каналов коммуникации, современных медианосителей, проведение креативных информационных мероприятий. Данные технологии предполагают активное использование мультимедийного контента. Это могут быть кроссворды на знание бренда, компьютерные игры, особые обои для рабочего стола, он-лайн энциклопедии и он-лайн конференции. В последнее время для рекламных целей активно используются блоги с регулярно обновляемой информацией. В социальных сетях могут создаваться группы фанатов бренда. Эффективными инструментами рекламы для PR-менеджера являются вирусный маркетинг, Product Placement, перекрестное продвижение брендов.

В условиях высокой конкуренции современного рынка грамотные маркетинговые коммуникации позволят организациям Республики Беларусь занять определенную долю рынка, построить высокоэффективную систему медиасопровождения деятельности фирмы, поддерживать постоянный интерес к бренду, сформировать положительный имидж предприятия.

## **Развитие государственно-частного партнерства в транспортной сфере**

Попкова А.С.,

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях развитие инфраструктурных проектов является необходимым условием формирования базы для последующего экономического роста. В первую очередь это касается транспортных коридоров, эффективное функционирование которых позволяет снизить издержки субъектов хозяйствования, стимулировать предпринимательскую деятельность, проводить активную региональную политику и создает мощный мультипликативный эффект для всей экономической системы.

Развитие дорожной сети только за счет бюджетных источников сегодня не обеспечит требуемого объема строительства, реконструкции и модернизации транспортной инфраструктуры. Существует насущная необходимость в привлечении частных инвестиций для развития транспортных коммуникаций и с этой целью в мировой практике используется механизм государственно-частного партнерства.

В дорожном хозяйстве Республики Беларусь могут применяться различные схемы государственно-частного партнерства. В частности, такой механизм как концессия предполагает строительство (реконструкцию) дороги и эксплуатации её частным партнером в течение определенного периода.

Риск изменения трафика несет концессионер. Возможно заключение контракта жизненного цикла, который представляет собой договор между государственным и частным партнерами, заключенный на весь комплекс работ, связанных с проектированием, строительством, финансированием и содержанием объекта.

Если дорога бесплатная, то погашение инвестиционных затрат осуществляется за счет бюджетных ресурсов. Если дорога платная, то плата с пользователей автодорог перечисляется собственнику инфраструктуры. При этом договоре платежи частному партнеру не зависят от трафика. Эффективен и такой механизм государственно-частного партнерства как операторское соглашение.

Реализация механизмов государственно-частного партнерства в дорожной отрасли позволит преодолеть дефицит финансирования инфраструктурных проектов, задействовать частные инвестиции в проектах, являющихся сферами государственного влияния, сократить период строительства и модернизации дорог в Беларуси.

**Кросс-докинг при перевозке сборных грузов**

Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время перевозка сборных грузов, т.е. доставка одним автомобилем грузов от нескольких заказчиков, является востребованной услугой. Однако комплектация сборного груза требует больше времени и усилий по сравнению с загрузкой комплектного груза от одного грузоотправителя. Появляется дополнительный этап консолидации грузов, за счет которого увеличивается срок доставки груза. На этот параметр оказывают влияние следующие факторы: 1) состояние сети консолидационных складов компании; 2) регулярность рейсов с консолидационных складов в регион грузополучателя. Наличие графика отправок позволяет заказчику достаточно точно представлять сроки доставки грузов и планировать свою деятельность в соответствии с графиком получения товара.

Для достижения перевозчиками скорости доставки сборных грузов такой же, как и изначально скомплектованных, часто применяют технологию кросс-докинга (cross-docking), при которой процесс приемки и отгрузки грузов через склад осуществляется напрямую, без размещения его на хранение. Сущность складирования по принципу cross-docking совпадает с основным назначением склада в логистической системе. С позиции логистики, склад не хранит грузы, а преобразовывает грузопотоки.

Иногда под кросс-докингом понимают прямую перегрузку товара между транспортными средствами. В этом случае, логистическая цепочка становится предельно простой, а время от момента заказа до момента получения товара заказчиком значительно сокращается. Представим время доставки  $i$ -го груза  $T_{общ}^i$  в виде суммы:  $T_{общ}^i = T_{движ}^i + T_{n-p}^i + T_{накопл}$ , где

$T_{движ}^i$  - время самой перевозки;  $T_{n-p}^i$  - время погрузки-разгрузки,  $T_{накопл}$  - время накопления груза для консолидированной отправки, которое в свою очередь зависит от времени поступления всех грузовых единиц на консолидированный склад для последующего их объединения. Применяя технологию кросс-докинга,  $T_{накопл}$  будет равно нулю.

Вследствие чего, в Республике Беларусь операция кросс-докинга приобретает все большую актуальность: ведь он, являясь совокупностью логистических операций внутри цепи поставок, максимально точно согласует по времени выполнения приемку товаров от поставщиков, отгрузку со склада и доставку товаров грузополучателям.

**Методология выбора системы управления инновационной  
деятельностью на предприятиях транспорта**

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью инновационного развития любых экономических систем является создание инновационной базы для долгосрочного экономического роста хозяйствующих объектов, основанного на передовых технологиях, обеспечивающих удержание и развитие конкурентных преимуществ высшего порядка.

Инновационное развитие транспортного предприятия предполагает непрерывное обновление и методов управления им. Эта особенность привносит новые проблемы, стоящие перед руководителями различного уровня управления предприятием. От их квалификации зависит судьба транспортного предприятия, а умение проследить за всеми изменениями, происходящими в мире инноваций и бизнеса, касающихся данного предприятия, является уделом только талантливых и высококвалифицированных управляющих. Руководители подобного класса должны в совершенстве владеть теорией и практикой управления инновационной деятельностью предприятий, которые вверены им в управление. Особую роль здесь играют функции и методы управления инновационными процессами, умение системно применять их в практике хозяйственной деятельности.

Управление инновационной деятельностью транспортного предприятия детерминирует принципиально иную психологию руководителя, включающую такие новые методы управления, как применение в процессах принятия решений эвристических процедур, тонкий учет факторов психологического управления не только коллективом, но и каждой личностью. Систематизация управленческих решений предполагает их отнесение к различным уровням управления, функциям управления, формам и методам принятия решений.

Этапы принятия решения основываются на последовательности взаимосвязанных шагов, использовании всей полноты доступной информации, понимании альтернативности выбора, при этом особое внимание уделяется оценке неопределенности и риска.

По мере усложнения процедуры и объектов принятия решения все более усложняются методы и модели принятия решения. Наиболее широко распространены методы математической статистики, теории вероятности, линейное и нелинейное программирование, имитационные модели, теория графов, теории информационного поиска, автоматического регулирования.

## **Стратегия управления инновационной деятельностью транспортного предприятия**

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Центральной задачей стратегической системы управления является выбор и реализации инновационной стратегии, наиболее адекватной состоянию внешней и внутренней среды, возможностям транспортного предприятия и типу обновления.

При стратегической системе инновационного управления необходимо руководствоваться матричным анализом выбора стратегии. В стратегию управления входит постановка долгосрочных целей и выработка порядка действий.

Стратегическая система управления инновационной деятельностью опирается не только на данные ситуационного анализа состояния транспортного предприятия, внешней среды и всех взаимосвязанных факторов, но и на прогноз внешних и внутренних условий в будущем, на оценку реальной вероятности будущих событий.

Прогнозирование может осуществляться на основе нескольких подходов: метода аналогий; метода математического моделирования.

Выбор цели и стратегии инновационной деятельности транспортного предприятия является важнейшим этапом управления и создания соответствующих организационных структур.

Стратегическое инновационное управление связывает в единую цепь постановку целей и задач организации и её окружения.

В инновационном управлении наиболее высоко ценится умение выявить необходимость изменений, на основе моделирования ситуации разработать соответствующую стратегию изменений, а также использовать необходимую тактику и процедуры для успешной реализации стратегии.

Для выработки и успешной реализации стратегического этапа необходимы знания о состоянии внутренней среды транспортного предприятия.

Стадией операционной стратегии является стратегический диагноз и на его основе подбор необходимой операционной стратегии.

Для реализации избранной стратегии управляющий выбирает методы реализации, соблюдая следующие правила:

- этапы реализации должны иметь шаговый характер;
- процедура должна состоять из серии простых задач;
- каждая задача должна иметь ясную цель;
- задачи должны быть представлены в функциональной форме.

**Метод описания ускоренного износа**

Трифонов Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В практике оценки стоимости существенной является задача описания изменения стоимости объекта оценки со временем, обычно называемого износом. Характер износа различен для объектов различной природы: для объектов недвижимости обычно он незначителен в начале экономической жизни и увеличивается к концу срока эксплуатации (т.н. замедленный износ), для машин и оборудования износ обычно максимален в первый год жизни, постепенно уменьшаясь со временем (т.н. ускоренный износ). Для описания замедленного износа применяется метод фонда возмещения, для описания ускоренного – метод суммирования до целого; оба эти метода известны и в бухгалтерской практике. Но метод суммирования до целого при заданном сроке службы объекта даёт фиксированную кривую, в отличие от метода фонда возмещения, который позволяет изменять кривизну линии износа в соответствии с описываемым объектом.

Для того, чтобы получить такую возможность при описании ускоренного износа, автором по аналогии с методом фонда возмещения предложен метод, названный методом фонда амортизации. Предполагается, что формируется фонд амортизации, предназначенный для исчерпывания в течение срока использования объекта оценки суммы, равной накопленному износу  $I$  вместе с процентом фонда.

Пусть эффективная годовая процентная ставка фонда амортизации составляет  $i$ , а ежегодный платеж в фонд –  $P$ , описываемый формулой:

$$P = I \cdot r(n; i), \quad (1)$$

где  $r(n; i)$  представит собой множитель амортизации [1].

При таком расписании обесценивания величина годового износа уменьшается год от года, так как она равна ежегодному платежу вместе с накопленным в течение этого года процентом на неисчерпанную сумму износа. Полный износ  $I_k$  за  $k$  лет можно получить прямо из формулы

$$I_k = P \cdot a(k; i), \quad (2)$$

в которой платёж  $P$  определяется выражением (2), и  $a(k; i)$  представляет собой соответствующий множитель ренты [1].

График функции  $I_k$  представляет собой вогнутую кривую, кривизна которой зависит от величины  $i$ , что решает поставленную задачу.

Литература:

1. Трифонов Н.Ю. Теория оценки стоимости: учебно-методическое пособие / Под. ред. Р.Б. Ивутья. – Мн.: БНТУ, 2012.

## Новація агрегатных індексав

Шило А.Ф.

Белорусский национальный технический университет.

В статистике для анализа экономических задач широко применяются весовые агрегатные индексы. Числитель и знаменатель такого индекса содержит знак суммирования произведения двух или более сомножителей. При этом один из них постоянный – весовой. Весовой сомножитель можно брать как по базисному, так и по отчетному периоду. Очевидно, их значения будут различны. Для сохранения равенства индексной модели один из них следует брать по базисному, а другой по отчетному периоду. [1]. Например, по сложившейся методике в индексной модели товарооборота  $I_w = I_p \cdot I_g$  ценовой индекс берется по весу отчетного, а количественный – по весу базисного периода, что приводит к занижению ценового фактора. Если же индексы брать наоборот, то это приведет к занижению количественного фактора. Следует отметить, что эти отклонения при факторном анализе значительны и исчисляются десятками процентов, что, естественно, снижает качество анализа.

Указанные недостатки устраняются, если составляющие модель индексы рассчитывать по весу среднего арифметического уровней базисного и отчетного периодов. Весовой индекс по среднему количественно отличается от вышеуказанных индексов незначительно. Отличия составляют тысячные, сотые доли в зависимости от длительности периода и направленности изменения уровней. В итоге две формулы индексной модели заменяются одной и, что самое важное, результаты анализа однозначны и объективны. В случае трех- и более факторной индексной модели знак равенства нарушается, т.е. произведение факторных индексов не совпадает с результативным. Но, как показали математические исследования, расхождения незначительны, их погрешность составляет десятые доли процента, что сопоставимо с погрешностью вычислений.

Таким образом, весовые индексы с весом среднего уровней базисного и отчетного периодов устраняют субъективизм, множественность конечных результатов, повышают их точность, что очень важно для анализа экономических явлений. Более того, такая новация значительно облегчает усвоение студентами индексной тематики, а исследователям упрощает её применение.

### Литература:

1. Шило А.Ф. Многофакторные индексы модели // Вестник БНТУ, 2011 – № 5.

## Проблемы диагностики банкротства в Республике Беларусь

Якубовская Т.Л., Алимова В.В.

Белорусский национальный технический университет

Диагностика банкротства предприятия представляет собой неотъемлемый элемент превентивных механизмов антикризисного управления предприятием, направленных на выявление кризисных явлений в деятельности предприятия и на нейтрализацию угрозы кризиса на его ранних стадиях.

Модели, используемые в зарубежной практике, дают весьма противоречивые результаты оценки вероятности банкротства отечественных предприятий. Это свидетельствует о несостоятельности данных моделей в отношении белорусских предприятий, имеющих свои социально-экономические особенности функционирования.

Таким образом, возникает очевидная необходимость в разработке новой системы диагностики банкротства, адаптированной к белорусским условиям. Интерес представляет методика, предложенная американским экономистом Эдвардом Альтманом. Согласно формуле его расчета, предприятия с рентабельностью выше некоторой границы становятся полностью «непотопляемыми». В Республике Беларусь рентабельная работа предприятия в значительной мере подвержена опасности внешних рисков. Поэтому во всех современных работах утверждается, что в том виде, в каком данная формула была предложена Альтманом, использовать ее применительно к странам с переходной экономикой нельзя ввиду необходимости решения следующих проблем:

- коэффициенты, принятые в методике Альтмана, ориентированы на западную структуру бизнеса и не очень подходят для анализа отечественных предприятий: иные темпы инфляции, иные циклы макро- и микроэкономики, а также другие уровни фондо-, энерго- и трудоемкости производства, производительности труда, иное налоговое бремя. В силу этого нельзя механически применять эти коэффициенты в условиях Беларуси;

- в качестве методики не следует использовать статистический метод дискриминантного анализа, так как для его применения необходимо предварительно выделить две группы предприятий: первую – гарантированно «хороших», вторую – гарантированно «плохих», что невозможно в современных реалиях белорусской экономики;

- достаточно трудоемким для формализации является также вопрос о «серой зоне», в которой нельзя с определенной степенью уверенности произвести классификацию предприятия.



**Инновационная логистика**

Якубовская Т.Л., Сурмина А.В., Хомич Л. С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существует мнение, которое неоднократно было доказано на практике: организации, использующие логистический подход опережают своих конкурентов за счет снижения производственных затрат в области ресурсного и транспортного потенциала. При этом подчеркивается, что для повышения эффективности работы компании уже недостаточно повышения качества работы с персоналом или улучшения методики продвижения товара; требуется применение современных эффективных способов и методов управления потоковыми процессами. Наиболее современным направлением в данной области является логистика. На сегодняшний день существует два концептуально различных определений логистики:

1) базовая логистика – это наука и вид деятельности по организации и управлению поставками продукции, предназначенной для производственного и личного потребления;

2) инновационная логистика – это научный инструмент по рационализации потоковых процессов путем внедрения прогрессивных инноваций в текущее и стратегическое управление рыночными структурами с целью достижения конечных результатов бизнеса.

Основные задачи инновационной логистики:

1) генерирование новых идей в области управления материальными и информационными потоками при помощи креативного использования достижений современной науки и техники;

2) изучение и обобщение мирового опыта инновационной деятельности в области логистики для его дальнейшего использования, с учётом особенностей различных стран, регионов, отраслей и их возможностей;

3) разработка различных методов, алгоритмов или стандартов работы для различных структур.

Примерами инновационной логистики являются:

– инновация от компании Michelin – RFID-enabled version of X InCity tires («Говорящие шины»), заключающаяся в использовании встроенных в шины чипов, позволяющих системам TPMS получать данные о давлении и температуре шин, следить за историей каждой шины, тем самым улучшая параметры эксплуатационной безопасности;

– система спутниковой навигации (на примере БелТрансСпутник), позволяющая значительно повысить эффективность управления транспортными компаниями.

**Теоретические основы формирования рынка недвижимости жилищной сферы**

Шимановский С.А., Поддергина Л.И.

Белорусский национальный технический университет

В экономической науке распространена точка зрения, согласно которой рынок недвижимости рассматривается как набор механизмов (система), обеспечивающий изменение права собственности на недвижимость. Такой подход отражает узкое представление о сущности данного понятия, не показывает процессы создания объекта недвижимости, его эксплуатацию. В то же время известны мнения отдельных ученых, которые считают, что рынок обеспечивает, в том числе, производство и эксплуатацию объектов недвижимости. Таким образом, рынок недвижимости – это система общественных производственных отношений по поводу воспроизводства (производства), эксплуатации и перераспределения объектов недвижимости.

Большинство исследователей определяют жилищную сферу с помощью ее структуры, раскрывая только виды деятельности в жилищной сфере, что сужает данное понятие за счет исключения отношений в жилищной сфере. В предложенном определении жилищная сфера – это совокупность производительных сил и производственных отношений по поводу воспроизводства (производства), эксплуатации жилья и удовлетворения потребности общества в нем.

В связи с тем, что понятие «жилищный рынок» не охватывает экономических отношений по поводу создания и эксплуатации сооружений и элементов инженерной инфраструктуры жилищной сферы, в то время как жилье не может реализовать свою главную функцию (удовлетворение жилищной потребности населения) без инфраструктуры, представляется целесообразным ввести понятие «рынок недвижимости жилищной сферы».

Рынок недвижимости жилищной сферы – подсистема рынка недвижимости, обеспечивающая удовлетворение потребности населения в жилье за счет взаимодействия воспроизводства (производства), эксплуатации и перераспределения объектов недвижимости в жилищной сфере.

Введение нового понятия и новых определений существующих понятий позволяет более четко подойти к исследованию социально-экономических процессов жилищной сферы в условиях формирования рыночно ориентированной белорусской экономики на современном этапе развития.

**Причинно-следственные цепочки как основа прогнозирования метасостояния предприятия**

Данич В.Н., Пархоменко Н.А.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля  
(г. Луганск, Украина)

Диагностика состояний (предкризисных и других) экономических систем является одной из сложных проблем управления такими системами. Решение такой проблемы конструктивно при наличии моделей динамики предприятия в пространстве метасостояний.

В данной работе определена сущность проблемы диагностики предкризисных, а в целом, опасных состояний экономических систем как некоторых метасостояний. Под метасостоянием понимается определенное семейство траекторий фазового пространства. Такие семейства зависят от развития событий во внутренней и внешней среде.

Решение задачи диагностики и прогнозирования возможно при наличии моделей динамики предприятия. В работе предложены модели в форме вероятностных автоматов и итерационных схем. Построение таких моделей является, по сути, определением причинно-следственных цепочек в возможном развитии событий. Множество звеньев в формализованном виде можно представить как базу знаний, содержанием которой является множество правил (импликаций) и фактов. Формирование базы знаний антикризисного управления составляет одну из главных задач разработки инструментария прогнозирования и управления деятельностью предприятия.

Следует подчеркнуть, что база знаний – это инструмент диагностики и управления, который является составной частью экспертной системы. Экспертами (и наполнителями базы) могут выступать как профессиональные аналитики, так и менеджеры предприятия. Используя базу и свой опыт, эксперты генерируют и анализируют цепочки причинно-следственных звеньев. Определение звеньев (импликаций), и, главное, разновидностей цепочек – один из важнейших этапов предкризисной диагностики.

Отсутствие такого анализа, непонимание его возможностей, а отсюда и неверные прогнозы именитых финансистов, экономистов и чиновников относительно курсов доллара и евро летом 2008 года, свидетельствуют об актуальности проблемы. Использование предлагаемой методики позволяет в определенной мере решить проблему – улучшить качество прогноза.

УДК 658.5.011

## **Основные принципы управления стоимостью проекта**

Самолук В.Н.

Национальный транспортный университет (г. Киев, Украина)

Управление стоимостью – воздействие на факторы, вызывающие отклонения по стоимости, и управление изменениями бюджета проекта.

Эти процессы взаимодействуют как друг с другом, так и с процессами из других областей знаний. В зависимости от потребностей проекта в каждом процессе могут принимать участие один или несколько человек или групп. Каждый процесс имеет место, по крайней мере, один раз в ходе каждого проекта, а если проект разделен на фазы – то в одной или нескольких фазах проекта.

Учет затрат в течение жизненного цикла в сочетании с методами оптимизации выгод могут способствовать оптимизации процесса принятия решений, а также снижению стоимости и времени выполнения проекта, повышению качества и эффективности результата поставки проекта.

На стадии планирования проекта формируют отчеты о бюджетной стоимости работ, распределении бюджетных средств по счетам затрат. На стадии контроля, собираются стоимостные данные: трудозатратах; материалах; других прямых издержках; перерасходе денежных средств.

Отчетность обеспечивает основу для координации работ, оперативного планирования и управления. Исходной информацией для отчетности являются данные о планируемых затратах работ и фактических расходах на их выполнение.

Если в проекте не осуществляется соответствующее управление стоимостью, то он обязательно выйдет из-под контроля, и для его завершения будет истрачено больше средств, чем предполагалось. Управление стоимостью проекта нацелено именно на предотвращение такой ситуации.

Стоимость проекта является одним из основных управляемых параметров проекта и в то же время одним из главных ограничений.

УДК 656.13

## **Тарифно-договорные отношения как основная составляющая системы управления персоналом**

Карпенко Е.В.

Национальный транспортный университет (г. Киев, Украина)

Суть управления персоналом состоит в том, что люди рассматриваются как конкурентное богатство компании, которое

необходимо размещать, развивать, мотивировать вместе с другими ресурсами, чтобы достичь стратегических целей кампании.

На сегодняшний день основное внимание в сфере управления персоналом сосредоточено на формировании планов по труду, разработке политики найма, поддержке трудовой атмосферы на производстве, содействии работодателям в подборе и развитии кадров. В центре внимания – проблемы занятости и справедливой оплаты труда, гибких социальных выплат и режимов труда, активного привлечения работников к планированию карьеры, их обучения на всех стадиях служебного роста.

В странах с рыночной экономикой социально-трудовые отношения на всех уровнях управления регулируются на основании коллективно-договорной системы, которая приобрела официальный статус, закреплена законодательно и является ключевым элементом индустриальных отношений.

Преимуществом коллективно-договорной системы регулирования трудовых отношений в практике функционирования рынка труда является, прежде всего, гибкость принятия решений, которая не сравнивается ни с законодательными, ни с судовыми и административными мерами. Гибкость этой системы проявляется в разнообразии соглашений на разных уровнях – национальном, отраслевом, региональном и производственном.

Научный анализ проблемы гармонизации отношений между субъектами социально-трудовой сферы – государством, работодателем и нанятым работником – закладывает основы для разработки оптимального методологического инструментария, что позволяет эффективно изучать процессы в сфере труда, а также управлять ими с целью обеспечения стойкого социально-экономического развития.

УДК 656.338.12

### **Повышение рентабельности использования транспорта на автотранспортном предприятии**

Замота Т.Н., Замота О.Н., Седых Т.Р.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля  
(г. Луганск, Украина)

Экономическую целесообразность восстановления технического состояния автомобилей можно оценить величиной затрат на технические мероприятия, а также по показателям надежности автотранспорта. Если затраты на восстановление состояния при этом, с учетом затрат от

простоев по техническим причинам, представленные отношением к его первоначальной стоимости и затрат от простоев в период технического действия, превышают величину восстановленного ресурса, отнесенную к величине ресурса до этого периода, то такие действия экономически не обоснованы.

В США большое внимание уделяют экономической эффективности и рентабельности, но их система финансирования транспортной отрасли кардинально отличается от нашей отечественной. С увеличением пробега автомобиля растет и сумма расходов для поддержания транспортного средства в работоспособном состоянии. Это объясняется детальной диагностикой для выявления всех мелких неполадок и их устранения на начальном этапе. Более отвечает действительности нелинейный рост суммы расходов. Большинство американских предприятий списывают легковые автомобили, пробег которых превышает 80000 миль. Они считают, что последующая эксплуатация такой техники экономически не выгодна.

На Украине затраты на эксплуатацию автомобиля зависят от его пробега. Средства выделяют на каждые 1000 км пробега, то есть используется линейная зависимость. Это не отвечает действительности, так как техника нуждается в больших капиталовложениях с ростом пробега и снижением эффективности использования транспортного средства в связи с износом.

Поэтому планово-предупредительная система ТОиР не обеспечивает уменьшения расходов на поддержание техники так как не учитывает действительное состояние машины и динамику его изменения. Кроме этого, требуют уточнения существующие методы расчета расходов на ТОиР, которые не отвечают требованиям перехода на адаптивную систему обслуживания машин.

УДК 330.4:65.01

### **Модели динамики информационно-управленческих архитектур предприятий**

Данич В.Н., Шевченко С.Н.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля  
(г. Луганск, Украина)

Качественное управление современным предприятием неосуществимо без прогноза развития его архитектуры. Мониторинг предыдущих

состояний объекта, выявление основных факторов и закономерностей изменений даёт возможность построить модели динамики, сформировать прогноз последующего состояния, определить тенденции развития. Модели динамики информационно-управленческих архитектур (далее – ИУА) являются основой для составления прогнозов развития предприятия.

Совокупность зафиксированных и расположенных во временном порядке состояний ИУА является временным или же статистическим рядом динамики ИУА. Но понятие динамики системы содержит более глубокий смысл, чем наличие ряда статистических данных, упорядоченных по времени. Понятие динамики системы связано с определением факторов и механизмов влияния, которые определяют изменения в системе или же во внешней среде под влиянием системы.

Изменения в ИУА предприятий имеют принципиально дискретный характер, следовательно, формализмы, с помощью которых можно представлять модель динамики ИУА, должны быть дискретными. Такими формализмами могут быть конечные или бесконечные автоматы (вероятностные или детерминированные), а также итерационные схемы. Модель в виде конечного автомата основывается на конструктивной конечности возможных состояний архитектуры, то есть, их небольшом количестве, и на знании (определенности) этих состояний. Такая ситуация характерна для небольших предприятий или консервативных предприятий. Итерационная схема реализует, по сути, бесконечный автомат, используя элементарные преобразования архитектур.

Выделены и формализованы факторы, влияющие на развитие предприятий. Сформулировано понятие элементарного преобразования (изменения) архитектуры. Определение автомата через элементарные изменения состояния, а не через сами состояния, позволяет упростить построение моделей динамики ИУА и затем использовать их для прогноза развития. Модель динамики обеспечивает своевременное преобразование ИУА, что дает определенные преимущества: высокую конкурентоспособность, повышение управляемости подразделений предприятия.

УДК 656.13:658(675.8)

### **Развитие легкового автотранспорта в системе городских пассажирских перевозок Республики Беларусь**

Ивуть Р.Б., Скориков В.А.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития экономики автомобильный транспорт

является основным видом транспорта и ключевым элементом транспортной системы республики.

Около 80% производственных и транспортно-распределительных структур, а также большинство населенных пунктов страны, не имеют других подъездных путей, кроме автомобильных, что предопределяет, в этих условиях, безальтернативное использование автомобильного транспорта. В крупных и средних городах Беларуси важная роль принадлежит личному автотранспорту.

Во многих странах ЕС в осуществлении пассажирских перевозок ведущее место принадлежит именно этому виду транспорта. Согласно имеющимся оценкам в нашей стране до 40% транспортной подвижности городского населения обеспечивается личными автомобилями. Рост количества легковых автомобилей в Беларуси – самый высокий в Европе. Уже сегодня он превысил прогнозный показатель 2015 года и составляет 3,2 млн. легковых автомобилей или 337 машин на 1000 жителей Минска. С другой стороны, например, только в Минске обеспеченность стояночными местами для автомобилей составляет менее 50% потребности.

Подсчитано, что поездка на собственном автомобиле занимает в 90 раз больше городского пространства и инфраструктуры, чем поездка в метро, и в 20 раз – на автобусе или трамвае. При этом общественный транспорт потребляет в 3 раза меньше энергии на один пассажирокилометр, чем легковой автомобиль.

Решение данной проблемы видится в сбалансированном развитии различных видов транспорта, повышении роли смешанных перевозок, введении ряда ограничений движения автомобилей в крупных городах и на наиболее напряженных автомагистралях.

Кроме того, требуется развивать общественный пассажирский транспорт не только в городах, но и в пригородном сообщении, делать его более комфортабельным и привлекательным для перевозки пассажиров. Серьезность негативных объектов процесса автомобилизации населения должна быть ограничена и государственным регулированием транспортной политики в этом направлении.

УДК 656.13:658(675.8)

### **Рынок проката легковых автомобилей в Беларуси**

Ивуть Р.Б., Скориков В.А.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе автопрокатный бизнес в мире представляет собой слаженную систему сервиса, включающую службы содержания



автопарка и его технического обслуживания; электронные системы бронирования автомобилей; информационные системы дорожной навигации; услуги по страхованию; бонусные программы и т.п.

В настоящее время в Республике Беларусь услуги по прокату автомобилей представляют в основном столичные компании и индивидуальные предприниматели. По приблизительным оценкам прокатный бизнес нашей страны развит сейчас только на 15-20 % от своего потенциала.

Необходимость ежедневно пользоваться личным транспортом существенно снизилась после появления системы Car Sharing (каршеринг), а также других видов аренды транспортных средств. Каршеринг (англ. car sharing) – вид краткосрочной аренды автомобиля с поминутной или почасовой оплатой, обычно используемый для коротких внутригородских поездок. Каршеринг предполагает возможность вернуть автомобиль в любом из пунктов обслуживания.

При наличии достаточного количества автоматизированных пунктов аренды в городе, каршеринг предоставляет свободу выбора между общественным транспортом и легковым автомобилем.

Каршеринг позволяет сэкономить до 70 % совокупной стоимости транспорта для своих участников, т.к. они оплачивают только время использования автомобиля.

В связи со специфическими условиями развития рыночной экономики республики требуются комплексные подходы по решению проблемы проката автомобилей, включающие:

- разработку комплексных транспортных схем и установление рациональной сферы использования легкового автотранспорта и повышение уровня его взаимодействия с другими видами общественного транспорта и повышение подвижности населения;
- развитие эффективных транспортно-логистических технологий;
- комплексная информатизация легкового автомобильного транспорта на основе использования современных телекоммуникационных и навигационных систем и др.

УДК 656.13:658(675.8)

### **Развитие международных автоперевозок в Республике Беларусь**

Кисель Т.Р., Борисюк С.В.

Белорусский национальный технический университет

Выгодное географическое положение Республики Беларусь на

перекрестке важнейших европейских транспортных коридоров создает благоприятные условия для осуществления внешнеэкономической деятельности, развития экспорта транспортных услуг и укрепления позиций республики на международном рынке транспортных услуг, привлечения транзита грузов через территорию страны.

Вместе с тем, доля белорусских перевозчиков на мировом рынке транспортных услуг в последние годы уменьшается. Экспорт транспортных услуг в 2011 году составил 3532,6, а импорт – 1515,7 млн. долларов США. В общем объеме экспорта преобладающая роль принадлежит перевозкам грузов. В основном они осуществляются вне стран СНГ. Потеря доли рынка транспортных услуг побуждает к совершенствованию транспортной инфраструктуры и транспортных услуг, диктует также и новые условия развития транспортного комплекса. Важнейшими тенденциями развития комплекса транспортных услуг являются: усиление роли логистики и экспедиторской деятельности в транспортном процессе; комплексный подход к организации перевозок, развитие транспортно-логистических центров; использование различных видов транспорта в доставке одной партии товара; контейнеризация грузов и увеличение их объемов перевозок. Главная роль принадлежит здесь развитию транспортной логистики в республике. Прежде всего, логистика подразумевает слаженную и согласованную работу всех участников движения товара с целью экономии затрат на перевозки. Однако имеющиеся проблемы, такие как: недостаточное информационное обеспечение и сервисное обслуживание, сложность таможенных процедур, сложность создания и обустройства транспортных коридоров, размещения складов, отсутствие хорошо налаженного механизма регулирования транспортного потока, требуют своего решения в части выполнения программы развития логистической системы Беларуси до 2015 года, где определено строительство 18 транспортно-логистических центров.

Это позволит обеспечить комплекс транспортных услуг более высокого качества, увеличить транзитные грузовые и пассажирские потоки через территорию Беларуси, а также ее интеграцию в европейскую транспортную систему.

# **Физическая культура и спорт**

**Анализ нарушений правил игры у женских команд высшей лиги  
в Чемпионате Республики Беларусь по футболу**

Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Цель исследования – изучение характера дисциплинарных нарушений в играх Чемпионата Республики Беларусь по футболу среди женских команд высшей лиги в сезоне 2011 года.

Наказания, за которые делаются предупреждения с предъявлением желтой карточки, подразделяются на неспортивное поведение, срыв перспективной атаки, грубую игру, симуляцию. Отдельно выделяется группа нарушений, связанная с удалением игрока (красная карточка).

В сезоне 2011 года в Чемпионате Республики Беларусь по футболу среди 10 женских команд высшей лиги было проведено 135 игр. В процессе этих игр игрокам было предъявлено 197 желтых и 10 красных карточек. В среднем каждая команда получила за сезон 19,7 желтых и 1 красную карточки, что составило 1,5 карточки за игру.

Было установлено, что наибольшее количество дисциплинарных нарушений (нами более детально рассматривались нарушения, которые были наказаны предупреждением) связано с неспортивным поведением игроков – 48,3 % (95 случаев). Второе место занимают нарушения, связанные со срывом перспективной атаки – 35 % (69 случаев), далее следует грубая игра – 14,7 % (29 случаев) и 2 % (4 случая) – симуляции. Интересным также представляется тот факт, что большинство нарушений произошло по вине игроков принимающей команды – 73,6 % (145 случаев). 62 нарушения (27,4 %) совершили игроки команд гостей. При этом примерно одинаковое соотношение нарушений было зафиксировано у победивших и проигравших команд в домашних матчах – 46 и 44 % соответственно, и 20 случаев (10 %) – при ничейном исходе.

По соотношению дисциплинарных нарушений в первом и во втором таймах наиболее «результативным» на нарушения оказался первый тайм – 132 случая (63 %), во втором было отмечено 75 случаев (37 %). Наиболее недисциплинированной оказалась команда, занявшая 9 место, игроки которой получили 31 желтую и 2 красных карточки (16,2 %). На долю команд, занявших со второго по четвертое место, по итогам сезона приходится по 12–12,5 % всех наказаний. Самыми дисциплинированными оказались команды, занявшие первое, пятое и последнее места: 18 (8,7 %), 15 (7,2 %) и 14 (6,7 %) случаев соответственно.

Проведенный анализ позволит в объективизировать судейство игр чемпионата Республики Беларусь по футболу среди женских команд.

## **Проблемы подготовки лыжников-спринтеров в Республике Беларусь**

Бондарь А.И.\*, Демко Н.А.\*\*, Листопад И.В.\*\*\*, Бельский И.В.\*\*\*

\*Научно-исследовательский институт физической культуры и спорта  
Республики Беларусь,

\*\*Белорусский государственный университет физической культуры,

\*\*\*Белорусский национальный технический университет

Для выявления актуальности специализированной подготовки лыжников-спринтеров в Республике Беларусь проведен анкетный опрос 14 ведущих тренеров страны. Из них 65 % тренеров высшей категории, 42 % – бывшие высококвалифицированные спортсмены.

Анализ анкет показал, что 48 % тренеров не включают в тренировочный процесс развитие скоростных качеств, уделяя все внимание развитию выносливости. Никто из опрошиваемых не проводит специализированную подготовку лыжников-спринтеров. 92 % ответили, что нуждаются в помощи по применению тестирования при отборе лыжников-спринтеров. Все тренеры считают, что необходимо внедрение специализированных учебных групп по подготовке лыжников-спринтеров.

Для изучения роли скоростно-силовой подготовки был проведен расширенный анкетный опрос 120 тренеров Беларуси и ближайшего зарубежья, среди которых были 12 заслуженных тренеров СССР, 16 – заслуженных тренеров России, 10 – заслуженных тренеров Украины и 7 – заслуженных тренеров Беларуси.

Выявлено, что 86,1 % применяют тренировки скоростно-силовой направленности в подготовительном и 68,8 % – в соревновательном периодах. 13,9 % не выделяют отдельных занятий по развитию скоростно-силовых качеств в подготовительном и 31,2 % – в соревновательном периодах. В недельном микроцикле скоростно-силовые тренировки в подготовительном периоде применяют 1 раз 22,9 %, 2 раза – 46,7 %, 3 раза – 30,4 %. Скоростно-силовую нагрузку дозируют по времени 67,6 % и по количеству повторений – 32,4 % опрошенных, 38,4 % считают, что повышение уровня скоростно-силовой подготовленности должно осуществляться посредством общеразвивающих упражнений, 7,6 % – с помощью тренажерных устройств и 54 % – в комплексе. Уровню развития скоростно-силовых качеств различных групп мышц основное внимание посвящают всего 29 % тренеров из числа опрошенных. Из них 25 % – при помощи различных упражнений, а 4 % – с помощью инструментальных методик. 71 % проводят тренировочные занятия по развитию скоростно-силовых качеств без учета их уровня развития.

Выявлено, что скоростно-силовой подготовке в тренировочном процессе уделяется недостаточное внимание.

**Влияние силы кисти на меткость бросков баскетболистов**

Бондарь А.И.\*, Филипович Л.В.\*, Иванский В.А.\*\*

\*Научно-исследовательский институт физической культуры и спорта  
Республики Беларусь,

\*\*Белорусский национальный технический университет

Для определения влияния силы кисти на меткость штрафных бросков у баскетболистов I разряда была измерена сила кисти. Исследовались: точность штрафных бросков, бросок в прыжке со средней дистанции и штрафных бросков после утомления. Состояние утомления достигалось при помощи выполнения теста «челнок»: бег по определенной схеме до отказа, как правило, не более 4 раз. Каждый вариант бросков – 30 попыток. Всего обследовано 12 баскетболистов и 8 баскетболисток. Полученные данные приведены в таблице.

Таблица – Коэффициенты корреляции между динамометрическими показателями и процентами успешных бросков

Показатель	Пол	Точность штрафных бросков	Точность штрафных бросков при утомлении	Точность бросков в прыжке
Данные кистевой динамометрии	м	0,01	-0,51	0,24
	ж	0,06	0,09	0,52

При выполнении штрафных бросков в свободных условиях получены коэффициенты корреляции у мужчин – 0,01 и у женщин – 0,06. Эти данные свидетельствуют о полном отсутствии влияния «хватательной» силы кисти на меткость штрафных бросков. Очень слабая такая зависимость выявлена у баскетболистов и при выполнении бросков в прыжке. Выявлено, что чем меньше динамическая сила кисти, тем лучше точностное движение у мужчин. У женщин при выполнении штрафных бросков в любом исследуемом состоянии не выявлены значения зависимости силы кисти и меткости бросков. Исключение составила зависимость среднего уровня при выполнении бросков в прыжке. Следовательно, между силой кисти и меткостью бросков у баскетболистов отсутствует значимая зависимость при выполнении штрафных бросков и бросков в прыжке, реализуемых в спокойных тренировочных условиях. При выполнении штрафных бросков в состоянии глобального утомления проявляется существенная связь между силой кисти и результирующей точностью. У баскетболисток отсутствует исследуемая связь при выполнении штрафных бросков, как в спокойных условиях, так и при утомлении, при бросках в прыжке связь выявлена на значимом уровне.

## **Повышение эффективности учебно-тренировочного процесса в настольном теннисе**

Боровок О.А., Латыш М.М., Панова Е.В.  
Белорусский национальный технический университет

В настольном теннисе для повышения эффективности учебно-тренировочного процесса и совершенствования технико-тактических приемов используют нестандартное оборудование и инвентарь, например, ракетки с ухудшенными свойствами. Использование в тренировочном процессе обыкновенной деревянной ракетки, где накладки не имеют мягкой губки, усложняет обработку мяча, требуют постоянной концентрации внимания спортсмена, оптимальных вращений, направлений и траекторий полёта мяча, а также поиска новых методов перехода от защитных действий к атаке.

В нашем эксперименте принимало участие 20 спортсменов (14 мужчин и 6 женщин), членов сборной команды БНТУ по настольному теннису, имеющих квалификацию КМС и МС. На протяжении одной недели все спортсмены в тренировках использовали инвентарь, имеющий принципиальные отличия от повседневного. Невысокая скорость выполнения упражнений позволяла лучше контролировать действия, связанные с приемом и обработкой мяча, а также больше сосредотачиваться на концентрации внимания и технических элементах выполнения приёмов. Меньшая скорость полёта мячей позволяла также искать пути поиска вариантов совершенствования технико-тактических приемов при розыгрыше очков. Это заключалось в более широкой игре с выполнением косых ударов в незащищённые противником места. Лучшая отработка мяча позволяла применять более сильные вращения и определить траекторию, отскок, а также нахождение в пространстве мяча. Таким образом, в ходе исследований установлено, что отличительной особенностью игры с использованием нестандартного инвентаря является увеличение времени (до 20%) розыгрыша мяча.

Разработан комплекс специальных упражнений для совершенствования технико-тактических действий игроков в настольном теннисе с учетом использования оптимальных вращений, направлений и траекторий полёта мяча, а также мощности выполняемых движений. Постоянная концентрация внимания спортсменов при выполнении специальных упражнений приводит к повышению эффективности учебно-тренировочного процесса игроков и снижению невынужденных ошибок при игре на счёт до 4,2 % от исходного уровня.

## Развитие специальной выносливости легкоатлетов 14–15 лет в беге на 1500 м

Боровский В.М.

Белорусский национальный технический университет

Рациональная структура тренировочных нагрузок является одним из основных звеньев, определяющих эффективность подготовки юных спортсменов.

Цель исследования: повышение специальной выносливости легкоатлетов 14–15 лет, специализирующихся в беге на 1500 метров. Для повышения специальной выносливости юных легкоатлетов была разработана методика развития специальной выносливости с акцентом на повышение анаэробного компонента за счет применения средств и методов, направленных на совершенствование технико-тактических действий спортсменов. Педагогический эксперимент проводился в течение трех месяцев в период с сентября по ноябрь 2011 года в средней общеобразовательной школе № 126 г. Минска. В нем приняли участие 20 учащихся 14–15 лет, занимающихся легкой атлетикой в школьной секции. Участники эксперимента были разделены на две однородные группы. До и после эксперимента проводилось тестирование по трем тестам: бег с высокого старта на 1000, 1500 и 3000 м. Результаты представлены на рисунке.

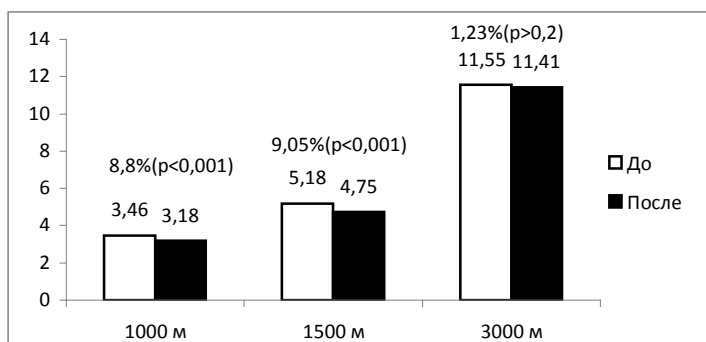


Рисунок – Динамика результатов в беге на 1000, 1500 и 3000 м

Разработанная методика тренировки с акцентом на развитие анаэробного компонента выносливости легкоатлетов 14–15 лет дает большой прирост результатов в беге на 1500 м (сдвиг 9,05 %,  $p < 0,001$ ) и 1000 м (сдвиг 8,80 %,  $p < 0,001$ ) и неэффективна в беге на 3000 м (прирост результатов 1,23 %,  $p > 0,5$ ).



## Определение мотивов студентов к занятиям физической культурой и предпочтений по их содержанию и форме

Буцкевич Л.Н., Ворон А.В., Лаврова Л.Г., Кныш О.А., Лабкович Г.Н.,  
Нагорная Т.А., Пильневич А.А., Фомин А.В.  
Белорусский национальный технический университет

Нами проведено массовое выборочное анонимное анкетирование студентов двух факультетов БНТУ: ФИТР и ЭФ. В составе 163 респондентов – 79,1 % мужчин и 20,8 % женщин в возрасте от 17 до 25 лет; 53,9 % – студенты 1-го курса, 16,5 % – 2-го курса, 22,0 % – 3-го курса и 7,3 % – 4-го курса. Среди них 63,1 % отнесены к основной группе здоровья, 34,3 % – к подготовительной группе, 2,4 % – к специальной группе. Результаты анкетирования студентов представлены в таблице.

Таблица – Результаты анкетирования студентов

Что из перечисленного для Вас является наиболее важным в процессе физического воспитания, %	Что Вы хотели бы получить от занятий по физической культуре, %	Какая форма занятий по физической культуре Вам представляется наиболее привлекательной, %	Какие из видов спорта для Вас наиболее привлекательны на занятиях по физической культуре, %
45,3 – укрепление здоровья 41,7 – снятие эмоционального напряжения, улучшение самочувствия 40,4 – развитие физических качеств 35,5 – коррекция фигуры 18,4 – обучение двигательным навыкам и умениям 6,1 – затрудняюсь ответить	41,7 – развить физические качества 39,2 – оздоровиться 36,8 – улучшить фигуру, внешний вид 26,9 – повышение двигательной активности 13,4 – увеличение эмоционального фона 8,5 – специальные знания, двигательные умения и навыки	47,8 – самостоятельные занятия 33,1 – урочные занятия 9,8 – факультативные занятия 9,2 – затрудняюсь ответить	51,5 – волейбол 45,3 – плавание 34,3 – баскетбол 30,6 – настольный теннис 29,4 – футбол 17,1 – спортивная борьба 15,9 – легкая атлетика 14,7 – бадминтон 13,4 – фитнес 11,0 – лыжный спорт 11,0 – аэробика 9,8 – тяжелая атлетика 8,5 – спортивная гимнастика 7,3 – армреслинг 4,9 – гандбол

Наиболее важным в процессе физического воспитания для респондентов оказалось: укрепление здоровья, снятие эмоционального напряжения, улучшение самочувствия, развитие физических качеств, коррекция фигуры. Схожие результаты показаны при ответе на вопрос о желаемом эффекте от занятий физической культурой. Отмечено также, что наиболее предпочтительными для студентов по форме являются самостоятельные и урочные занятия физической культурой, а по содержанию этих занятий – спортивные игры (волейбол, баскетбол, настольный теннис, футбол) и плавание.

## Алгоритм оценки психофизической готовности и пригодности специалистов к профилям военно-профессиональной деятельности

Васюк В.Е., Михута И.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В условиях совершенствования Вооруженных Сил Республики Беларусь серьезное внимание следует отводить изучению вопросов, связанных с оптимизацией использования человеческих ресурсов. При этом особая роль должна уделяться оценке готовности и пригодности военного специалиста выполнять служебно-боевые задачи в ситуациях с максимальным использованием психофизического потенциала. С учетом такого подхода возникает необходимость разработки алгоритма, позволяющего определять выраженность индивидуальных различий в уровне развития профессионально важных психофизических качеств военных специалистов, а также устанавливать наличие зависимостей между этими характеристиками.



Рисунок – Алгоритм интегральной оценки психофизической готовности и пригодности к военно-профессиональной деятельности

Разработанный алгоритм позволяет обеспечить надежность и информативность методики диагностики, простоту и доступность вычислений, а также применимость матрицы психофизических критериев готовности и пригодности субъектов к конкретным степеням представленных профилей военно-профессиональной деятельности.

## **Семейный фактор в формировании физической культуры личности**

Винник В.А., Кольцова Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Опора на средства физической культуры позволяет обеспечить готовность к получению социального благополучия как основного компонента здоровья. Этот и другие моменты получили подтверждение в ходе мониторинга запросов и потребностей населения в сфере физической культуры и спорта населения Республики Беларусь. Было опрошено более 6 тысяч респондентов в возрасте от 12 до 75 лет.

Мониторинг показал, что отношение подростков к сфере физической культуры и спорта непосредственно сказывается на степени приобщенности их к занятиям физическими упражнениями и на регулярности таких занятий. Так, наблюдается прямая зависимость между отношением родителей к занятиям физическими упражнениями и наличием у их детей знаний, чтобы заботиться о состоянии своего здоровья.

Было выявлено, что в условиях, когда родители сами понимают значимость физической культуры и одобряют физкультурную активность детей, тогда и знания подростков существенно выше. Фиксируются также различия в структуре и степени выраженности мотиваций на активные занятия в зависимости от отношения к физической культуре старшего поколения.

Интересные данные получены относительно количества обязательных уроков физической культуры в общеобразовательной школе. Среди контингента опрошенных старше 18 лет практически только каждый четвертый (28,7%) полагает, что достаточно 2-х уроков физического воспитания в неделю, тогда как более половины (51,7%) выступают за то, что таких уроков должно быть не менее 3-х. Школьники разделились практически поровну по этой позиции: 42,9% полагают, что заниматься физкультурой они должны всего 2 раза в неделю, а 39,5% считают, что таких уроков должно быть не менее 3-х. И здесь в полную силу вступает в действие фактор семейного воспитания.

Следует констатировать, что одна из актуальных и важных задач деятельности органов образования – формирование позитивности отношения населения республики к сфере физической культуры и спорта уже во время получения будущими родителями образования. Причем важно усилить внимание к повышению физкультурной образованности – и знаниевого, и поведенческого компонентов физической культуры женского контингента, что, несомненно, положительно скажется и на воспитании подрастающего поколения, в том числе и в плане его общей образованности.

## Анализ бросковой деятельности в баскетболе

Волк Ю.В., Баранова И.И., Кравченко В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Содержание и характер игры в значительной степени обуславливаются характером атакующих действий команд. Для целенаправленной подготовки игроков и оптимального использования имеющихся возможностей необходимо глубокое познание всех составных частей игровой деятельности, особенно в нападении. Нами было проведено исследование бросков с игры двух отечественных команд («Горизонт» и «Березина»), участвующих в международном турнире Женской Балтийской лиги. Рассматривались следующие аспекты: дальность бросков, угол атаки, эффективность попадания. Для проведения исследования, в процессе просмотра матчей были построены «бросковые карты» команд (рисунок). Данные «карты» были сформированы с помощью специализированного программного обеспечения для баскетбольной статистики [1]. Анализ

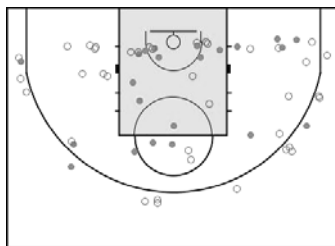


Рисунок – Карта бросков команды «Горизонт» в матче Балтийской лиги

«бросковых карт» белорусских команд в матчах международного турнира позволил сделать следующие выводы: женские команды совершают в среднем за матч около 60 бросков с игры с общей эффективностью около 35 %; у обеих команд наблюдается равномерное распределение бросков в зависимости от угла атаки. В то же время у игроков «Березины» наблюдается значительный дисбаланс в атаке, заключающийся в минимальном количестве бросков со средней дистанции (около 20 %), а баскетболистки «Горизонта» производят атаки одинаково из всех бросковых зон, независимо от дистанции броска, что говорит об их универсализме и хорошей тактической подготовленности.

### Литература:

1. Волк Ю.В. Применение IT-технологий для анализа игровых показателей в чемпионате Республики Беларусь по баскетболу / Ю.В. Волк, И.И. Баранова, В.Н. Кравченко // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности: сборник статей по материалам Международной научно-технической конференции 1–2 декабря 2011 г. / редкол. И.В. Бельский [и др.], Минск, БНТУ. – С. 125–129.

**Диагностика и коррекция нарушений осанки  
с использованием приспособления «тест-экран»**

Камыда Д.Е., Петровская О.Г.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы являлось изучение возможностей применения приспособления тест-экран в диагностике и коррекции нарушений осанки у студентов БНТУ. В исследовании участвовали 30 студентов. Методика сбора данных состояла из:

- изучения анамнеза;
- измерения глубины физиологических изгибов позвоночника;
- измерения кривизны позвоночника во фронтальной и боковой плоскости с использованием приспособления «тест-экран»;
- составление фототаблиц.

Реабилитационные мероприятия по коррекции осанки включали в себя: вытяжение и разгрузку позвоночника; изометрические и изотонические упражнения для улучшения гибкости позвоночника – его физиологических изгибов, предупреждения и снятия позного утомления мышц; упражнения для формирования стереотипа правильной осанки, повышающие силовую выносливость мышц туловища и брюшного пресса; коррекцию положением тела; симметричные и асимметричные упражнения, силовая динамика которых ориентирована параллельно и перпендикулярно вектору гравитации; дыхательные упражнения.

К концу периода реабилитации 84 % респондентов отметили значительное снижение жалоб на боль в спине; у 72 % респондентов удалось изменить взаиморасположение составных элементов позвоночного столба, что подтвердилось повторными измерениями, отраженными в материалах фототаблиц.

Специальные физические упражнения, биодинамическая структура которых ориентирована перпендикулярно вектору гравитации относительно тела человека, позволяют с большим эффектом корректировать локальные напряжения функции различных отделов позвоночного столба человека. Наилучший эффект достигнут в шейно-грудном и шейном отделах позвоночника, меньше всего поддается коррекции регион крестцово-опозданных сочленений позвоночника. Применение приспособления «тест-экран» позволяет проводить экспресс-диагностику осанки, что значительно повышает эффективность процесса коррекции ее нарушений.

### Показатели плавательной подготовленности юных ватерполистов в процессе многолетней подготовки

Ковель С.Г., Нехай Е.В., Сорокин П.А.

Белорусский национальный технический университет

Плавательная подготовка ватерполистов является показателем физической подготовленности и базовым фундаментом для обучения и совершенствования специальных технико-тактических приемов игры в процессе многолетней подготовки.

Для исследования динамики результатов плавательной подготовленности юных ватерполистов в процессе многолетней тренировки был проведен анализ результатов тестирований 430 спортсменов 8–16 лет, занимающихся водным поло в СДЮШОР № 4 г. Минска. Использовались тесты плавательной подготовки: 25 м вольный стиль (в/ст), 25 м в/ст на ногах (в/ст н), 25 м на спине (н/сп), 4×25 м в/ст с отдыхом между отрезками 10 с, 100 м в/ст, а также тесты специального плавания ватерполистов – 25 м ведение мяча (в/м), 4×25 м ватерпольный комплекс (в/п кп).

Таблица – Показатели плавательной подготовленности юных ватерполистов

Возраст	25 м в/ст н	25 м в/ст	25 м н/сп	25 м в/м	4×25 м в/ст	4×25 м в/п кп	100 м в/ст
8	39,1±12,5	34,5±9,2	42,2±15,3	41,6±12,6	–	–	–
9	34,9±7,9	30,3±8,7	34,8±10,2	35,1±9,7	–	–	–
10	31,0±5,6	24,4±5,4	29,1±6,1	29,1±4,6	1.51,3±16,6	2.18,8±14,3	–
11	28,7±4,4	21,4±4,2	25,7±4,5	26,1±5,0	1.44,0±18,9	2.14,3±27,0	–
12	26,3±4,9	18,5±4,5	22,8±5,6	21,7±4,6	1.26,3±12,1	1.48,7±16,8	1.25,1±7,6
13	25,5±3,6	17,0±2,8	20,8±4,1	19,8±4,7	1.17,9±10,4	1.36,7±12,8	1.17,4±7,4
14	–	–	–	17,3±2,6	1.12,5±9,2	1.25,4±12,8	1.12,4±7,7
15	–	–	–	15,5±1,1	1.03,6±4,0	1.20,5±6,1	1.09,7±5,2
16	–	–	–	14,8±1,4	1.03,4±6,4	1.16,4±11,3	1.08,6±7,3

Полученные результаты показали, что в возрастном периоде с 8 до 11 лет наблюдается прирост показателей общей плавательной подготовленности (ОПП), что объясняется направленностью этапа начальной подготовки, а с 12 до 15 лет, т.е. на этапе углубленной спортивной специализации, наряду с улучшением результатов ОПП наблюдается прирост в показателях специальной плавательной подготовленности. Таким образом, возрастной период 12–15 лет можно считать сенситивным практически для всех физических качеств, которые являются основой для специальной плавательной подготовки юных ватерполистов.

## Оценка уровней декомпозиции межмышечной координации в движениях со сложной двигательной структурой

Михута И.Ю., Васюк В.Е.

Белорусский национальный технический университет

В физиологии спорта, как и в физиологии труда, существуют различные подходы к определению уровня межмышечной координации с использованием современных электрофизиологических методов, позволяющих регистрировать биоэлектрическую активность мышц в процессе выполнения различных двигательных действий. Однако в существующих подходах не рассматривается механизм интегральной оценки уровня согласованности межмышечных единиц в движениях со сложной двигательной структурой. Поэтому нами предлагается многоступенчатый подход в оценке межмышечной координации, основанный на декомпозиции интегральных критериев биоэлектрической активности мышц.

Таблица – Многоступенчатый подход в определении межмышечной координации

№	Многоступенчатый подход в определении межмышечной координации																		
	Rectus Femoris (RF)				Viceps Femoris (BF)				Tibialis (Tib мах вперед   Tib H – мах назад)				Gastrocnemius (Gast)						
Наивысшая степень межмышечной координации (равномерное распределение на высокий (By), средний (Cy) и низкий уровень (Hy))																			
Высшая степень межмышечной координации (преимущественно конкретный уровень)																			
Низкий уровень				Средний уровень				Высокий уровень											
	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	
1	Hy	Hy	Hy	Hy	Hy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Hy	By	By	By	By	By	Hy
2	Hy	Hy	Hy	Hy	Hy	By	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	By	By	By	By	By	By	Cy
12	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Средняя степень межмышечной координации (акцентировано-вероятностный уровень)																			
	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	
1	Hy	Hy	Hy	Hy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Hy	Hy	By	By	By	By	Hy
2	Hy	Hy	Hy	Hy	By	By	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	By	By	By	By	By	By	Cy
60	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Низкая степень межмышечной координации (акцентировано-равномерный уровень)																			
	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	
1	Hy	Hy	Hy	Hy	By	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	By	Hy	By	By	By	Cy	Hy
2	Hy	Hy	Hy	Hy	Cy	By	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Cy	Hy	By	By	By	By	Hy	Cy
114	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Двух уровневая межмышечная координация																			
Низко-средний уровень				Низко-высокий уровень				Средне-высокий уровень											
	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	
1	Hy	Hy	Hy	Cy	Cy	Cy	Hy	Hy	Hy	By	By	By	By	By	By	By	Cy	Cy	Cy
2	Hy	Hy	Cy	Cy	Cy	Hy	Hy	Hy	By	By	By	By	Hy	By	By	Cy	Cy	Cy	By
18	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Трехуровневая межмышечная координация																			
Низко-средне-высокий уровень																			
	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	RF	BF	Tib B	Tib H	Gast B	Gast H	
1	By	Cy	Hy	Hy	Cy	By	Hy	Cy	Cy	Hy	By	Hy	Cy	By	By	By	Cy	Hy	Hy
2	By	Cy	Hy	Hy	Cy	By	Hy	Cy	Cy	Hy	By	Hy	Cy	By	By	By	Cy	Hy	Cy
40	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

Разработанный подход, является перспективным направлением в спортивном и профессиональном отборе, который позволяет оценивать и прогнозировать уровень межмышечной координации контингентов, наиболее готовых и пригодных к эффективному решению задач со сложной двигательной структурой в вероятностных и экстремальных условиях деятельности.

### Особенности сенсомоторного реагирования спортсменов, специализирующихся в фехтовании

Парамонова Н.А.\*, Конон И.В.\*\*

\*Белорусский национальный технический университет,

\*\*Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Показатели психофизиологического контроля отражают работоспособность и мобилизационную готовность ЦНС. Нами проведены исследования по изучению психомоторных реакций, внимания, лабильности нервных процессов, помехоустойчивости спортсменов, специализирующихся в фехтовании: возраст – 22,9±5,8 лет, квалификация – КМС-МСМК, 284 обследования. Данные представлены в таблице.

Таблица – Психофизиологические показатели спортсменов, специализирующихся в фехтовании

Показатель, ед. измерения		$X_{cp} \pm \sigma$ (n=284)
Простая зрительно-моторная реакция	Время реакции, мс	209,80±22,60
	ФУС, у.е.	4,54±1,11
	УР, у.е.	2,12±0,74
	УФВ, у.е.	3,79±2,35
	ФС, балл	2,27±0,69
Реакция различения	Время реакции, мс	286,12±36,64
	Кол-во ошибок, n	1,9±1,6
Время принятия решения, мс		76,12±28,42
Реакция на движущийся объект, %	Точных	65,9±18,8
	Опережений	23,5±17,8
	Запаздываний	10,5±10,9
Внимание	Время реакции, мс	256,75±26,01
	Устойчивость, у.е.	11,25±1,71
	Концентрация, у.е.	7,28±0,96
Помехоустойчивость	Время реакции, мс	287,26±35,18
	ФУС, у.е.	3,73±1,48
	УР, у.е.	1,59±0,81
	УФВ, у.е.	2,73±1,18
Примечание. ФУС – функциональный уровень системы, УР – устойчивость реакции, УФВ – уровень функциональных возможностей, ФС – функциональное состояние ЦНС		

Все регистрируемые показатели находятся на уровне выше среднего и высоком. В результате можно сделать вывод, что специфика деятельности влияет на функционирование центральной нервной системы. Контроль психофизиологических показателей на различных этапах подготовки даст возможность вносить оперативные коррективы в тренировочный процесс, что будет способствовать своевременному физическому и психоэмоциональному восстановлению спортсменов.



**Анализ динамики состояния здоровья студентов БНТУ**

Петровская О.Г., Ивановская Л.В., Дубовик К.А.,

Хатеновский А.А., Ширяев А.И.

Белорусский национальный технический университет

Основными критериями эффективности физического воспитания являются сохранение и укрепление здоровья студенческой молодежи. При этом объективными предпосылками данного процесса следует считать исходный уровень здоровья контингента.

На основании справок (форма 0-86) был проведен анализ данных медицинских показаний к распределению студентов 1 курса по группам здоровья в период 2007–2010 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение студентов 1 курса по группам здоровья

Год поступления	Практически здоров, %	Имеют нарушения в состоянии здоровья, %
2007	54,9	45,1
2008	53,5	46,5
2009	52,2	47,8
2010	53,1	46,9

Таким образом, в среднем только 53,4 % студентов на момент поступления были отнесены к категории «практически здоров», а 46,6 % имели нарушения в состоянии здоровья различной степени тяжести.

Дальнейшее изучение вопроса на примере студентов механико-технологического факультета (МТФ) позволило сделать вывод об отрицательной динамике состояния здоровья контингента, поступившего в вуз в период с 2007 по 2012 гг. (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение студентов МТФ по группам здоровья

Год поступления	Справка (форма 0-86), %		Медицинский осмотр, %	
	Практически здоров	Нарушения в сост. здоровья	Практически здоров	Нарушения в сост. здоровья
2007	57,4	42,6	Не проводился	
2008	65,6	34,4	Не проводился	
2009	64,3	35,7	Не проводился	
2010	57,4	42,6	52,5	47,5
2011	54,6	45,4	51,7	48,3
2012	53,3	46,7	51,1	48,9

Данные справок формы 0-86 не всегда адекватно характеризуют исходный уровень состояния здоровья студентов, что показательно демонстрируют результаты повторного медицинского осмотра: снижение результата на 4,9 % в 2010 г., на 2,9 % – в 2011 г., на 2,2 % – в 2012 г. из отнесенных к категории «практически здоров».

**Разнообразие средств фитнес-аэробики в вузе**

Платонова Л.М., Ажгирей Г.В., Латыш М.М.

Белорусский национальный технический университет

Актуальность изменения концепции физического воспитания, отказ от его утилитарного использования, учёт мотивационно-потребностной сферы, использование современного арсенала средств, большая эффективность занятий по выбору подчеркнуты многочисленными исследованиями. По данным нашего исследования, отношение к занятиям студентов групп общей физической подготовки (ОФП) и занимающихся аэробикой различно. Значительная часть не удовлетворена занятиями в группах ОФП. Со знаком «минус» они характеризуют свою удовлетворенность новизной (56 %), разнообразием (50 %), эмоциональностью (51 %). Тогда как занимающиеся аэробикой удовлетворены занятиями в целом (91 %), новизной (80 %), разнообразием (85 %), эмоциональностью (84 %), результатами (83 %).

Это соответствие, адекватность особенно важны для женского контингента, т.к. не все, а лишь определённые виды физической активности вписываются в понятие половой идентичности и совместимы с представлениями о женственности и имидже фигуры. Аэробика в наибольшей мере относится к таким видам и может соответствовать запросам студенток. Аэробика как базовый компонент фитнеса использует его современные средства. Большой акцент фитнеса на телосложение совпадает с мотивацией студентов. Хотели бы улучшить телосложение 86 % занимающихся аэробикой, снизить массу тела – 81 %. Потребность улучшить свой внешний облик (снизить вес, улучшить общий внешний вид, осанку, походку) – главный мотив занятий аэробикой. Не все виды физической активности позволяют добиться соответствующих этим целям результатов, а аэробика с её разновидностями даёт такую возможность. По мнению занимающихся, чтобы занятия были интересными, необходима регулярная смена программ. Опыт работы со студентами показывает, что, в зависимости от степени новизны, сложности и усвоения не следует прорабатывать программу более трёх раз. Поэтому проблема разновидностей фитнес-аэробики и используемых программ всегда актуальна для преподавателей и занимающихся. Виды средств и направлений современной фитнес-аэробики, которые можно использовать в вузе многообразны: кардио-координационное направление, степ-аэробика, силовая, стретчинг, смешанные виды, специфические виды, танцевальные разновидности аэробики и др. Многообразие направлений, видов и разновидностей, их

содержательное и качественное развитие – особенность современной аэробики.

УДК 615.831.42

### **Коррекция вестибулярной устойчивости при протезировании бедра**

Попова Г.В.\*, Кобринский М.Е.\*, Парамонова Н.А.\*\*, Калюжин В.Г.\*

\*Белорусский государственный университет физической культуры,

\*\*Белорусский национальный технический университет

С целью повышения степени тренированности вестибулярной сенсорной системы пациентов, осваивающих протезы нижних конечностей в условиях минимального воздействия сбивающих факторов, применялось устройство для самостоятельного подъема больного в кровати, а также устройство для восстановления равновесия пациентов с ампутированной конечностью.

На этапе первичного протезирования были обследованы 65 пациентов в возрасте 47–62 лет, перенесших ампутацию бедра. Для определения порога чувствительности вестибулярного анализатора был использован тест Яроцкого. Тестирование проводилось с применением устройств для самостоятельного подъема пациента в кровати и без них дважды: на 3 и 7 сутки от момента получения протезных изделий. По команде выполнялись вращательные движения головой в быстром темпе в исходном положении стоя с закрытыми глазами. Фиксировалось время вращения головой до потери пациентом равновесия. Данные представлены в таблице.

Таблица – Динамика показателей чувствительности вестибулярного анализатора у лиц, перенесших ампутацию бедра

Испытуемые	Время выполнения теста, с			t <sub>факт</sub>	p
	Исходное положение	3-й день	7-й день		
Основная группа (n=31)	без опоры	8,29±0,73	10,10±0,58	1,95	>0,05
	у опорных устройств	10,58±0,57	15,61±0,66	5,78	<0,001
Контрольная группа (n=34)	без опоры	8,53±0,53	10,00±0,60	1,84	>0,05

Низкий порог чувствительности вестибулярного анализатора у группы исследуемых объясняется детренированностью их вестибулярной сенсорной системы вследствие длительного периода гиподинамии, что приводит в дальнейшем к нарушению статического и динамического равновесия. У лиц контрольной группы также имела место положительная динамика изучаемых показателей, но достоверных данных получено не было.

Применение вышеуказанных устройств позволяет повысить степень

тренированности вестибулярной сенсорной системы пациентов с послеампутированными дефектами бедра.

УДК 796.012.234-057.875

### **Анализ уровня развития гибкости студенток с применением сигмальной шкалы оценок**

Слободняк Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы является исследование уровня развития гибкости у студенток технического вуза с применением десятибалльной сигмальной шкалы оценок. Исследования проводились на четырех факультетах БНТУ: энергетическом, приборостроительном, инженерно-педагогическом и факультете технологий управления и гуманитаризации (ЭФ, ПСФ, ИПФ, ФТУГ), в котором приняли участие 211 студенток 1–4 курсов. Все респонденты отнесены к основной группе здоровья. Испытуемым были предложены следующие тесты: 1. Комплексный тест («складка»). 2. Подвижность в плечевых суставах («выкрут»). 3. Подвижность позвоночного столба («мост»). В таблице приведены среднегрупповые результаты тестирования и оценка уровня развития гибкости (баллы).

Факультет	«Складка»		«Выкрут»		«Мост»	
	Хср±σ	отметка	Хср±σ	отметка	Хср±σ	отметка
ЭФ	11,6±8,7	5	72,3±12,4	6	53,7±20,1	6
ПСФ	16,0±7,2	6	75,1±14,4	6	55,7±14,2	5
ИПФ	12,1±9,6	5	78,8±14,5	5	52,0±16,6	6
ФТУГ	16,9±6,0	6	75,1±8,9	6	49,7±12,9	6

По тесту «складка» лучшие показатели у студенток ФТУГ и ПСФ, соответственно 16,9±6,0 и 16±7,2 см. Это «средний» уровень развития. По тесту «выкрут» девушки ЭФ показали лучший результат – 72,3±12,4 см, который соответствует «среднему» уровню. Результаты студенток остальных факультетов также соответствуют «среднему» уровню. По тесту «мост» у студенток ФТУГ «средний» уровень развития (6 баллов). Результаты девушек ЭФ – 53,7±20,7 см, у студенток ИПФ – 52,0±16,6 см. Эти показатели соответствуют также «среднему» уровню.

Таким образом, определен уровень развития гибкости у студенток. Выявлено, что подвижность в плечевых суставах, подвижность позвоночного столба, а также подвижность в тазобедренных суставах у всех находится на среднем уровне. Вместе с тем, следует уделять внимание развитию подвижности позвоночного столба и подвижности в плечевых суставах, применяя специальные комплексы для развития гибкости. Развитие гибкости имеет особое значение в целом для

воспитания двигательных качеств и физического состояния студентов.

УДК 796.015.57

### **Использование программы по оздоровительной ходьбе на занятиях физической культурой со студентами основного отделения**

Слободняк Е.Н., Кривицкая Л.Э., Игнатенко Н.С.  
Белорусский национальный технический университет

Цель исследования – выявить влияние оздоровительной ходьбы на функциональное состояние студентов 3 курса энергетического факультета (ЭФ) БНТУ. В исследовании приняли участие 50 студентов, отнесенных к основной группе здоровья. Для определения состояния сердечно-сосудистой системы использовались пробы с задержкой дыхания: проба Штанге и проба Генчи. Студентам была предложена модифицированная программа занятий оздоровительной ходьбой, основанная на разработках К. Купера. Условия выполнения: 1) Прохождение дистанции без отягощения по ровной, гладкой дороге; 2) Длина дистанции постепенно увеличивалась от 1500 м до 5000 м к 12 неделе; 3) Время прохождения дистанции соответственно уменьшалось с постепенным увеличением дистанции (1500 м за 15 мин – первые две недели; 5000 м за 40–45 мин – в конце программы); 4) Занятия проходили 2 раза в неделю в течение 17 недель.

В таблице приведены среднегрупповые результаты функциональных проб и процентные изменения показателей.

Таблица – Динамика показателей функциональных проб и процент их изменения

Функциональные пробы	Предварительное исследование $\bar{X} \pm \sigma$	Повторное исследование $\bar{X} \pm \sigma$	% изменения
Проба Штанге	54,3±12,4	56,2±11,9	3,4 %
Проба Генчи	32,8±8,6	33,7±9,1	2,7 %

Проводя анализ исследования динамики показателей кардиореспираторной системы студентов ЭФ можно сделать вывод, что у всех студентов наблюдается положительная динамика результатов. При повторном исследовании по пробе Штанге прирост составил 3,4 %. По пробе Генчи также положительная динамика роста результатов на 2,7 %. Таким образом, в результате исследования была доказана эффективность использования предлагаемой программы оздоровительной ходьбы, которая оказала положительное влияние на сердечно-сосудистую и дыхательную системы студентов, что отразилось на результатах функциональных проб. Оздоровительная ходьба имеет общий оздоровительный

эффект, а также способствует повышению работоспособности студентов.

УДК 796.0

### **Мотивационно-потребностные факторы занятий фитнес-тренировкой студенческой молодежи**

Сманцер Н.И., Пронович Ю.В., Ковель С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для изучения мотивационно-потребностных факторов занятий фитнес-тренировкой студенческой молодежи во время обучения в БНТУ была разработана анкета. Анкета включала 19 вопросов с вариантами ответов. В анкетировании приняли участие 70 студентов 1–2 курсов БНТУ (35 юношей и 35 девушек), занимающихся фитнесом в тренажерном зале.

В результате анкетного опроса установлено, что до поступления в университет 51,4 % опрошенных студентов (юношей и девушек) занимались физическими упражнениями только на уроках физической культуры в школе, 31,4 % занимались физическими упражнениями самостоятельно в свободное от учебы время, 20 % дополнительно посещали различные спортивные секции.

Принимая решение заниматься фитнес-тренировкой в вузе, 65,7 % опрошенных руководствовались личными убеждениями в необходимости таких занятий и 14,3 % – примером друзей.

Основными причинами занятий фитнес-тренировкой являются желание улучшить свое телосложение (фигуру, внешние данные) (40 %), желание улучшить свое физическое состояние и укрепить здоровье (31,4 %), оптимизировать свой вес (похудеть) (11,4 %). Особое внимание при занятиях фитнес-тренировкой студенты уделяют формированию пропорционального и красивого телосложения (57,1 %). Немногие (2,9 %) указали, что выбор такого рода занятий обусловлен желанием чувствовать себя увереннее в обществе, чтобы в будущем было возможно постоять за себя, отвлечься от повседневных дел. Некоторые респонденты (5,7 %) указали, что причиной выбора занятий фитнес-тренировкой является желание снять усталость, активизировать умственную деятельность и тонус мышц, для улучшения настроения и самочувствия. Никто из студентов не выбрал ответы, что этого требует его будущая профессия, желание показать пример другим, стремление быть в компании друзей, просто нравятся занятия физическими упражнениями, желание участвовать в спортивных соревнованиях и спортивных мероприятиях. Полученные данные показали осмысленное отношение студентов к своему здоровью, физическому и функциональному состоянию организма, понимание роли и места физических упражнений в жизни человека.

## Эффективность восточной и западной систем физической культуры глазами студентов

Сун Пэн\*, Крутых М.Е.\*\*, Халло Г.В.\*\*

\*Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка,

\*\*Белорусский национальный технический университет

В 2011 году был проведен мониторинг физкультурно-спортивной активности студентов (n=1704), обучающихся по специальностям технического профиля в БНТУ (Беларусь) и университете Чжанчжоу (КНР).

Отмечена высокая степень близости общей структуры выбора средств оптимизации своего физического состояния разных по социокультурным традициям контингентов при различиях трех приоритетных форм: КНР – физические упражнения (54,35 %), массаж (21,74 %) и закаливание (17,39 %), РБ – физические упражнения (32,66 %), тренажеры (16,66 %) и диета (12,06 %). Заметим, что в КНР используют тренажеры 15,22 % студентов.

В БНТУ по восточным системам занимаются в 2,5 раза реже, чем по западным, в Чжанчжоуском университете соответственно в 1,3 раза чаще. Результативность занятий в плане эффективности освоения движений у рассматриваемых контингентов далеко не одинакова (таблица).

Таблица – Самооценка студентами результативности освоения двигательных навыков, по 5-балльной шкале

Контингент	Психологическая уверенность при освоении	Скорость достижения автоматизированности выполнения	Способность к достижению вариативности
БНТУ	3,22	3,24	3,19
Университет Чжанчжоу	3,29	3,37	3,26

Показательны различия в целевых установках приступающих к занятиям: у ориентирующихся на западные системы доминируют установки на оптимизацию своего веса, развитие мускулатуры и осанки, у ориентирующихся на восточные системы – на развитие координации движений, их красоты и выразительности, на гармоничность общего развития при равном внимании с приверженцами западных систем к развитию специализированных двигательных навыков. По мнению студентов, занятия по восточным системам имеют преимущество в отношении социально и профессионально важных умений, дают больший эффект в отношении формирования культурно и профессионально ориентированных умений и навыков (расслабляться, сконцентрироваться, постановка дыхания, умение одержать победу над собой), западные – в отношении спортивных (одержать победу над другим и умение развить максимально определенное физическое или двигательное качество).

## Воспитание выносливости легкоатлетов в подготовительном периоде с помощью средств различной направленности

Троцило П.П., Томчук В.А., Улич А.В.

Белорусский национальный технический университет

Легкая атлетика пользуется широкой популярностью среди студенческой молодежи. Занятие этим видом спорта являются важным средством физического воспитания учащихся и студентов.

Цель исследования – изучение влияния применения средств различной направленности для развития общей выносливости.

В эксперименте приняли участие студенты Белорусского национального технического университета, занимающиеся легкой атлетикой в группах спортивной специализации и не имеющие спортивного разряда. Испытуемые были разделены на две группы: в одной 18 студентов (ЭГ-1); во второй – 20 (ЭГ-2). Первая группа использовала в учебно-тренировочном процессе методику параллельного развития физических качеств, где на каждом из занятий применяли средства для развития общей выносливости, быстроты, силы. Во второй группе использовалась методика последовательного развития физических качеств, где с 1-ой по 4-ю неделю тренировочная работа была направлена на развитие силовых способностей, с 5-й по 7-ю недели – на развитие общей выносливости, с 7-й по 10-ю недели – на развитие быстроты, с 10-й по 16-ю недели – на развитие взрывной силы. Тренировочный цикл был рассчитан на 16 недель подготовительного периода. До и после эксперимента было проведено тестирование по следующим контрольным упражнениям: бег на 100 м, многоскоки с ноги на ногу на 100 м, бег на 1000 м на время (таблица).

Таблица – Результаты беговых упражнений до и после эксперимента

Контрольные упражнения	До		После	
	ЭГ-1	ЭГ-2	ЭГ-1	ЭГ-2
100 м, с	13,2	13,3	12,8	12,7
Многоскоки, шаг/мин	43	42	39	37
1000 м, с	3.25,0	3.27,0	2.52,0	2.56,0

Таким образом, использование методики параллельного развития физических качеств оказывает положительное влияние на развитие общей выносливости. Использование методики последовательного развития физических качеств оказывает положительное влияние на развитие специальной выносливости.



УДК 796.411

## **Эффект комплексного проведения занятий по степ-аэробике и пилатесу с молодежью студенческого возраста**

Юсупова Л.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время оздоровительная степ-аэробика и пилатес являются одними из самых популярных форм занятий физической культурой, в особенности среди молодежи студенческого возраста. Степ-аэробика и пилатес относятся к упражнениям разного вида, как по интенсивности, так и по физическому воздействию на определенные группы мышц. В этом контексте представляется актуальным опыт объединения двух разнонаправленных видов занятий в целях повышения уровня физической подготовленности студенческой молодежи.

Цель исследования – экспериментальное обоснование методики комплексного проведения занятий по степ-аэробике и пилатесу со студентками.

Сочетание занятий степ-аэробикой и пилатесом способствовали благоприятному воздействию на функциональные системы организма и физические качества. При занятиях пилатесом затрагиваются самые глубокие мышцы брюшного пресса, которые трудно прорабатываются на занятиях степ-аэробикой. Все упражнения пилатеса выполняются медленно и слитно, пресс находится постоянно в напряжении, что способствует повышению силовой выносливости и гибкости. В свою очередь, занятия степ-аэробикой развивают аэробную выносливость и дают общий оздоровительный эффект. Объединение двух видов деятельности дает результат по принципу активного отдыха: поочередное функционирование различных систем и мышечных групп, позволяет суммарно выполнить более высокий объем нагрузки.

В процессе проведения педагогического эксперимента у испытуемых обеих групп отмечено улучшение показателей общей физической работоспособности (прирост 10–40 %) и функционального состояния кардиореспираторной системы, определяемой по пробе Генчи (10–20 %), что свидетельствует о возросших функциональных возможностях организма в результате занятий аэробикой и пилатесом. Различий между экспериментальной и контрольной группами по этим показателям не выявлено.

Преимущество комплексного проведения занятий по степ-аэробике и пилатесу после проведения формирующего педагогического эксперимента отмечено в достоверности различий в показателях физических качеств: силовой выносливости мышц брюшного пресса и гибкости ( $p < 0,05$ ).

**Естественные и точные науки**

**Естественно-научные  
дисциплины**

**Исследование коэффициента теплопроводности торфяных сред**

Воронова Н.П., Березовский Н.И., Грибкова С.М.  
Белорусский национальный технический университет

При исследовании веществ неоднородной структуры, пористых тел, к которым относится торф, существенную роль играет коэффициент теплопроводности.

Существует ряд методов для определения коэффициента теплопроводности, которые исследуют зависимость коэффициента от температуры, влажности, структуры торфа по отдельности. Эквивалентный коэффициент теплопроводности ( $\lambda_{\Sigma}$ ) складывается из компонентов молекулярной ( $\lambda$ ), конвективной ( $\lambda_K$ ) и лучистой ( $\lambda_{\text{л}}$ ) теплопроводности:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda + \lambda_K + \lambda_{\text{л}}.$$

В капиллярно-пористом теле при малых перепадах температуры передача тепла конвекцией и излучением в порах тела мала по сравнению с передачей молекулярной теплопроводностью.

Нами предложен комплексный метод определения теплофизических характеристик различных материалов, с помощью которого был исследован торф кусковой, измельченный, фрезерный и брикетированный. Известно, что изменение коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры и влагосодержания описывается соотношением

$$\lambda = \lambda_0 + A t u e^{-bu},$$

где  $\lambda_0$  (ккал/м·час·°С) – коэффициент теплопроводности абсолютно сухого тела при 0 °С;  $A$  и  $b$  – постоянные,  $t$  (°С) – температура;  $u$  (%) – влагосодержание торфа.

В расчетах использовались измерения при температурах 10°С и 15°С, соответственно со средним влагосодержанием 58% и 69%,  $\lambda_0 = 0,06$  ккал/м·час·°С. Получены аналитические зависимости коэффициента теплопроводности для рассмотренных разновидностей торфа.

Так, для торфа брикетированного получилась аналитическая зависимость коэффициента теплопроводности от температуры и влагосодержания в виде

$$\lambda = \lambda_0 + 10,59 t u e^{-1,81u}.$$

Использование таких функциональных зависимостей для теплофизических коэффициентов торфа позволяет оптимизировать процессы сушки и брикетирования торфа.

## **Необходимость внедрения адаптивных структур в интеллектуальных организациях**

Воронова Н.П.<sup>1</sup>, Макарова А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Белорусский государственный экономический университет

Эффективность производства и развития современных предприятий определяется их способностью адаптироваться к переменам, происходящим в среде функционирования. Возникает необходимость трансформации существующих субъектов хозяйствования в интеллектуальные организации. Согласно определению И.В. Марахиной, интеллектуальная организация – это структура, обладающая и эффективно реализующая высоко-развитые способности к получению, хранению, преобразованию и выдаче информации; выработке новых знаний; принятию рационально обоснованных решений; формулированию целей и контролю деятельности по их достижению. Таким образом, данный тип структур требует пересмотра и обновления традиционных элементов организации. Это предполагает внедрение адаптивных организационных структур, которые должны соответствовать следующим требованиям:

1) достижение управленческой синергии менеджмента (на макроуровне в рамках организации – создание центров прибыли, ответственности и затрат; на микроуровне – активизация предпринимательской деятельности сотрудников);

2) внедрение элементов партисипативного управления;

3) формирование и содействие развитию лидерских качеств руководителей;

4) создание слаженных и взаимодействующих команд для выполнения отдельных функций, проектов или заданий;

5) гибкость, своевременное реагирование на требования и изменчивость внешней среды (дифференциация потребительского спроса, ускорение темпов обновления продукции и технологий);

6) обеспечение непрерывного процесса обучения и развития персонала, формирование способности осознанно и результативно действовать в условиях нестабильной внешней среды;

7) реализация долгосрочных стратегий, с учётом миссии и целей организации.

Именно новые адаптивные организационные структуры позволят интеллектуальным организациям реализовывать возложенные на их функции и выживать в условиях локальной и международной рыночной конкуренции.

## **Оценка перспектив энергетического использования торфяных ресурсов**

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время по объемам добычи торфа Республика Беларусь занимает 3-е место в мире, после Финляндии, где ежегодно осваивается 10-15 млн. тонн, и Ирландии, которая разрабатывает 5 млн. тонн. Далее в рейтинге следуют Россия и Канада с ежегодным уровнем добычи по 2 млн. тонн каждая. В общем объеме использования местных видов топлива доля топлива из торфа составляет 15%, или 3% от всего энергобаланса Республики Беларусь.

С целью расширения использования местных видов топлива в республике, изучается возможность решения энергетических проблем для цементной отрасли, планируется освоение производства торфяных пеллет, топлива с однородным качеством и высокой калорийностью, удобного и эффективного в применении.

Перспективным является увеличение объема использования кускового торфа, производство которого требует меньших затрат по сравнению с топливными брикетами, поскольку процесс его формования и сушки осуществляется непосредственно на полях добычи торфа в естественных условиях. Актуальным для Беларуси является также применение современных технологий сжигания торфа. Так, устройства для сжигания в кипящем слое, на вращающейся решетке имеют КПД по топливу свыше 90%, причем эффективно сжигают торф влажностью 30-65% и при этом являются безопасными, с точки зрения экологии.

Анализ состояния вопроса о перспективах энергетического использования торфяных ресурсов показывает, что необходимо стремиться к реализации следующих направлений:

осуществление мероприятий по техническому переоснащению и модернизации производства топлива из торфа с целью повышения производительности и снижения энергоемкости;

увеличения количества энергоисточников, работающих на торфяном топливе;

разработка и внедрение отечественного высокотехнологичного оборудования для производства кускового торфа и торфяных пеллет;

внедрение новых технологий по снижению зависимости добычи торфа от погодных условий сезона, расширению его временных рамок;

внедрение современного оборудования и технологий.

## **Возможности ресурсо - и энергосбережения при производстве стеклотары**

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

В ближайшие годы ожидается увеличение потребления пищевой стеклянной тары. При производстве стекла около 75 % потребляемой энергии расходуется на работу печи. Известно, что в среднем на изготовление 1 тонны стеклянной тары расходуется около 1,2 т природного сырья: 590 кг кварцевого песка, 172 кг известняка, 186 кг соды и 72 кг полевого шпата.

Использование стеклобоя в производстве позволяет сократить расход ресурсов и энергии минимизировать образование отходов, подлежащих захоронению. Практика показывает, что увеличение содержания стеклобоя в шихте для варки стекла на 1% дает экономии потребляемой энергии приблизительно 0,2 – 0,5%.

Стеклобой не требует дополнительного разогрева, но его применение ограничено вследствие наличия различных загрязняющих включений (металлические, керамические включения, органические остатки пищи, бумаги, пластика, камни, грязь), ухудшающих качество продукции, а также наличием большого количества цветного битого стекла, которое крайне сложно обесцветить. Использование стеклобоя регламентируется законодательством в области отходов. С экологической точки зрения, дополнительные преимущества применения битого стекла: предотвращение размещения его на полигонах твердых отходов и снижение выбросов диоксида углерода.

В настоящее время для уменьшения расходов ресурсов активно производится облегченная стеклотара. Ее преимущества: возрастание скорости действия стеклоформирующего оборудования, сокращение удельного энергопотребления и транспортных расходов, сокращение удельного потребления сырьевых материалов.

Разрабатываются и используются следующие возможности совершенствования энергоэффективности:

- улучшение теплоизоляции, печи;
- улучшение контроля работы печи и контроля процесса сжигания топлива;
- рекуперация тепла (использование отходящего от печи тепла) и предварительный подогрев с его помощью шихты и стеклобоя;
- уплотнение (герметизация) горелок для предотвращений подсосывания в печь холодного воздуха и улучшения горения.

**Химическая модификация торфа с целью получения гуминового препарата, обладающего фунгицидными свойствами**

Макарова Н.Л., Наумова Г.В., Серeda Г.М., Томсон А.Э.,  
Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф.

Институт природопользования НАН Беларуси

Торф является экологически чистым природным сырьем, содержащим в своем составе биологически активные вещества различной химической природы. При оценке торфа, как источника химических соединений, обладающих фунгицидными свойствами, наибольший интерес представляют фенольные соединения, которые в основном аккумулируются в составе лигно-гуминового комплекса. Поэтому для получения из торфа препаратов, обогащенных низкомолекулярными фенольными соединениями необходима его химическая деструкция. Наиболее эффективным методом получения таких препаратов является окисление торфа в щелочной среде при повышенной температуре. Препарат, полученный в таких условиях, наряду с фенольными соединениями включает также комплекс других биологически активных веществ, в том числе, гуминовые кислоты (46,7 % от ОМ) и карбоновые кислоты (17,7 % от ОМ). Как известно, гуминовые кислоты обладают ростстимулирующим действием, и, кроме того, повышают устойчивость растений в процессе вегетации к неблагоприятным условиям среды и к поражаемости болезнями. В современных условиях актуальной является разработка комплексных гуматсодержащих препаратов, обогащенных микроэлементами, усиливающими фунгицидные свойства и оказывающими наиболее благоприятное воздействие на иммунную систему растения. В качестве таких добавок использовали йод, борную кислоту и гидроксид аммония.

Фунгицидную активность полученных препаратов изучали в лабораторных условиях на начальной стадии вегетации картофеля сорта «Лазурит». Клубни предварительно обрабатывали водными растворами модифицированных препаратов с концентрацией 0,1; 0,2 и 0,3 %, затем инфицировали колониями ризоктониоза, высаживали в вегетационные сосуды и оценивали пораженность стеблей после появления всходов.

Показано, что применение комплексных препаратов способствует снижению развития ризоктониоза с 61,3 % в контроле до 15,1–23,2 % в опытных вариантах; при этом препараты, включающие добавки йода или борной кислоты, проявляют более высокую фунгицидную активность, чем препарат, обогащенный аммиаком. Повышение дозы применения новых препаратов их эффективность несколько повышается (на 2–3 %).

**Текстовые задачи, связанные с поиском  
минимальных значений функции.**

Ревтович В.Н., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из интересных типов текстовых задач является тот, где в рамках стандартной задачи требуется составить функциональное выражение и найти его наибольшее или наименьшее значение. Возможные примеры задач, где исследование функции можно провести как с использованием производной, так и без нее, на основе свойств функции, приведены ниже.

1. Три бригады должны выполнить работу. Первая делает в день 200 деталей, вторая – на  $x$  деталей меньше, а третья – на  $5x$  деталей больше, чем первая. Сначала первая и вторая бригады, работая вместе, выполняют  $1/5$  часть всей работы, затем все три бригады, работая вместе, выполняют оставшуюся часть. При каком значении  $x$  вся работа будет выполнена указанным способом за наименьшее время?

Решение. Очевидно, что время работы, которая производится указанным способом, будет равно

$$f(x) = \frac{1}{5} \left( \frac{1}{400-x} + \frac{4}{600+4x} \right) = \frac{440}{-4x^2 + 1000x + 240000}$$

Требуется найти наименьшее значение этой функции, в предположении, что  $0 < x < 200$ . Наименьшее значение данной дроби будет при том  $x$ , при котором знаменатель принимает наибольшее значение, то есть в вершине параболы  $y = -4x^2 + 1000x + 240000$ ,  $x_a = 1000/8 = 125$ . Ответ: 125.

2. Железная дорога за простой вагонов под разгрузкой в первый день берет 400 тыс. руб., а в каждый последующий день на 300 тыс. руб. больше, чем в предыдущий. Бригада грузчиков должна разгрузить вагоны за 10 дней. При разгрузке раньше срока бригада получит премию 2350 тыс.руб. за каждый сэкономленный день. При каком сроке разгрузки будут минимальны затраты предприятия по оплате простоя вагонов и выплате премии грузчикам?

Решение. Пусть  $x$  дней – искомый срок,  $x \in (0; 10]$ . Затраты на простой вагонов найдутся как сумма арифметической прогрессии  $S_x = \frac{2 \cdot 400 + 300(x-1)}{2} \cdot x$ , а на выплату премии рабочим они будут равны  $2350(10-x)$ . Функция затрат предприятия после преобразований имеет вид  $f(x) = 150x^2 - 2100x + 23500$ . Ее наименьшее значение достигается при  $x=7$ . Ответ: 7 дней.



## Исследование и поиск решения комбинированных уравнений и неравенств, содержащих функцию модуль.

Чернявская С.В., Ревтович В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Комбинированные задачи, в состав которых усложняющим элементом входит модуль, традиционно достаточно сложны и вызывают интерес с точки зрения поиска оптимальных методов их решения. Существует множество подходов к решению таких задач, среди которых можно назвать метод оценки, метод замены функций, обобщенный метод интервалов, графический способ, применение свойств функций и т.п. Рассмотрим синтез некоторых из них на следующем примере:

Пример 1. Необходимо найти сумму корней уравнения, принадлежащих отрезку  $x \in [-21; -12]$ .

Решение. Рассмотрев отдельно очевидный случай  $\left| \cos \frac{\pi x}{3} \right| = 1$ , получим множество  $x = 3k, k \in \mathbb{Z}$ . Заданному в условии промежутку принадлежат числа  $-21, -18, -15, -12$ . Покажем, что других решений уравнение не имеет. Воспользуемся методом оценки и свойствами тригонометрических функций. Так как  $0 < \left| \cos \frac{\pi x}{3} \right| < 1$ , то  $x^2 - 2x + \frac{1}{\left| \cos \frac{\pi x}{3} \right|} > (x-1)^2$ . Отсюда полу-

чим, что  $\sqrt{x^2 - 2x + \frac{1}{\left| \cos \frac{\pi x}{3} \right|}} - |x-1| > 0$ . Из последнего неравенства, с уче-

том того, что  $\log_{\frac{\pi}{10}} \left| \cos \frac{\pi x}{3} \right| > 0$ , заключим, что левая часть исходного уравнения положительна. Поэтому сумма корней уравнения равна  $-33$ .

Пример 2. Необходимо найти все решения неравенства  $\left| \cos x \right|^{\sqrt{2x-3} \cdot \log_{|\cos x|} \left( \frac{1+2\sqrt{3}|\sin x|}{8(1-2\cos^2 x)} \right)} \geq 1$  на множестве  $x \in (0^\circ; 270^\circ)$ .

(Решение не приводится.) Ответ:  $x \in (120^\circ; 135^\circ) \cup (225^\circ; 240^\circ) \cup \left\{ \frac{3}{2} \right\}$ .

Эти примеры показывают разнообразие и сложность комбинированных задач и вариативность в выборе метода решения.

**Исследование различных функций на периодичность.**

Пинчукова С.П., Ковалёнок Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Если  $x_0 \in D(f)$  то и  $x_0 \pm T \in D(f)$ , а, следовательно, если  $x_0 \pm T \in D(f)$ , то и  $x_0 \pm 2T \in D(f)$  и т.д.

Исследуем на периодичность функцию  $y = \lg \sin x$ .

Решение: 1) так как область определения данной функции  $\sin x > 0$ ,  $2\pi n < x < \pi + 2\pi n, n \in Z$ . Область определения симметричная.

2) пусть  $T > 0$  – произвольный положительный период. Тогда должно выполняться:

$$\lg \sin(x+t) = \lg \sin x. \text{ Пусть } x = \frac{\pi}{2}, \lg \sin\left(\frac{\pi}{2} + T\right) = \lg \sin \frac{\pi}{2} = 0.$$

$$\text{Откуда } \lg\left(\sin \frac{\pi}{2} + T\right) = 0, \lg \cos T = 0, \cos T = 1, T = 2\pi m, m \in Z.$$

Вывод: функция периодична,  $T = 2\pi$ .

Если  $f$  – произвольная функция, а  $g(x)$  – периодическая, то и сложная функция  $f(g(x))$ - периодическая.

Для того, чтобы периодические функции  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$  с периодами  $T_1$  и  $T_2$  соответственно, имели общий период  $T$  (число  $T$  должно нацело делиться на  $T_1$  и  $T_2$ ) необходимо и достаточно, чтобы отношение  $\frac{T_1}{T_2}$  было

рациональным числом, т. е.  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{m}{n}; m, n \in N$ .

Исследуем на периодичность функцию  $y = \{x\} - \cos \frac{\pi x}{4}$

Решение: функция  $y = \{x\}$  имеет период 1, а функция  $y = \cos \frac{\pi x}{4}$  период  $\frac{2\pi}{4} = 8$ .  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{8}$ .

Поэтому исходная функция периодична с периодом 8. Вывод: функция периодическая,  $T=8$ .

Из равенства  $f(x) = f(x+T) = f(x+2T) = \dots = f(x+nT)$  следует, что периодическая функция  $f(x)$  с периодом  $T$  принимает каждое возможное значение  $A$  бесконечное число раз.

# **Математика и приложения**

### Влияние интеллектуальных жидкостей на динамику колебательной системы

Воронович Г.К., Рейзина Г.Н., Коробко Е.В.  
Белорусский национальный технический университет,  
ИТМО НАН Беларуси

При демпфировании колебательной системы (КС) применяются неньютоновские жидкости, изменяющие свои реологические свойства под воздействием приложенного внешнего электрического поля. Используется вязко-упругая жидкость. Предлагается математическая модель такой системы, где в режиме отслеживания величины смещения демпфируемого тела включается электрическое поле, когда происходит переход по смещению через заданное критическое смещение  $X_{крит}$ . Воздействие электрического поля на динамику КС комплексно: рост напряжения электрического поля приводит к уменьшению характерного времени релаксации  $\lambda$  и росту вязкой составляющей ЭРС, что в свою очередь, ведет к усилению демпфирующих свойств неньютоновские жидкости. Таким образом происходит отслеживание динамических характеристик КС с помощью внешнего воздействия электрического поля. Предложена следующая математическая модель КС:

$$m\ddot{X} + s\tau(\dot{\gamma}, E) + \chi X = 0; \dot{\gamma} = \frac{X - u(t)}{h}; X(0) = \dot{X}(0) = 0,$$

где  $X$  – смещение тела, соединенного с упругой пружиной жесткостью  $\chi$ ;  $s$  – площадь поверхности соприкосновения с ЭРС виброизолируемого тела;  $\dot{\gamma}$  – скорость сдвига;  $\tau$  – касательное напряжение;  $m$  – его масса.

$$\tau = \eta(\dot{\gamma}, E) \cdot \dot{\gamma}, \eta = \frac{\eta_0 K_1(E)}{\left[1 + (\lambda_0 K_2(E) \dot{\gamma})^2\right]^p}.$$

Здесь  $\lambda_0$  – временная константа, имеющая связь со временем релаксации жидкости,  $\eta_0$  – начальная ньютоновская вязкость. Учитывая особенности конкретной ЭРС,  $K_1(E) = (1 + 2,3E)$ ;  $K_2(E) = \left(1 - \frac{6}{7}E\right)$ .

Расчеты показывают, что упругость жидкости оказывает существенное влияние на динамику КС, когда  $\lambda_0$  соизмеримо с периодом собственных колебаний системы, но рост составляющей оказывает решающее воздействие на виброзащитный эффект для КС.

**Об обобщенных интегральных преобразованиях типа Ламберта**

Вирченко Н.А.

Национальный технический университет Украины "КПИ" (г. Киев, Украина)

Как известно, интегральное преобразование Ламберта

$$LM\{f(t)\} = \int_0^{\infty} \frac{st}{e^{st} - 1} f(t) dt \quad (1)$$

нашло широкое применение в математической физике, теории дифференциальных и интегральных уравнений, атомной физике и т.д. Например, при рассмотрении спектрального состава метagalacticкого излучения оказалось, что плотность излучения за счет всего объема бесконечной Метagalacticки имеет вид:

$$\omega(\nu, t) = \frac{2\pi m_0 k^3}{\sigma T c r h^2} \int_{\frac{h\nu}{kT}}^{\infty} \frac{t^2 dt}{e^t - 1}, \quad (2)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана,  $\frac{m_0 c^2}{\sigma T^4} = s_0, \sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана. Введем обобщение интегрального преобразования (1) в такой форме:

$$\square EM\{f(t)\} = \int_0^{\infty} \frac{(st)^k {}_r\Phi^{\tau, \beta}(a; c; -b(st)^{-\gamma})}{(e^{st} - x)^\omega} f(t) dt, \quad (3)$$

где  $f(t) = O(t^\delta)$  при  $t \rightarrow 0, \delta > 0; f(t) = O(t^\alpha)$  при  $t \rightarrow \infty, \alpha > 0; \gamma > 0, \omega \geq 1, \operatorname{Re} s > 0, \operatorname{Re} b > 0, |x| \leq 1, \operatorname{Re} c > \operatorname{Re} a > 0, \{\tau, \beta\} \subset R, \tau > 0, r > 0;$

${}_r\Phi^{\tau, \beta}$  –  $r$ -конфлюэнтная гипергеометрическая функция:

$${}_r\Phi^{\tau, \beta}(a; c; x) = \frac{1}{B(a, c-a)} \int_0^1 t^{a-1} (1-t)^{c-a-1} e^{xt} {}_r\Phi_1^{\tau, \beta}(\chi; \rho; \left(-\frac{r}{t(1-t)}\right)) dt, \quad (4).$$

Здесь  ${}_r\Phi_1^{\tau, \beta}(\dots) - (\tau, \beta)$ - обобщенная конфлюэнтная гипергеометрическая функция [1]. Исследованы свойства интегрального преобразования (3), построена формула обращения, даны примеры его применения.

Литература:

1. Virchenko N. On the generalized confluent hypergeometric function and its application// Fract. Calculus and Appl. Anal. , 2006. – 9, № 2. – P 101–108

Естественный выход на число  $e$ 

Гахович А.С.

Белорусский национальный технический университет

При чтении спецкурса «Прикладная математика» в разделе приложений рядов и преобразования Фурье к передаче электромагнитных сигналов основополагающую роль играет число  $e$ . В связи с этим вызывает естественный интерес вопрос выхода на число  $e$ , исходя из логических соображений на основе простейших понятий высшей математики. Далее излагаются основные моменты искомой логической цепочки.

Понимая  $df(x)$  как предельно локальное приращение функции, вызванное предельно локальным приращением аргумента, а  $\int_a^b df(x)$  – как предельно локальное суммирование указанных приращений функции, получаем формулу Ньютона-Лейбница  $\int_a^b df(x) = f(b) - f(a)$ , которая при  $a = x_0, b = x$  равносильна равенству

$$f(x) = f(x_0) + \int_{x_0}^x df(t) = f(x_0) + \int_{x_0}^x f'(t) dt. \quad (1)$$

При бесконечно-кратном использовании равенства (1) получаем ряд Тейлора. Разложения  $\sin x$  и  $\cos x$  в ряд Маклорена наводят на ряд

$$1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots \equiv \sum_0^{\infty} \frac{x^k}{k!} = S(x). \text{ Поскольку } S(0) = S'(1) = 1, \text{ то } S(x) \text{ есте-}$$

ственно искать среди функций  $a^x$ , что приводит к числу

$$a = \lim_{x \rightarrow 0} \left( 1 + \frac{1}{x} \right)^x, \quad (2)$$

которое назвали  $e$ .

Из формулы (2) следует, что  $(e^x)' = e^x$  и, действительно,  $e^x = \sum_0^{\infty} \frac{x^k}{k!}$ .

При  $x=1$  можно получить приближенное значение  $e$  с любой наперед заданной точностью, минимизируя соответствующим образом остаток ряда

$$e = \sum_0^{\infty} \frac{1}{k!}.$$

## О методе построения оптимальных программ для одной линейной гибридной системы управления

Габасова О.Р.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается линейная задача оптимизации гибридной системы

$$\begin{cases} \dot{x} = A_x(t)x + A_{xy}(t)y + B_x(t)u + w, t \in T = [t_*, t^*]; \\ y(t + h_y) = A_y(t)y(t) + h_y B_y(t)v(t), t \in T_v \end{cases} \quad (1)$$

$$x(t_*) = x_0, y(t_*) = y_0, H_x x(t^*) + H_y y(t^*) = g$$

$$u(t) \in U = \{u \in R^{r_u} : u_* \leq u \leq u^*\}, v(t) \in V = \{v \in R^{r_v} : v_* \leq v \leq v^*\}, t \in T.$$

Здесь  $w(t), t \in T$ , – неизвестное возмущение, удовлетворяющее условию  $w(t) = L(t)w, t \in T, w \in W = \{w \in R^l : w_* \leq w \leq w^*\}$ ,  $L(t)$  – кусочно-непрерывная матрица-функция;  $t_*, t^*$  фиксированы,  $h_y = (t^* - t_*)/N$ ,  $N$  – заданное натуральное число,  $T_v = \{t_*, t_* + h_y, \dots, t^* - h_y\}$ ;  $H_x \in R^{m \times n_x}, H_y \in R^{m \times n_y}, \text{rank}(H_x, H_y) = m < n = n_x + n_y; c_x \in R^{n_x}, c_y \in R^{n_y}; x_0 \in R^{n_x}, y_0 \in R^{n_y}; g \in R^m; u_*, u^* \in R^{r_u}, v_*, v^* \in R^{r_v}$  – заданные матрицы и векторы;  $A_x(t) \in R^{n_x \times n_x}, A_{xy}(t) \in R^{n_x \times n_y}, B_x(t) \in R^{n_x \times r_u}, t \in T$ , – заданные кусочно-непрерывные матричные функции.

Для задачи (1) выводится формула Коши, вводятся понятия опоры, вектора Лагранжа, копрограмма, котраектория

Принцип  $\varepsilon$ -максимума для задачи (1) получается с помощью критерия  $\varepsilon$ -оптимальности планов задачи линейного программирования, эквивалентной (1).

Рассматривая задачу (1) с неопределенным начальным состоянием, считаем, что начальное состояние непрерывной части системы удовлетворяет условию  $x_* \in X^* = \{x \in R^{n_x} : d_* \leq x \leq d^*\}$ ,  $d_*, d^*$  – фиксированные векторы. При этом считаем, что  $w(t) \equiv 0$ .

Для сформулированных задач разработаны алгоритмы построения оптимальных программных и позиционных решений. При построении оптимальных позиционных решений используются оптимальные программы и процедура их коррекции в реальном времени.

Корзников А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Модель задачи о назначениях применяется во многих реальных условиях: задачи о размещении заказов, о распределении работ и т.п. Кратко ее естественное обобщение (несбалансированную задачу о назначениях) можно сформулировать следующим образом. Имеется  $n$  работ, каждую из которых может выполнить любой из  $m$  исполнителей. Стоимость выполнения работы  $j$  исполнителем  $i$  равна  $c_{ij}$ . Нужно распределить исполнителей по работам так, чтобы минимизировать общие затраты.

Отметим, что данная задача может быть сформулирована в терминах теории графов как задача о минимальном паросочетании в двухдольном графе, или как задача булева программирования, имеющая следующий вид:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \begin{cases} = 1, & \text{если } m \leq n, \\ \leq 1, & \text{если } m > n. \end{cases} \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \begin{cases} = 1, & \text{если } n \leq m, \\ \leq 1, & \text{если } n > m. \end{cases} \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ или } 1, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Здесь  $x_{ij} = 1$ , если работа  $j$  выполняется исполнителем  $i$  и  $x_{ij} = 0$  в противном случае.

В работе приведен простой алгоритм решения задачи (1) – (4), основанный на дальнейшем развитии идеи осуществления тернарных операций на графе (сети) [1], программная реализация которого значительно проще известных алгоритмов: сетевых, венгерского метода.

Поскольку на каждой итерации алгоритма полученный план остается оптимальным, а алгоритм продолжает работу до тех пор, пока план не станет допустимым, то его естественно классифицировать как двойственный.

#### Литература:

1. Корзников А.Д., Корзников В.А. Моделирование и оптимизация процесса перемещения грузов в логистической транспортной системе. // Вестник БНТУ. – 2003. – № 6. – С. 39 – 45



## Задача оптимизации параметров рулевой трапеции транспортных средств

Лебедева Г.И., Гурвич Ю.А., Лебедев Е.П.  
Белорусский национальный технический университет

Рулевая трапеция является одним из важнейших элементов транспортного средства. Ее совершенствование является важной частью конструкторских разработок.

Рулевая трапеция нужна для: обеспечения поворота управляемых колёс и для обеспечения такой достаточно жёсткой связи между внутренним и внешним колёсами, чтобы поворот машины происходил без скольжения её колёс, т.е. обеспечивался поворот машины в соответствии с зависимостью, именуемой в литературе уравнением котангенсов.

В настоящей работе рассмотрены вопросы многокритериальной оптимизации параметров рулевой трапеции транспортных средств.

Прежде, чем приступить к многофакториальной оптимизации, необходимо создать адекватные механико-математические модели различных конструкций рулевых трапеций.

Под механико-математической моделью понимается совокупность схемы рулевой трапеции и формализованной связи (математического описания  $\beta = \Phi(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$ , где  $\beta$  – угол поворота внешнего управляемого колеса машины;  $\alpha$  – угол поворота внутреннего колеса;  $\lambda_1, \dots, \lambda_j$  – управляемые параметры;  $j$  – количество управляемых параметров;  $g_1, \dots, g_m$  – неуправляемые параметры;  $m$  – количество неуправляемых параметров.

Для расчета параметров шестизвенной рулевой трапеции требуется определить зависимость угла поворота наружного колеса  $\beta$  от угла поворота внутреннего колеса  $\beta = \beta(\alpha, \lambda_1, \dots, \lambda_j, g_1, \dots, g_m)$  и других конструктивных параметров, что эквивалентно определению  $\Theta_4 = \Theta_4(\Theta_1)$ .

Авторами разработаны математические модели указанных параметров рулевой трапеции.

Рулевая трапеция автомобиля МАЗ содержит двенадцать конструктивных параметров:  $l, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 = a + b, a, b, h, \Theta_1^0, \Theta_2^0, \Theta_3^0, \Theta_4^0$ , в том числе восемь независимых –  $(l, R_1, R_2, R_3, R_4, a, b, h)$ . Варьируя независимыми параметрами при разной базе, мы получаем различные варианты многокритериальной оптимизации. В результате многокритериальной оптимизации параметров рулевой трапеции конструктору предлагается одна из точек Парето. Причем, каждой точке Парето соответствует своя совокупность геометрических (управляемых) параметров рулевой трапеции.

**Математическое моделирование задач теории механизмов и машин**

Лебедева Г.И., Лебедев Е.П., Кудин В.В.

Белорусский национальный технический университет

Математическое моделирование в настоящее время является неотъемлемой частью любого научного исследования. С помощью моделей появляется возможность более глубокого исследования объекта и выбора с минимальными затратами оптимального решения. Средства и методы построения модели могут быть различными. Это зависит от наличия соответствующей информации об объекте исследования, квалификации исследователя и т.д.

В настоящей работе математическое моделирование осуществлялось для различных движений толкателя. Исследования основывались на использовании рядов Фурье и корреляционно – регрессионного анализа.

Так как механизмы ТММ (например, кулачок) совершают сложные колебания их в большинстве случаев лучше описать функцией, представляющей собой сумму ряда простых гармонических колебаний (рядом Фурье):

$$f(x) = A_0 + \sum \left( a_k \cos \frac{2k\pi x}{e} + b_k \sin \frac{2k\pi x}{e} \right),$$

где  $k$  – номер гармоники,  $x \in [0; 2,302]$ ,  $\Delta x = 0,096$ .

Нами были построены модели для ряда движений толкателя для ускорения, скорости и пути перемещения. Расчеты производились по специально разработанной программе.

Учитывая сложность графика ускорения, мы его описали ещё и комбинированным методом с использованием корреляционно–регрессионного анализа (для первой половины графика  $S''_{T1}$ ) и ряда Фурье (для второй половины  $S''_{T2}$ ). В результате были получены следующие модели ускорения толкателя:

$$S''_{T1} = 0,1189 - 0,2076x, \text{ где } \Delta x_i = 0,096; x_1 = 0, x_n = 1,15, R=0,9;$$

$$S''_{T2} = -0,000000001 + 0,029 \cos \frac{2\pi x}{1,15} - 0,11805 \sin \frac{2\pi x}{1,15} - \\ - 0,006938 \cos \frac{4\pi x}{1,15} + 0,01321 \sin \frac{4\pi x}{1,15}.$$

Также было выполнено исследование по обратному переходу, т.е. от модели ускорения к скорости и от скорости к пути перемещения толкателя.

**Построение регулятора полного успокоения  
для системы с запаздыванием**

Метельский А.В., Карпук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Дана дифференциальная система управления с запаздыванием

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=0}^m A_i x(t - ih) + bu(t), t > 0, x(t) = \eta(t), t \in [-mh, 0]. \quad (1)$$

Здесь  $x$  –  $n$ -вектор-столбец решения ( $n \geq 2$ );  $A_i$  – постоянные  $n \times n$ -матрицы, ( $i = \overline{0, m}, m \geq 1$ );  $b$  – постоянный  $n$ -вектор;  $0 < h$  – постоянное запаздывание; функция  $\eta$  из пространства кусочно-непрерывных  $n$ -вектор-функций;  $u$  – скалярное управление. Не уменьшая общности, полагаем, что  $b = [0; \dots; 0; 1]'$ , и что последняя строка матрицы  $A(\lambda) = A_0 + A_1\lambda + \dots + A_m\lambda^m$  – нулевая ( $\lambda \in \mathbf{C}$  – множество комплексных чисел).

Изучается задача построения регулятора по типу обратной связи, обеспечивающего замкнутой системе полное успокоение:  $x(t) \equiv 0$ ,  $u(t) \equiv 0$ ,  $t \geq t_1$ , где  $t_1 > 0$  – некоторый момент времени, независящий от начальной функции  $\eta$ . Для разрешимости поставленной задачи необходимо и достаточно, чтобы система (1) была спектрально управляемой. Замкнем систему регулятором ( $y \in \mathbf{R}^k$  – вектор вспомогательных переменных,  $m_1, k$  – некоторые натуральные числа)

$$u(t) = \sum_{i=0}^{m_1} (G_i x(t - ih) + D_i y(t - ih)), \dot{y}(t) = \sum_{i=0}^{m_1} (F_i x(t - ih) + H_i y(t - ih)), \quad (2)$$

где  $G_i, D_i, F_i, H_i$  ( $i = \overline{1, m_1}$ ) – постоянные матрицы подходящих размеров.

Пусть  $w(p, e^{-ph})$  – характеристический квазиполином замкнутой системы,  $a_i(p, e^{-ph})$  ( $i = \overline{1, k+1}$ ) – миноры  $k$ -го порядка, расположенные в последних  $k+1$  строках и  $k$  столбцах характеристической матрицы замкнутой системы (1), (2). Считаем систему (1) спектрально управляемой.

**Теорема.** Для того, чтобы регулятор (2) был регулятором полного успокоения с конечным самосопряженным спектром  $\{p_i \in \mathbf{C}, i = \overline{1, n+k}\}$ , достаточно выполнения условий:

1)  $w(p, e^{-ph}) = (p - p_1)(p - p_2) \dots (p - p_{n+k})$  – полином;

2)  $a_1(p, e^{-ph}) / w(p, e^{-ph}), \dots, a_{k+1}(p, e^{-ph}) / w(p, e^{-ph})$  – целые функции.

Предлагается алгоритм реализации условий теоремы 1.

УДК 519.876

## Математическое моделирование сложных нелинейных динамических систем

Микулик Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается нелинейная трехзвенная система с одним реактивным звеном ( $I_p$  – реактивная масса,  $c_p$  – реактивное соединение).

Форма названных нелинейностей может быть представлена в виде многочлена третьей степени:  $f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$ .

Параметры физической системы  $I_i, c_i$  определяются опытным или расчетным путем.

Упругие моменты чаще всего зависят от углов поворота крутильных масс, то есть являются функциями разности углов поворота крутильных элементов, то есть  $F(\varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_p, \dots, \varphi_p - \varphi_2)$ .

Нелинейности  $c_{12}$  и  $c_p$  соответственно полагаем

$$F(\varphi_1 - \varphi_2) = c_1(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon f(x_1 - \varphi_2), \Phi(\varphi_p) = c_p \varphi_p + \varepsilon f(\varphi_p).$$

Демпфирующая сила для звеньев (1, 2) и (2,3) имеет вид

$$\alpha_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2); \beta_1(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_p), \alpha_1, \beta_1 - \text{коэффициенты трения.}$$

Тогда дифференциальные уравнения вынужденных крутильных колебаний рассматриваемой динамической системы примут вид:

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{12}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = -\varepsilon f(\varphi_1 - \varphi_2) - \alpha_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{12}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_p) = \\ = \varepsilon f(\varphi_1 - \varphi_2) + \alpha_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - \beta_1(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_p) \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 - c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_p) = \beta_1(\varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_p) \\ I_p \ddot{\varphi}_p - c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_p) + c_p \varphi_p = \beta_1(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_p) - \varepsilon f(\varphi_p) \end{cases} \quad (1)$$

Уравнения собственных колебаний получаются из (1) при  $\alpha_1 = 0, \omega = 0, \varepsilon = 0, \beta_1 = 0$ .

После элементарных преобразований уравнение собственных частот принимает вид алгебраического уравнения третьей степени относительно квадратов собственных частот.

Для решения системы (1) можно использовать пакеты MathCAD, Mathematica, Matlab и другие, а также асимптотический метод.

## Применение полей корневых траекторий Теодорчика – Эванса для размещения корней динамической системы в заданной области

Несенчук А.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается метод обеспечения требуемого качества функционирования объекта управления в применении к системе управления второго порядка, когда в структуре системы используется пропорциональный регулятор (П-регулятор). Задача состоит из двух частей: определение гарантированной области  $G$  расположения корней системы и размещение корней в заданной области  $Q$ , т.е. нахождение области корней  $R$ , полностью принадлежащей  $Q$ .

Динамика интервальной системы управления описывается, семейством характеристических уравнений вида

$$s^2 + a_1 s + a_2 = 0, \quad (1)$$

где  $s$  – комплексное переменное,  $s = \sigma + i\omega$ . Коэффициенты (1) действительны и изменяются в пределах  $\underline{a}_j \leq a_j \leq \bar{a}_j$ ,  $j=1,2$ ,  $\underline{a}_j$  и  $\bar{a}_j$  – соответственно минимальное и максимальное значения замкнутого интервала изменения коэффициента  $a_j$ .

Для установления фактической (гарантированной) области расположения корней системы с интервальной неопределенностью находятся точки этой области, соответствующие крайним (минимальному  $\omega_{\min}$  и  $\sigma_{\min}$  и максимальному  $\omega_{\max}$  и  $\sigma_{\max}$ ) значениям координат  $\omega$  по вертикали и координат  $\sigma$  по горизонтали. С целью размещения корней в заданной области устанавливаются следующие основные типы корневого портрета системы:

1) в комплексной плоскости, формируемый при  $\underline{a}_2 > \bar{a}_1^2/4$ , 2) граничный в комплексной плоскости (при  $\underline{a}_2 \geq \bar{a}_1^2/4$ ), 3) действительный (при  $\bar{a}_2 < \underline{a}_1^2/4$ ), 4) граничный действительный, (при  $\bar{a}_2 \leq \underline{a}_1^2/4$ ), 5) смешанный (при  $\underline{a}_2 < \bar{a}_1^2/4$  и/или  $\bar{a}_2 > \underline{a}_1^2/4$ ).

Требуемое размещение корней выполняется на основе определенной ранее гарантированной области  $G$ . Если область  $G$  находится за пределами области  $Q$ , что можно установить графически или аналитически, то требуется настроить ее таким образом, чтобы она не выходила за границы  $Q$ . С этой целью устанавливаются координаты граничных (критических) точек  $t_\beta$ ,  $t_{\eta \min}$  и  $t_{\eta \max}$  области  $Q$ , определяющих область  $R$ , которая будет полностью располагаться в границах  $Q$ .

**Алгоритм решения комбинаторных задач  
на основе многокритериальной оптимизации**

Чебаков С.В., Серебряная Л.В.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

Предложен метод решения комбинаторных задач о ранце и задачи о покрытии отрезка на основе введенного двухкритериального транзитивного отношения предпочтения между элементами конечного множества начальных данных  $R$ . Данные задачи являются  $N$ - $P$  полными, решение которых при большом объеме начальных данных является достаточно сложной проблемой. Первый этап предлагаемого метода представляет собой алгоритм решения комбинаторных задач в их отрицательной формулировке, т.е. поиска элементов из множества  $R$  которые по своей структуре не могут быть представлены в оптимальном подмножестве  $Q$ , являющемся решением рассматриваемых задач. В работе предложены два алгоритма решения задач в данной постановке – первый основан на построении паретовских слоев во введенном критериальном пространстве и операциях с ними, второй – на нахождении множества Парето на заданном множестве начальных данных. Это связано с тем, что в задаче о ранце нахождению ее решения в отрицательной постановке отвечает отношение между элементами паретовских слоев, а в задаче о покрытии отрезка – отношение доминирования между отдельными элементами. Оценка этих алгоритмов имеет полиномиальную сложность. Пусть в результате решения комбинаторных задач в их отрицательной формулировке не удалось полностью сформировать оптимальное подмножество и существуют элементы из  $R$ , которые могут не включаться в  $Q$ .

Для реализации второго этапа разработан алгоритм построения допустимых подмножеств, основанный на свойстве упорядоченности по значениям критериев качества элементов паретовских множеств в двухкритериальном пространстве. Реализация алгоритма переборного типа, традиционного для данного типа задач происходит на втором этапе и на значительно скорректированном, в сторону уменьшения числа его элементов множестве начальных данных. Это позволяет предположить, что применение предложенного способа решения комбинаторных задач в определенной степени повысит эффективность их решения при большом объеме начальных данных.

**Сдвиг точек либрации при учете гравитационного поля среды**

А.П. Рябушко\*, И.Т. Неманова, Т.А. Жур, О.Л.Зубко\*

\*Белорусский национальный технический университет,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Хорошо известно частное треугольное лагранжево круговое решение уравнений движения в ограниченной задаче трех тел ньютоновской небесной механики в пустоте [1, 2]. Однако в настоящее время установлено, что околосолнечное пространство заполнено средой плотность  $\rho$  которой оценивается в среднем  $(10^{-21}-10^{-23}) \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$  и которая создает гравитационное поле, влияющее на процессы, происходящие в Солнечной системе.

В частности, представляет значительный теоретический и практический интерес степень этого влияния на движение тел. В случае задачи о движении *двух* тел влияние гравитационного поля среды было исследовано в работе [3]. Эти результаты существенно использованы нами при решении ограниченной задачи *трех* тел. В итоге найдены законы сохранения энергии, импульса и траектория движения третьего легкого тела, уравнение которой в полярной системе координат  $r, \varphi$  имеет структуру:

$$r = r_0 + r_1, \quad r_1 = -r_0^2 u_1, \quad u_1 = a + b \sin \varphi + c \cos \varphi,$$

где  $a, b, c$  определенные постоянные;  $r_0 = \text{const}$  – радиус окружности, по которой движется легкое тело без учета влияния гравитационного поля среды. Величина  $u_1$  меняет периодически знак, и легкое тело совершает синусоидальное движение около лагранжевой точки либрации, то приближаясь, то удаляясь от тяжелых тел.

Таким образом, треугольное Лагранжево решение при учете гравитационного поля среды *не существует*. Оно существует только в частном симметричном случае, когда массы тяжелых тел равны. Тогда  $u_1$ , т.е. эффект сдвига отсутствует.

Аналогичные выводы верны для любой пары тяжелых тел. Оценка эффекта: если массы тел порядка  $(10^{30}-10^{31})\text{кг}$ , взаимное расстояние порядка  $10^{17}$  м, скорости движения по круговой орбите  $10^4 \text{ м}\cdot\text{сек}^{-1}$  и  $\rho \sim 10^{-21} \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ , то сдвиг точек либрации достигает  $|r_1| \approx 10^{13}$  м.

Литература:

- [1] Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. – М., 1968.
- [2] Рябушко А.П. Движение тел в общей теории относительности. – Мн., 1979.
- [3] Рябушко А.П., Неманова И.Т. // Докл. АН БССР. – 1987. – т. 31, № 6. – С. 519-522.

**Движение точек фотоллибрации в ограниченной задаче трех тел**

А.П. Рябушко\*, Т.А. Жур, И.П. Боярина, О.Л.Зубко\*, В.И. Юринок\*

\*Белорусский национальный технический университет,

Белорусский государственный аграрный технический университет

Движение тел в Солнечной системе (и в любой звездной системе) происходит в фотогравитационном поле, так как на тела действуют не только силы гравитации, но также сила светового давления, которая может в определенных случаях даже превосходить силы гравитации. Поэтому следует пересмотреть решения задач ньютоновской небесной механики, не учитывающих светового давления.

Данное сообщение посвящено пересмотру лагранжевого решения для треугольных точек либрации  $L_4$  и  $L_5$  в ограниченной круговой задаче трех тел. Проведенное исследование показало, что при учете светового давления лагранжевых точек либрации  $L_4$  и  $L_5$ , строго говоря, *не существует*. Под воздействием светового давления помещенное в точку либрации пробное тело уходит из нее, имея координаты  $L_{4,5}^*$  ( $x_0 \pm x$ ;  $y_0 \pm y$ ), где  $x_0, y_0$  – координаты лагранжевой точки либрации, а  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ , поправочные к  $x_0, y_0$  функции, которые являются решением задачи Коши для системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} - 2\omega_0 \frac{dy}{dt} - \frac{\gamma}{4r_0^3}(3m_1 + 3m_2 + A_1)x \mp \frac{3\sqrt{3}\gamma}{4r_0^3}(m_1 - m_2 - A_1)y &= \frac{\gamma A_1}{2r_0^2}, \\ \frac{d^2y}{dt^2} + 2\omega_0 \frac{dx}{dt} \mp \frac{3\sqrt{3}\gamma}{4r_0^3}(m_1 - m_2 - A_1)x - \frac{9\gamma}{4r_0^3}\left(m_1 + m_2 - \frac{5}{9}A_1\right)y &= \pm \frac{\sqrt{3}\gamma A_1}{2r_0^2} \end{aligned} \quad (1)$$

с начальными условиями:  $x(0) = y(0) = 0$ ,  $\left.\frac{dx}{dt}\right|_{t=0} = \left.\frac{dy}{dt}\right|_{t=0} = 0$ . В системе (1)

$\omega_0 = \text{const}$  - угловая скорость вращения точек либрации  $L_4, L_5$  вокруг центра масс тел;  $\gamma$  - ньютоновская постоянная тяготения;  $m_1$  и  $m_2$  – массы тяжелых тел  $a_1$  и  $a_2$ , из которых  $a_1$  – звезда (Солнце),  $a_2$  – темное тело;  $A_1$  - редуцирующая масса тела  $a_1$ , которая равна нулю только при отсутствии светового давления, неотрицательна и, может быть меньшей, равной или большей, чем  $m_1$ ;  $r_0$  - взаимное расстояние, на котором находятся тела  $a_1, a_2$ .  $L_{4,5}$ , являлись в лагранжевом решении вершинами равностороннего треугольника; верхний знак относится к точке либрации  $L_4$ , а нижний – к  $L_5$ .

Решения  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$  задачи Коши для системы (1) найдены и в зависимости от величины  $A_1$  определяют финитную (при малых  $A_1$ ) или инфинитную орбиту (при превышающих некоторую величину  $A_1$ ), т.е. помещенное в точки  $L_4, L_5$  пробное тело уходит из них на конечное или бесконечное расстояние.



**Многомерная задача управления  
по нетерминальному критерию качества**

Матвеева Л.Д.

Белорусский национальный технический университет

В работе исследуется задача многомерного управления нестационарной динамической системой с подвижными краевыми условиями:

$$\begin{aligned} \square \\ x = A(t)x + B(t)u, \quad t \in T = [t_o, t_*]; \quad x(t_o) = Gz, \quad f_* \leq z \leq f^*; \\ |u_i(t)| \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, r, \quad t \in [t_o, t_*], \quad Hx(t_*) = g. \end{aligned} \quad (1)$$

Качество допустимого управления оценивается функционалом

$$J(u) = c'x(t_1), \quad t_1 \in ]t_o, t_*[. \quad (2)$$

Совокупность  $v = (u, z)$  назовем управлением. Задача (1) – (2) невырожденной, если существует такая окрестность  $V(g)$  точки  $g$ , что для всех  $\tilde{g} \in V(g)$  в задаче (1) – (2) с измененным ограничением  $Hx(t_*) = \tilde{g}$  найдется допустимое управление.

Цель работы – разработка прямого точного релаксационного метода построения оптимального и субоптимального управлений для невырожденной задачи (1) – (2). Для этого исходная задача сводится к задаче линейного программирования в функциональном пространстве

$$\begin{aligned} h'z + \int_{t_o}^{t_1} c'(t)u(t)dt \rightarrow \max, \\ Dz + \int_{t_o}^{t_*} p(t)u(t)dt = g, \quad |u_i(t)| \leq 1, \quad i = \overline{1, r}, \quad t \in [t_o, t_*], \quad f_* \leq z \leq f^*. \end{aligned} \quad (3)$$

Данная задача с помощью специального сужения класса функций  $\Delta u_i(t)$ ,  $t \in [t_o, t_*]$ , указывающих направляющие, сводится к конечномерной задаче линейного программирования. Такой подход при соответствующем выборе соответствующих параметров метода позволяет практически за одно решение опорной задачи получить управление, близкое к оптимальному.

УДК 517.4

## **О подготовке курса лекций по высшей математике для студентов I курса инженерных специальностей**

Матвеева Л.Д., Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Курс высшей математики является составной частью подготовки студентов инженерных и экономических специальностей вузов. Для качественного восприятия изучаемого материала студентами способствует работа не только с общепризнанными учебниками (зачастую, недоступными из-за нехватки или высоких цен в магазинах), но и использование различного рода вспомогательных изданий, отражающих уровень преподавания общего курса высшей математики в конкретном вузе.

Авторы предлагают конспект лекций по высшей математике для студентов первого курса инженерных и экономических специальностей в электронном виде, что делает доступным изучаемый материал.

Конспект написан на основе лекций и практических занятий, проводимых на энергетическом, автотракторном и машиностроительном факультетах БНТУ и соответствует программам по данному курсу математики.

В работу включены следующие разделы: линейная алгебра; аналитическая геометрия; основы математического анализа.

В разделе «Линейная алгебра» изложены основные понятия и определения, связанные с действиями над матрицами и определителями. Вводится понятие обратной матрицы, приводится алгоритм ее вычисления. Затем рассматриваются системы линейных алгебраических уравнений. Приводятся методы решения невырожденных систем. Для решения произвольных систем линейных алгебраических уравнений приводятся два метода решения: метод Гаусса и метод Жордана-Гаусса, поскольку последний метод, в частности, широко используется при изучении симплекс-метода в задачах линейного программирования. Далее вводятся понятия векторов, базиса линейного пространства, операций над векторами. Многие задачи в лекциях и упражнениях к ним носят прикладной характер.

Каждая лекция содержит определения основных понятий, формулировки теорем и следствий из них, приводятся доказательства наиболее важных теорем и выводы многих формул. Также приводятся примеры решения задач, иллюстрирующие теоретические положения.

Каждый параграф сопровождается подборкой задач для проведения практических занятий и для самостоятельного решения студентами. Для самоконтроля приводятся ответы к упражнениям.

## О приближенном решении некоторых дифференциальных вариационных задач

Мелешко И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Вариационные методы часто применяют для решения разных дифференциальных задач механики и математической физики. Представляется интересным вопрос о решении вариационных задач с помощью методов решения дифференциальных краевых задач.

Как известно, краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона эквивалентны задаче вариационного исчисления – о минимуме интеграла, для которого данное дифференциальное уравнение является уравнением Эйлера-Лагранжа.

Например, задача о минимуме интеграла

$$\iint_D \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + 2f(x, y)u \right] dx dy, \quad (1)$$

где область  $D$  ограничена контуром  $L$ , ставится так: найти функцию  $u = u(x, y)$ , непрерывную в области  $D$  вместе с частными производными первого и второго порядка при граничном условии

$$u|_L = g(s), \quad s \in L \quad (\text{условие Дирихле}) \quad (2)$$

и дающую интегралу (1) минимальное значение.

В данном случае вариационная задача (1), (2) приводится к задаче Дирихле для уравнения Пуассона:  $\Delta u = f(x, y)$ .

Если  $f(x, y) = 0$ , то интеграл (1) принимает вид

$$\iint_D \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \right] dx dy \quad (\text{интеграл Дирихле}).$$

Задача о минимуме этого интеграла эквивалентна задаче Дирихле для уравнения Лапласа:  $\Delta u = 0$ .

Известны также вариационные проблемы, приводящие к уравнениям Лапласа и Пуассона при граничных условиях Неймана, а также к смешанной краевой задаче.

С помощью специальных функций – полилогарифмов нами получены эффективные приближенные представления решений, упомянутых выше, краевых задач для уравнения Лапласа в случае, когда область  $D$  – единичный круг, которые могут служить одновременно приближенными решениями эквивалентных задач вариационного исчисления.

### Задача оптимального распределения однородных поисковых единиц по районам

Павлов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Необходимо распределить  $N$  однородных поисковых единиц по  $n$  районам, причем известны вероятности нахождения цели в каждом районе  $p_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Вероятность обнаружения цели одной поисковой единицей в  $j$ -ом районе равна  $q_j$ . Требуется найти такое распределение поисковых единиц по районам  $x_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ , при которых

$$z(x) = \sum_{j=1}^n p_j \left(1 - (1 - q_j)^{x_j}\right) \rightarrow \max, \quad \sum_{j=1}^n x_j = N, \quad x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Пусть  $q_1 = q_2 = \dots = q_n = q$ . Введем  $y_j = \frac{x_j}{N}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ,  $\bar{a} = -\ln(1 - q)$ ,  $a = N\bar{a}$ . Следовательно,  $x_j = Ny_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  и  $1 - q = e^{-\bar{a}}$ . Тогда наша задача примет вид

$$z = \sum_{j=1}^n p_j \left(1 - e^{-ay_j}\right) \rightarrow \max, \quad \sum_{j=1}^n y_j = 1, \quad y_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Используя методы решения задач выпуклого программирования, получаем:  $p_j a e^{-ay_j} = u$ , если  $y_j > 0$ ;  $p_j a \leq u$ , если  $y_j = 0$ .

Тогда при  $y_j > 0$   $\alpha_j + b - a y_j = c$ , при  $y_j = 0$   $\alpha_j + b \leq c$ , где  $\alpha_j \ln p_j$ ,  $b = \ln a$ ,  $c = \ln u$ .

После вычисления величин  $a$  и  $\alpha_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  строим ряд  $\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_n$  рассчитываем величины  $B_j = \frac{1}{j} \left( \sum_{k=1}^j \alpha_k - a \right)$  до тех пор, пока не выполнится

$$\text{условие } B_{j_1} \geq \alpha_{j_1+1}. \text{ Затем вычисляем } y_j = \begin{cases} \frac{1}{a} (\alpha_j - B_{j_1}), & j = \overline{1, j_1}, \\ 0, & j = \overline{j_1+1, n}. \end{cases}$$

И находим  $x_j = Ny_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

## Исследование корреляционно-регрессионной зависимости успеваемости студентов и факторов, её определяющих

Кузьмицкая Э.Е., Кураленко М.В.

Белорусский национальный технический университет

Методом множественного корреляционно-регрессионного анализа исследовано наличие связи между показателем  $Y$  (результаты последней экзаменационной сессии) и определяющими факторами:  $X_1$  (посещаемость занятий),  $X_2$  (результаты предыдущих сессий) и  $X_3$  (результаты централизованного тестирования). Статистическая обработка проводилась на основании выборочного наблюдения за успеваемостью по математике 100 студентов ФТУГ.

Рассчитаны парные  $\hat{r}_{01} = 0.48$ ,  $\hat{r}_{02} = 0.76$ ,  $\hat{r}_{03} = 0.68$ ; частные  $\hat{r}_{01(2,3)} = 0,33$ ,  $\hat{r}_{02(1,3)} = 0,44$ ,  $\hat{r}_{03(1,2)} = 0,36$ ,  $\hat{r}_{12(0,3)} = 0,19$ ,  $\hat{r}_{13(0,2)} = 0,24$ ,  $\hat{r}_{23(0,1)} = 0,43$ ; множественный  $\hat{R} = 0.83$  коэффициенты корреляции.

По критерию Стьюдента установлено наличие корреляционной связи между исследуемыми переменными с вероятностью ошибки меньше 0.01.

Исследование частных коэффициентов корреляции показало отсутствие мультиколлинеарности. Исходя из естественного характера связей смоделировано и с помощью МНК рассчитано линейное уравнение связи между  $Y$  и факторами  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ :

$$Y_x = -4,7936 + 0,2775x_1 + 0,4090x_2 + 0,3016x_3.$$

Для того, чтобы убедиться в надёжности уравнения связи и правомерности его использования для практической цели проверена статистическая значимость коэффициентов регрессии с помощью критерия Стьюдента, рассчитаны доверительные интервалы с вероятностью ошибки меньше 0.01, проверено общее качество уравнения регрессии с помощью коэффициента детерминации  $D = 0.69$ , проверена значимость уравнения регрессии по критерию Фишера ( $F_{табл} = 4.0 < F_{расч} = 63.13$ ).

По всем статистическим показателям модель является удовлетворительной и может быть использована для целей анализа и прогнозирования результатов учебной деятельности. Интерпретация полученного уравнения: успеваемость повышается на 2.8% при увеличении посещаемости на 10%, на 4.1% – при повышении результатов предыдущих сессии на 1 балл, на 3.0% – при повышении результатов ЦТ на 10 баллов. Вариация успеваемости на 69% зависит от изменения исследуемых факторов.

## Изоморфность алгебры непрерывных и периодических функций с периодом 1 алгебре непрерывных функций на окружности

Нифонтова Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Свойства функционального оператора зависят от набора чисел  $h_k$  и от свойств коэффициентов  $a_k$  и достаточно сложные для исследования. Обычно рассматривают коэффициенты из определенного класса функций и фиксируют допустимые наборы чисел  $h_k$ .

При заданном классе коэффициентов и заданном наборе чисел  $h_k$  основной задачей является исследование банаховой алгебры, порожденной функциональными операторами, т.е. наименьшей  $C^*$  – подалгебры в алгебре  $LB(X)$  линейных ограниченных операторов в  $X = L_2(\square)$ , содержащей рассматриваемые функциональные операторы.

Пусть  $A$ -алгебра непрерывных и периодических функций с периодом 1 на вещественной прямой  $a(x+1) = a(x)$ . Таким образом для любого  $\tau \in \square : f_\tau(a) = a(\tau)$  является линейным и мультипликативным функционалом. Таким образом,  $f_\tau = f_{\tau+k}$  для некоторого  $k \in \square$ . Имеет место, таким образом, соотношение  $\tau \square \tau + k$ , которое является соотношением эквивалентности в факторпространстве  $\square / \square$ , и  $M(A) = \mathcal{S}^1$ , так по теореме Гельфанда-Наймарка  $A \cong C(\mathcal{S}^1)$ .

Теперь построим в явном виде изоморфизм алгебры  $A$  в алгебру непрерывных функций на окружности. Пусть  $\mathcal{S}^1 = \{z : |z| = 1\}$ . Рассмотрим отображение, заданное формулой:  $\square \ni t \xrightarrow{\varphi} z = e^{i2\pi t} \in \mathcal{S}^1$ , где  $\varphi^{-1}(1) = t \in \square$ , так как для  $t \in \square : e^{i2\pi t} = 1$ . Следовательно,

$$C(\mathcal{S}^1) \ni \hat{a}(z) \longrightarrow a(t) = \hat{a}(e^{i2\pi t}) \in A. \tag{1}$$

При этом заметим, что

$$\|\hat{a}(z)\|_{C(\mathcal{S}^1)} = \max |\hat{a}(z)| = \max |\hat{a}(e^{i2\pi t})| \text{ и } \|a\|_A = \max |a(t)| = \max |\hat{a}(e^{i2\pi t})|,$$

что и доказывает унитарность отображения (1).

## Математическая оценка рациональности планирования объектов недвижимости

Романюк Г.А., Романюк Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет, лицей БНТУ

Рассматривается вопрос построения математической модели в задаче оценки рационально-конструктивных (на этапе возведения объекта) и потребительских (на этапе эксплуатации) характеристик планировочного решения применительно к приусадебному участку загородного жилого дома.

Предлагается алгоритм построения следующих характеристик:

$K_1$  – интегральный коэффициент рациональности этапа сооружения объекта;

$K_2$  – интегральный коэффициент использования объекта;

$K_3$  – интегральный коэффициент рациональности содержания объекта.

Величины  $K_i, i = \overline{1,3}$ , строятся в виде:  $K_i = c_i(a_i P_i - b_i N_i)$ , где  $a_i, b_i$  – коэффициенты (определяются экспериментально);  $c_i$  – величина, обратно пропорциональная издержкам по группе существенно влияющих факто-

ров;  $P_i = \int_{t_1}^{t_2} Q_i(t) dt$ , где  $[t_1; t_2]$  – время активного ведения данного процес-

са;  $Q_i(t) = \frac{U_i(t)}{V_i}$ , где  $U_i(t)$  – суммарная площадь объекта, используемая в

момент  $t$ ;  $V_i$  – общая площадь данного объекта; величина  $N_i$  строится аналогично величине  $P_i$  с учетом негативно влияющих факторов («узкие места» плана, плохая ремонтпригодность элементов объекта и т.д.).

Строится «суммарная» интегральная характеристика рациональности планировочного решения:  $K = K_1 + K_2 + K_3$ .

Имеется пример использования построенной характеристики применительно к нескольким приусадебным участкам. Различные концепции оформления этих участков привели в одних случаях к высоким показателям характеристики  $K$ , в других случаях (при нерациональном решении планирования) – к гораздо более низким. Это позволяет численно оценивать рациональность и делать разумный выбор заказчику.

## К вопросу построения оценочных величин рациональности планировочного решения

Романюк Г.А., Романюк Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет,  
Лицей Белорусского национального технического университета

На примере проекта нового здания лицея, имеющего ряд творческих (архитектурно-художественных дисциплин), рассматривается задача построения оценочных величин рациональности планирования.

Построение планировочного решения в данном случае должно учитывать следующие факторы:

- 1) использование стандартных строительных материалов (фактор  $F_1$ );
- 2) простота и технологичность возведения строительного объекта (фактор  $F_1$ );
- 3) достаточность помещений нужного размера для классов, лабораторий, кабинетов, спортивного и актового зала и т.д. (фактор  $F_3$ );
- 4) удобство передвижения в пределах лицея, разумная ширина и площадь коридоров, лестниц, лестничных площадок и холлов (фактор  $F_4$ );
- 5) компактность здания при его топографической привязке (фактор  $F_5$ );
- 6) возможность качественного отдыха школьников во время перерывов, «форточек» и другого свободного времени; эстетическая нагруженность этого времени – например, расположение фотографий, скульптур и других работ (авторами которых могут быть в том числе и лицеисты, и преподаватели) на стенах помещений (фактор  $F_6$ );
- 7) удобство всех помещений (освещенность, равномерное отопление и т.д.) (фактор  $F_7$ );
- 8) соответствие нормам техники безопасности (в том числе – пожаробезопасности) (фактор  $F_8$ );
- 9) новизна, привлекательность архитектурно-художественного решения проекта (фактор  $F_9$ );
- 10) актуальность, затребованность данного проекта (фактор  $F_{10}$ ) и соответствие его местоположению;
- 11) другие факторы ( $F_{11}, F_{12}, \dots$ ).

В работе предлагается алгоритм построения следующих величин:

$V_i, i \in N$  – оценочная величина по фактору  $i$ ;  $V_i \in [-10;10]$ ;  $c_i, i \in N$  – весовой коэффициент  $i$ -го фактора;  $c_i \in [0;1]$ .

Результирующая величина – «характеристика рациональности планировочного решения» – строится в виде:

$$V_o = \sum_{\forall i} c_i \cdot V_i .$$

УДК 517.4



## Равномерная устойчивость скалярного уравнения с запаздыванием

Шавель Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим скалярное дифференциальное уравнение с запаздыванием

$$\dot{x}(t) = f(t, x_t), f(t, 0) \equiv 0,$$

где  $x_t(\theta) = x(t + \theta)$ ,  $\theta \in [-r; 0]$ ,  $r \in \mathbb{R}_+$ . Предположим, что правая часть уравнения допускает оценку

$$-a(t)\mu(\varphi) \leq f(t, \varphi) \leq a(t)\mu(-\varphi),$$

где  $a: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$ ,  $\mu(\varphi) = \max\left\{0, \max_{-r \leq \theta \leq 0} \varphi(\theta)\right\}$ ,  $\varphi \in C([-r; 0])$ ,  $t \in \mathbb{R}_+$ .

Пусть для некоторых  $\alpha \leq \frac{3}{2}$  и непрерывной функции  $p: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}$  имеют место условия

$$\int_t^{t+r} a(s) ds \leq \alpha + p(t), \forall t \in \mathbb{R}_+, \quad \int_{t-\Delta}^t a(s) p(s) ds \leq 0, \forall t \geq r,$$

где  $\Delta = \Delta(t) = \min\left\{r, \sup\left\{0 \leq \tau \leq t: \int_{t-\tau}^t a(s) ds \leq 1\right\}\right\}$ .

Тогда дифференциальное уравнение равномерно устойчиво.

*Замечание.* Точной среди констант оценкой сверху величины  $\int_t^{t+r} a(s) ds$ , обеспечивающей равномерную устойчивость дифференциального уравнения  $\dot{x}(t) = f(t, x_t)$ , является число  $\frac{3}{2}$ . Введение в оценку  $\int_t^{t+r} a(s) ds$  функции  $p: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}$  позволяет обеспечить равномерную устойчивость в ряде случаев, когда оценка  $\int_t^{t+r} a(s) ds \leq \frac{3}{2}$  не имеет места для любых  $t \in \mathbb{R}_+$ .

**Итерационные методы локально-одномерных неявных разностных схем для многомерных квазилинейных параболических задач**

Федосик Е.А.

Белорусский национальный технический университет

В области  $(x, t) \in \Omega_T^{(p)} = [0 < x_\alpha < 1, \alpha = \overline{1, p}] \times [0 < t \leq T]$  требуется найти функцию  $u(x, t)$ , удовлетворяющую многомерному квазилинейному параболическому уравнению  $\frac{\partial u}{\partial t} = \sum_{\alpha=1}^p \frac{\partial}{\partial x_\alpha} a_\alpha \left( x, t, u, \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} \right) + a_0 \left( x, t, u, \frac{\partial u}{\partial x} \right)$ , а также начальному и граничному условиям  $u(x, 0) = \varphi(x)$ ,  $u|_{\gamma(p)} = \psi(x, t)|_{\gamma(p)}$ ,  $\gamma^{(p)} = S^{(p)} \times [0, T]$ ,  $S^{(p)}$  – граница области  $\overline{\Omega}^{(p)}$ .

Для реализации соответствующей неявной разностной схемы используем итерационный процесс квазилинеаризации по старшей производной:

$$\begin{aligned}
 y_{\bar{x}_\alpha}^{s+1} = 0,5 & \left\{ \left( \frac{\partial a_\alpha(x, \hat{t}, y(\alpha), y(\alpha)_{\bar{x}_\alpha})}{\partial y(\alpha)_{\bar{x}_\alpha}} \left( y(\alpha)_{\bar{x}_\alpha}^{s+1} - y(\alpha)_{\bar{x}_\alpha}^s \right) \right)_{x_\alpha} \right\} + \\
 & + \left\{ \frac{\partial a_\alpha(x, \hat{t}, y(\alpha), y(\alpha)_{\bar{x}_\alpha})}{\partial y(\alpha)_{\bar{x}_\alpha}} \left( y(\alpha)_{x_\alpha}^{s+1} - y(\alpha)_{x_\alpha}^s \right) \right\}_{\bar{x}_\alpha} + \\
 & + 0,5 \left[ \left( a_\alpha(x, \hat{t}, y(\alpha), y(\alpha)_{\bar{x}_\alpha}) \right)_{x_\alpha} + \left( a_\alpha(x, \hat{t}, y(\alpha), y(\alpha)_{x_\alpha}) \right)_{\bar{x}_\alpha} \right] + \\
 & + 0,5 \left[ a_0 \left( x, \hat{t}, y, y_{1\bar{x}}, \dots, y_{(p)\bar{x}_p} \right) + a_0 \left( x, \hat{t}, y, y_{1x}, \dots, y_{(p)x_p} \right) \right]; \\
 y(x, 0) = \varphi(x), y(\alpha) = \psi(x, t_{j+1}), x \in \gamma_h^{(p)}, \alpha = \overline{1, p}.
 \end{aligned}$$

Показано, что в случае параболического уравнения (в отличие от гиперболического) для произвольной размерности исходной задачи итерационный процесс вносит дополнительные ограничения на соотношение между пространственными и временным шагами сетки, которые, однако, не являются жесткими.

**Методы математического  
моделирования в научных  
и прикладных  
исследованиях**

## Использование числа вращения для исследования устойчивости линейных систем второго порядка

Веремеиук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается линейная система 2-го порядка

$$\dot{x} = A(t)x, \quad t \in [0; +\infty), \quad x \in \mathbf{R}^2, \quad (1)$$

с  $\omega$ -периодической непрерывной матрицей коэффициентов  $A(t)$ , удовле-

творяющей условию на след этой матрицы  $\int_0^{\omega} SpA(t)dt \leq 0$ . Обозначим

$u_x(t) = arg(x(t))$ , где  $x(t) \neq 0$  – решение (1). Нетрудно проверить, что эта функция удовлетворяет уравнению

$$\dot{u}_x = a_{21} \cos^2 u_x - a_{12} \sin^2 u_x + (a_{22} - a_{11}) \sin u_x \cos u_x, \quad (2)$$

где  $a_{i,j}(t)$  – элементы матрицы  $A(t)$ . Значение предела  $R_x = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{u_x(t)}{t}$  называется числом вращения решения  $x(t)$ . Известно (см., например [1]), что для любого решения  $x(t) \neq 0$  системы (1) число вращения  $R_x$  существует и не зависит от выбора решения. Значение  $R_A \equiv R_x$  называется числом вращения системы (1). Из [3] следует, что  $\left| R_A - \frac{u_x(n\omega)}{n\omega} \right| \leq \frac{\pi}{n\omega}$ , Это позволяет оценивать число вращения численными методами, используя уравнение (2).

**Теорема.** Если система (1) неустойчива, то число  $\frac{\omega}{\pi} R_A$  – целое.

Для доказательства достаточно увидеть, что в силу теории Флоке (см., например [2]) получаем, что уравнение (1) неустойчиво только, если оно имеет действительный мультипликатор  $|\rho| > 1$ .

Надо отметить, из теории Флоке следует, что нарушение условия на след матрицы  $A(t)$  системы (1) влечет неустойчивость этой системы.

### Литература:

1. Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука. – 1978.
2. Демидович Б.П., Лекции по математической теории устойчивости. – М.: Наука. – 1967.
3. Веремеиук В.В. // Дифференц. уравнения. – 1995. – Т. 31, №1. –

**Расчет температуры многослойной дорожной одежды**

Занкович М.В., Кожевец С.Д.

Белорусский национальный технический университет

Для расчета температуры дорожного покрытия воспользуемся уравнением нестационарной теплопроводности [1], которое позволяет учитывать изменения параметров внешней среды и теплоинерционные свойства дорожной конструкции. Итак, ищем функцию  $T(t, x)$  – значение температуры в момент времени  $t$  на глубине  $x$ . Предполагается, что дорожная одежда состоит из  $n$  слоев  $0 = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n$ ; каждый слой имеет характеристики:  $\lambda_k$  – коэффициент теплопроводности,  $a_k^2 = \frac{\lambda_k}{c_k \rho_k}$  – коэффициент температуропроводности,  $c_k$  – удельная теплоемкость,  $\rho_k$  – плотность. Рассмотрим функции  $T_k(t, x) = T(t, x)$ ,  $x \in [x_{k-1}; x_k]$ ,  $k = 1, \dots, n$ , – значения температуры в точках  $k$ -го слоя. Эти функции ищем как решения системы уравнений

$$a_k^2 \frac{\partial^2 T_k}{\partial x^2} = \frac{\partial T_k}{\partial t}, \quad k = 1, \dots, n, \quad (1)$$

с граничными и начальным условием

$$\lambda_k \frac{\partial T_k}{\partial x} \Big|_{x=x_k} = \lambda_{k+1} \frac{\partial T_{k+1}}{\partial x} \Big|_{x=x_k}, \quad T_k(t, x_k) = T_{k+1}(t, x_k), \quad k = 1, \dots, n-1, \quad (2)$$

$$T(0, x) = T_0(x), \quad T_n(t, x_n) = T_0(x_n). \quad (3)$$

Для учета внешних условий ставится условие

$$\alpha \cdot (T_{\Pi} - T_B) + w_{\Pi} = -\lambda_1 \cdot \frac{\partial T_{\Pi}}{\partial x}, \quad (4)$$

где  $T_{\Pi} = T_1(t, 0)$  – температура на поверхности покрытия,  $w_{\Pi}$  – плотность теплового воздействия на покрытие, зависящая от интенсивности солнечной радиации, интенсивности движения транспорта на данном участке дороги,  $\alpha$  – коэффициент температуропроводности.

Решение задачи (1)-(4) реализовано в виде компьютерной программы и использует неявную схему Эйлера и метод прогонки [2].

Научный руководитель работы – В.В. Веременок.

Литература:

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики:

4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1972. – 375 с.

2. Самарский А.А., Теория разностных схем. – М.: Наука, 1989. – 616 с.

УДК 517.948.32:517.544

### **Проблема обращения Якоби и ее обобщения**

Крушевский Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрена классическая проблема обращения Якоби

$$\sum_{v=1}^h \zeta(q_v) \equiv q_{\mu} - k_{\mu} \pmod{\text{периодов}},$$

где все обозначения были взяты из [1], [2]. Это классическая задача уже решена различными способами. Наиболее интересным из них на наш взгляд является метод построения  $\theta$ -функции Римана и отыскания ее нулей. Проблема обращения Якоби имеет много приложений, также же как и ее так называемый действительный аналог, где учитывается только действительная часть системы сравнений по модулю периодов. Следует отметить ее очень важное значение в так называемом «особом случае» задач Римана-Гильберта и Гильберта для многосвязной области и римановой поверхности с краем. Следует отметить, что до сих пор все известные обобщения были связаны с изменениями количества членов в сумме в левой части сравнения.

В последнее время стали появляться и некоторые другие обобщения проблемы обращения Якоби (см., например, [3]), где система сравнений происходит не по модулю целых периодов, а по некоторой их части (например, по полупериодам). В некоторых случаях она может быть решена стандартными средствами путем построения  $\theta$ -функции Римана специального вида и отыскания ее нулей. Это означает, что классическая проблема обращения Якоби теперь может быть обобщена также упомянутым выше способом.

#### Литература:

1. Чеботарев Н.Г. Теория алгебраических функций. – М.: Гостехиздат, 1948. – 400 с.

2. Зверович Э.И. Проблема обращения Якоби, ее аналоги и обобщения // Актуальные проблемы современного анализа. – Гродно, 2009. – С. 69-83.

3. Зверович Э.И. Задача о модуле аналитической функции для многосвязной области // Тезисы докладов XI Белорусской математической конференции, Ч. 1. – Минск, 2012.

## Обобщение рядов Фурье

Акимов В. А., Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим разложение гладкой функции в неортогональный ряд вида:

$$\operatorname{sh} ax = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin \frac{m}{n} x$$

Применяя операторный метод [1], получаем: (1)

Для сравнения выписываем известное разложение этой же функции в ортогональный ряд Фурье:

$$\operatorname{sh} ax = \frac{2 \operatorname{sh}(la)}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \delta_n}{a^2 + \delta_n^2} \sin \delta_n x,$$

где  $\delta_n = \frac{\pi n}{l}$ . Полагая в (2)  $\delta_n = \pi m$  получим ряд (1).

Аналогичные соотношения получаются и для некоторых других разложений. Это обстоятельство дает основание выдвинуть гипотезу о прямой замене целочисленного параметра  $n$  функцией от  $n$ .

Рассмотрим, в частности, два разложения вида:

$$\operatorname{sh} ax = \frac{2 \operatorname{sh}(la)}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \alpha_n}{a^2 + \alpha_n^2} \sin \alpha_n x, \quad \text{где } \alpha_n = \frac{\pi \sqrt{n}}{l}. \quad (3),$$

$$\operatorname{sh} ax = \frac{2 \operatorname{sh}(la)}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} \beta_n}{a^2 + \beta_n^2} \sin \beta_n x, \quad \text{где } \beta_n = \frac{\pi}{nl}. \quad (4)$$

Отметим, что такое предположение, встречающееся в теории рядов впервые, возникло благодаря общности операторного метода. Такие не ортогональные ряды, порожденные ортогональными, назовем псевдо ортогональными рядами. Вопрос об их сходимости остается открытым. Можно подобрать примеры где даже 4 члена псевдо ортогонального ряда обеспечивают лучшую сходимость чем 40 членов порождающего его ортогонального ряда. Все вышесказанное дает основание говорить об обобщении рядов Фурье, который в данном случае можно записать в виде

$$\operatorname{sh} ax = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin f(n)x$$

Литература:

1. Акимов В.А. Операторный метод решения задач теории упругости. – Мн.:УП «Технопринт». – 2003. – 101 с.

УДК 620.22:51-07

**О проводимости волокнистых материалов с идеальными наполнителями и включениями.**

Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Задача о проводимости волокнистых материалов с наполнителями и включениями в статье [1] сведена к задаче Гильберта для некоторой специальной многосвязной области

$$\operatorname{Im} \left[ e^{-i\alpha_k} \frac{t - a_k}{r_k} \psi(t) \right] = \lambda_k(t), |t - a_k| = r_k, k = \overline{1, n},$$

которая полностью решена в общем случае в [2], [3]. В частности, задача имеет единственное решение в классе однозначных функций, определяемое с точностью до 1 постоянного слагаемого. В классе же многозначных функций эта задача имеет  $(n+1)$   $\square$ -линейно независимых решений.

В настоящей работе был использован известный способ для исследования проводимости волокнистых материалов с двумя наполнителями и/или включениями, которые являются идеальными кругами. Задание точной структуры материала, несмотря на его кажущуюся простоту, позволила конкретизировать общие формулы решения задачи Гильберта.

Также некоторые интересные практические результаты были получены при вычислениях на компьютере.

Литература:

1. Mityushev, V., Pesetskaya, E., Rogosin, S.: Analytical Methods for Heat Conduction, in Composites and Porous Media in Cellular and Porous Materials Ochsner A., Murch G, de Lemos M. (eds.) Wiley-VCH, Weinheim (2008).

2. Mityushev, V.V.: Solution of the Hilbert boundary value problem for a multiply connected domain. Slupskie Prace Mat.-Przyr., 37-69 (1994).

3. Mityushev V.: Riemann-Hilbert problems for multiply connected domains and circular slit maps, Comput. Methods Funct. Theory, n. 2, 575–590 (2011).



**Численное решение одной вязкоупругой задачи**

Крушевский Е.А., Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работах [1], [2] 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 ( $\vec{U} = \nabla\Phi + \vec{U}'$ ) 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 получены следующие системы уравнений:

$$\begin{cases} ((\lambda_1 + 2\mu_1)(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_1^2) - c^2\rho\alpha^2)\Phi_1 - (\lambda_2 + 2\mu_2)\alpha^2 + (\lambda_1 + 2\mu_1)(\beta^2 - \gamma_3^2)\Phi_2 = 0 \\ ((\lambda_2 + 2\mu_2)\alpha^2 + (\lambda_1 + 2\mu_1)(\beta^2 - \gamma_1^2))\Phi_1 + ((\lambda_1 + 2\mu_1)(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_3^2) - c^2\rho\alpha^2)\Phi_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (\mu_1(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_2^2) - \rho c^2\alpha^2)\bar{U}'_1 - (\mu_2\alpha^2 + \mu_1(\beta^2 - \gamma_4^2))\bar{U}'_2 = 0 \\ (\mu_2\alpha^2 + \mu_1(\beta^2 - \gamma_2^2))\bar{U}'_1 + (\mu_1(\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_4^2) - \rho c^2\alpha^2)\bar{U}'_2 = 0 \end{cases}$$

где коэффициенты  $\gamma_i$  выражаются через  $\alpha$  и  $\beta$  ([1]). В зависимости от вязкоупругих свойств данная система может оказаться как вырожденной, так и невырожденной. 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 с использованием интегрального синуса и интеграла от функции Макдональда. Проведены вычисления квадратур, входящих в полученные формулы. Применены методы ускорения сходимости рядов и несобственных интегралов 1-го рода.

Литература:

1. Крушевский Е.А. Кузнецова А.А. Задача о воздействии сосредоточенной нагрузки // Тезисы докладов международной конференции AMADE-2006. – Минск, 2006.
2. Крушевский Е.А. Кузнецова А.А. Решение одной вязкоупругой задачи в терминах специальных функций // – Наука – образованию, производству, экономике: Материалы Десятой международной научно-технической конференции. – Минск, 2012. – Т. 3. – С. 340–341.
3. Филиппов А.П. Колебания деформируемых систем – М.: Машиностроение, 1970. – 734 с.

## Численный статистический эксперимент по установлению частотности применения отрицательных чисел в вычислениях

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Первым абстрактным объектом, вводимым в математику, являются отрицательные числа. Если математическая модель некой физической реальности выдает отрицательные значения, то она – ошибочна, но вычисления без использования отрицательных чисел присущи только бухгалтерскому учету. С целью установления частоты неизбежного появления отрицательных чисел, в промежуточных расчетах заведомо положительно определенных моделей, был разработан и осуществлен специальный численный эксперимент: статистический анализ частоты выполнения «положительных» бинарных операций при решении системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Будем называть операцию «положительной», если ее аргументы и результат положительны.

Поскольку решение СЛАУ, из  $n$  - уравнений, требует выполнения  $0.5n^3$  раз всего двух операций: умножения и вычитания, то для количественной оценки использовалось число  $v$  – равное отношению «положительных операций», но именно из этих двух операций, к их общему количеству  $0.5n^3$ . Показано, что если результаты промежуточных вычислений принимают с равной вероятностью положительные и отрицательные значения, то  $v = 3/16 \approx 0.187$ .

Подготовка апробируемых СЛАУ: уравнения тривиальной системы  $Ex=b$  подвергались элементарным преобразованиям; выбираемые случайным образом строки умножались на случайные числа и складывались (для получения «положительных» матриц) и или вычитались (для получения матриц «общего» вида), из других случайно выбираемых строк; использовались равномерный и нормальный законы распределения.

Для набора статистических данных проводилось по 1000 экспериментов для каждого размера и типа матрицы.

$n$	2	10	20	40	80	160	320	640
$v_+$	0,75	0,424	0,323	0,292	0,268	0,243	0,216	0,209
$v_o$	0,50	0,259	0,243	0,215	0,209	0,208	0,208	0,208
$\sigma$	0,50	0,073	0,034	0,019	0,010	0,006	0,004	0,003

$N$  – размер матриц,  $v_+$  и  $v_o$  характеристики  $v$  для «положительных» и «общих» матриц,

$\sigma$  - среднеквадратичное отклонение характеристик  $v$ .

Результаты:

- эффективные алгоритмы Гаусса задействуют одинаковое количество положительных и отрицательных чисел,
- постоянное, но несущественное, преобладание положительных чисел в этих алгоритмах объясняется математической природой выбранного для апробации алгоритма, целью которого является получение единичной матрицы, т.е. полностью «положительного» объекта.

УДК 517.958:539.3

### **Обоснование метода Каньяра - де Хупа для одной задачи теории упругости**

Подкопаева Н.А., Подкопаев П.А.

Белорусский национальный технический университет,  
Военная академия Республики Беларусь

В работе проводится исследование напряженно-деформированного состояния однородной изотропной упругой плоскости, содержащей два параллельных полубесконечных разреза  $y = 0, x < 0$  и  $y = a, x < 0$  ( $a > 0$ ), на берегах которых заданы касательные и нормальные напряжения. Поля перемещений и напряжений в рассматриваемой среде моделируются системой дифференциальных уравнений Ламе с заданными начальными и граничными условиями.

Решение указанной задачи в явном виде представлено суммой разрешающих операторов пары задач для плоскости с одним разрезом  $y = 0, x < 0$  а также  $y = a, x < 0$  ( $a > 0$ ), действующей на две функции, для нахождения которых получена система интегральных уравнений второго рода.

Решение задач с одним разрезом осуществляется с помощью преобразования Лапласа (по времени) и двустороннего преобразования Фурье (по переменной  $x$ ). Оно представляет собой матричный интегральный оператор размерности  $2 \times 2$ , компоненты которого и являются образами по Лапласу и Фурье от заданных функций, определяемых начальными и граничными условиями.

Нахождение оригиналов решений (одновременное обращение указанных преобразований) осуществляется с помощью метода Каньяра в модификации де-Хупа. Суть этого метода состоит в том, что интегралы обращения по Фурье по переменной  $q$  с помощью соответствующей деформации контуров интегрирования преобразуются в интегралы, имеющие вид прямого преобразования Лапласа по переменной  $\tau$ , что позволяет сразу получить прообраз решения который должен иметь вид подынтегральной функции. В работе приводится строгое математическое обоснование применимости указанного метода обращения для данной задачи.

## Численный алгоритм идентификации параметров нелинейных моделей

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Типичное решение задач идентификации параметров математической модели (в общем случае – определение параметров  $(a,b,\dots)$  функции многих переменных  $H=H(t, x, \dots, a,b,\dots)$  по заданной избыточной информации  $\{H(t_i, x_j, \dots)=H_{ij}^*\}_{i,j=1,\dots,n}$ ) базируется на эвристическом требовании минимизации дисперсии аддитивной ошибки  $\delta=H^*-H(a,b)$ . неизбежно присутствующей в исходных данных  $\{H_{ij}^*\}$ , т.е. на МНК 
$$\min_{a,b} \sum_{i,j} \delta_{ij}^2 \quad (1).$$

Нелинейная, по параметрам  $a,b$ , зависимость  $H_{ij}(a,b)$  обычно линейризуется по Ньютону  $H_{ij}(a,b) \approx H_{ij}(a^*,b^*) + A_{ij}(a^*,b^*)(a-a^*) + B_{ij}(a^*,b^*)(b-b^*)$ , (2) где  $A(t,x)=H_a(t,x)$ ,  $B(t,x)=H_b(t,x)$  частные производные  $H(t, x, \dots, a,b,\dots)$  по параметрам, а  $a^*, b^*$  значения искоемых параметров  $a,b$ , полученные на предшествующей итерации. Известные сложности в решении (1) возникают в случаях, когда исходная математическая модель  $H(t, x, \dots, a,b,\dots)$  задана не комбинацией элементарных функций, а громоздкими и медленно сходящимися рядами по специальным функциям.

Характерной особенностью моделей  $H(t, x, \dots, a,b,\dots)$  имеющих прикладной (физический) смысл является то, что они описываются системами линейных уравнений математической физики, которые, опять же, линейно включают искомые параметры  $(a,b,\dots)$ , т.е. весьма эффективно реализуются численно конечно-разностными методами. В качестве примера рассмотрим модель  $H_t = aH_{xx}$ ,  $H(0,x)=\varphi(x)$ ,  $H(t,0)+bH_x(t,0)=1$ ,  $H_x(t,1)=0$  (4)

Дифференцируя уравнения (1) по  $a,b$  получаем еще две линейные задачи математической физики для нахождения требуемых  $H_a(t,x)$  и  $B(t,x)$

$$A_t = aA_{xx} + H_{xx}, \quad A(0,x)=0, \quad A(t,0)+bA_x(t,0)=0, \quad A_x(t,1)=0 \quad (5)$$

$$B_t = aB_{xx}, \quad B(0,x)=0, \quad B(t,0)+bB(t,0)=-H_x(t,0), \quad B_x(t,1)=0 \quad (6),$$

которые решаются автономно после разрешения задачи (1). Используемые в эти задачах производные  $H_{xx}$ ,  $H_x(t,0)$  аппроксимировались тем же разностным шаблоном, которые применялись при численной реализации задачи (1).

Результат: идентификация на основе системы трех задач (4)-(6) позволяет получить удовлетворительный результат уже на сетках из 20-30 узлов. Если же оценивать производные  $H_a(t,x)$  и  $H_b(t,x)$  через конечные разности, решая только (4) при «небольших» вариациях параметров  $(a,b)$ , то такая же точность достигается при увеличении размеров сеток более чем на два порядка.

**Разложение функций в ряды Дирихле операторным методом**

Акимов В.А., Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Ряды Дирихле являются обобщением классических рядов, что хорошо видно из формулы  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\ln n^2}$ .

Ниже проиллюстрируем возможности операторного метода на конкретном примере разложения гладкой функции в ряд Дирихле с вещественными показателями  $e^{ax} = A_1 e^x + A_2 e^{2x} + A_3 e^{3x}$ . Используя изложенную в [1] теорию, получим разложение

$$e^{ax} = \frac{(a-2)(a-3)}{2} e^x - (a-1)(a-3) e^{2x} + \frac{(a-1)(a-2)}{2} e^{3x}.$$

Для удобства проведения анализа сходимости этого разложения введем неявную функцию  $\Phi(a, x) = 0$ ,

$$\text{где } \Phi(a, x) = e^{ax} - \frac{(a-2)(a-3)}{2} e^x + (a-1)(a-3) e^{2x} - \frac{(a-1)(a-2)}{2} e^{3x}.$$

Легко проверить свойства этой функции  $\Phi(a, 0) \equiv 0$ , а также  $\Phi(1, x) = \Phi(2, x) = \Phi(3, x) \equiv 0$ .

Проведем её осреднение на интервале

$$(0, 1): \bar{\Phi}(a) = \int_0^1 \Phi(a, x) dx = \frac{e^a - 1}{a} - (e-1)(a-2)(a-3) + \\ + \frac{(e^2 - 1)}{4} (a-1)(a-3) + \frac{(e^3 - 1)}{6} (a-1)(a-2)$$

Теперь её можно исследовать на экстремум как функцию одной переменной.

В более общем случае, задаваясь произвольной областью, например,  $0 \leq x \leq 1$ ,  $-4 \leq a \leq 4$  и привлекая современные вычислительные средства типа Math.Cad, Math.Lab и другие, можно оценить невязку  $\Phi(a, x) = 0$  графически.

Литература:

1. Акимов В.А. Операторный метод решения задач теории упругости. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 101 с.

**Исследование обобщенной математической модели  
сверхизлучательной лавины**

Самодуров А.А., Федорако Е.И.

Белорусский государственный университет,  
Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка

$$y'' + f(x, z)y' + \Phi(y, z) + F(x, z) = 0, \quad (1)$$

где  $y = y(x)$  - искомая функция,  $z$  - параметр, следовательно  $\Phi(y, z)$  - функция аргумента  $y$ ,  $f(x, z)$  и  $F(x, z)$  - функции аргумента  $x$ . Частным случаем уравнения (1) является уравнение сверхизлучательной лавины (в терминологии работ [1,2])

$$\ddot{X} + \frac{\tau}{T_1} \dot{X} + 8e^x + 2N \left( 1 + \frac{\tau}{N} \right) + \frac{2\tau^2}{T_1 T_2} = 0 \quad (2)$$

в которых  $X$  - неизвестная функция, все остальные величины - параметры с конкретными физическими смыслами.

Уравнение (1) 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 если перечисленные функции удовлетворяют условиям:

а)  $f(x, z) = f(x)$ , т.е. не зависит от  $z$ ; б)  $\Phi(y, z) = -\frac{2\tilde{c}}{c_2} + V \left( y - c_2 \int \frac{dz}{\eta^2(z)} \right)$ ,

где  $V$  - произвольная функция,  $\eta^2(z)$  - заданная функция, определяющая преобразование параметра  $z$ ; в)  $F(x, z) = const$ , то уравнение вида

$$y'' + f(x)y' - \frac{2\tilde{c}}{c_2} + V \left( y - c_2 \int \frac{dz}{\eta^2(z)} \right) + const = 0 \quad (3)$$

допускает преобразование переменных

$$\begin{cases} x^* = x + \tilde{c}a, \\ y^* = y + c_2 a, \\ z^* = \varphi(z, a) \end{cases}$$

где  $\varphi(z, a)$  определяется как решение задачи Коши  $\frac{d\varphi}{da} = \eta^2(a)$ ,  $\varphi(0) = z$ .

Литература:

1. Чудновский В.М. Теория сверхизлучательных лавин радиоволнового диапазона /В. М. Чудновский, Е.Д. Холодkevич // Физика твердого тела. - 1982. - Т.24. №4. - С.1118-1123.

### К вопросу построения динамических аналогов производственных функций

Бубнов В. Ф., Шевченко Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Для устранения одного из недостатков производственной функции типа Кобба-Дугласа был введен параметр  $\lambda$ , характеризующий темп

научно-технического прогресса  $Y(t) = A \cdot e^{\lambda t} \cdot K^\alpha(t) \cdot L^\beta(t)$ .

Для изучения динамики изменения национального дохода и построения соответствующей производственной функции проводим ее линеаризацию, используя операцию логарифмирования, например, по натуральному основанию. В результате получим

$$\ln Y(t) = \ln A + \lambda \cdot t + \alpha \cdot \ln K(t) + \beta \cdot \ln L(t).$$

Для оценивания параметров используется метод наименьших квадратов и математический аппарат линейного регрессионного анализа.

Обозначив  $\ln A = a_0$ ,  $\lambda = a_1$ ,  $\alpha = a_2$ ,  $\beta = a_3$ ,

$\ln Y(t) = y$ ,  $t = x_1$ ,  $\ln K(t) = x_2$ ,  $\ln L(t) = x_3$ , получим уравнение линейной регрессии с тремя независимыми переменными в виде  $y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3$ . Оценка параметров  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  производится на основе статистических данных о национальном доходе, капитале и труде (в логарифмах). Теснота линейной взаимосвязи переменных  $y$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  измеряется с помощью коэффициента множественной корреляции (чем ближе он к 1, тем лучше подобрана производственная функция). Проверка значимости полученных оценок параметров и самого уравнения регрессии основана на использовании некоторых положений дисперсионного анализа для вычисления  $t$ -статистики распределения Стьюдента и  $F$ -статистики распределения Фишера-Снедекора соответственно.

С помощью критерия Дарбина-Уотсона проверяется наличие автокорреляции ошибок отклонений расчетных значений  $y$  от наблюдаемых. В случае существенной автокорреляции следует признать, что производственная функция выбрана неудачно.

# **Инженерная математика**



**Колеблющийся кинк в системе с возмущением гауссова профиля**

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

Представление о состоянии системы, описываемом посредством решения в виде колеблющегося кинка, получило широкое распространение после экспериментального наблюдения колебания формы солитона при пиннинге в полиацетиле. Решение, описывающее такое состояние, обладает дополнительной внутренней степенью свободы, и, хотя оно является периодической функцией времени, его среднее по времени значение соответствующей полевой конфигурации удовлетворяющей граничным условиям для обычного кинка.

Решение нелинейного волнового уравнения, описывающего данное состояние, допускает представление в виде суперпозиции стоячих волн. Однако, как показывают вычисления, такое представление носит асимптотический характер. Вклад с решение нулевого порядка по малой константе разложения вводится по определению и представляет собой статическое решение волнового уравнения. Слагаемые, соответствующие членам первого и второго порядков, оказываются равномерно ограниченными функциями по пространственной и временной переменным. Однако, начиная с третьего порядка, члены ряда характеризуются секулярным поведением по пространственной переменной и ряд расходится. Такое поведение решения может быть объяснено тем, что при указанном построении колеблющегося кинка частота колебаний выбирается постоянной, в то время как для нелинейного осциллятора она оказывается зависящей от амплитуды. В таком случае, чтобы устранить расходимости, по крайней мере для членов до третьего порядка включительно, требуется переопределить частоту колебаний и представить её также в виде некоторого ряда. Тогда секулярное поведение устраняется специальным выбором коэффициентов разложения.

Если в качестве нулевого приближения для колеблющегося кинка выбрать не статическое решение волнового уравнения, а это же решение, но с учетом возможного возмущения его профиля некоторой малой функцией гауссова вида, то в результате удастся избежать секулярного поведения членов ряда теории возмущений в любом порядке разложения. Решение для колеблющегося кинка, которое получается в этом случае, будет равномерно ограниченным по пространственной и временной переменным.

**Эффективный аналитический алгоритм решения  
характеристического уравнения теории переноса излучения**

Роговцов Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Решение многих проблем оптики дисперсных сред (DM), астрофизики, теории переноса излучения (РТТ) сводится к рассмотрению краевых задач для интегро-дифференциального уравнения переноса излучения. Значительную часть информации о свойствах решений этих задач можно извлечь из свойств характеристического уравнения РТТ (это – интегральное уравнение). Характеристическое уравнение РТТ, соответствующее реальным фазовым функциям, зачастую нельзя корректно решить с помощью стандартных аналитических и численных методов. В статье [1] впервые был предложен аналитический алгоритм решения характеристического уравнения РТТ для случая фазовой функции, удовлетворяющей условию Гельдера. Затем в работе [2] была построена качественная математическая теория данного характеристического уравнения и описаны алгоритмы решения однородных и неоднородных характеристических уравнений. В работе [3] было показано, что с помощью метода редукции общих соотношений инвариантности можно на основе решений таких уравнений исследовать процесс переноса излучения в DM различной конфигурации. Отметим, что с использованием теорий разностных уравнений и непрерывных дробей и свойств инвариантности бесконечных систем линейных алгебраических уравнений удалось построить эффективный аналитический алгоритм решения характеристического уравнения РТТ. При этом в данном алгоритме используются только двучленные рекуррентные соотношения, не порождающие заметного накопления ошибок.

Литература:

1. Роговцов Н.Н. О решении характеристического уравнения теории переноса излучения в замкнутой форме // Труды Международной конференции «Краевые задачи, специальные функции и дробное исчисление». – Минск: БГУ, 1996. – С. 305 – 312.

2. Rogovtsov N.N., Borovik F.N. The characteristic equations of radiative transfer theory. In *Light Scattering Reviews*, Chichester, UK: Springer – Praxis, vol.4 (A.A. Kokhanovsky, ed.), 2009. – P. 347 – 429.

3. Rogovtsov N.N. General invariance relations reduction method and its applications to solutions of radiative transfer problems for turbid media of various configurations // *Light Scattering Reviews*. – Chichester, UK: Springer–Praxis, vol.5, 2010. – P. 249 – 327.

**Передача информации по низковольтной сети  
между компонентами системы пожарной сигнализации**

Бокуть Л.В., Деев Н.А.\*

Белорусский национальный технический университет,

\*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

В системах оповещения о пожаре информация, связанная с пожаром, начинает передаваться по каналам связи, только начиная с момента обнаружения пожара. Каналы связи в этом случае должны сохранять работоспособность до завершения эвакуации и/или ликвидации пожара. Проблема защиты от пожара каналов связи решается различными способами. Особое место среди каналов связи занимают каналы передачи информации по низковольтным сетям переменного тока или передача данных по силовым линиям (PLC). Компания Texas Instruments, например, предлагает разнообразные решения для передачи данных измерений от счетчиков электроэнергии. При обмене данными по силовым сетям используются специальные устройства – LC-модемы. Основными типами модуляции в таких системах являются частотная манипуляция (Frequency Shift Keying, FSK), частотная манипуляция с разнесенными частотами (Spread Frequency Shift Keying, S-FSK) и ортогональное мультиплексирование с частотным разделением каналов (OFDM). Наиболее популярным видом модуляции для PLC-модемов компании Texas Instruments (TI) является OFDM-модуляция. Этот выбор обусловлен ее высокой помехозащищенностью и наличием международных стандартов. Для повышения гибкости и адаптируемости к местным стандартам компания TI разработала и запатентовала собственный стандарт OFDM-модуляции – FlexOFDM. Существующие системы на основе автономных пожарных извещателей могут быть трех типов в зависимости от размеров объекта защиты. К первому типу можно отнести широко используемые в настоящее время автономные пожарные извещатели. Ко второму типу можно отнести системы, объединяющие несколько автономных пожарных извещателей. К третьему типу систем относятся системы, использующие контроллеры для обеспечения сбора и передачи информации ответственному лицу.

Предлагаемая адресная система строится на основе использования в качестве каналов связи передачи информации по низковольтным сетям переменного тока. Использование цифровой обработки сигналов для низкоскоростных информационных потоков позволяет осуществлять их оптимальный прием в условиях мощных промышленных помех и наводок, как на промышленных объектах, так и в жилых помещениях.

## Рекуррентные (возвратные) последовательности и рекуррентно вычисляемые интегралы

Волкович П.Ф., Рутко Д.Ф.

Белорусский национальный технический университет,  
Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Пусть общий член интегральной рекуррентной последовательности представлен первообразной функцией

$$I_n = \int \varphi_n(x) dx \quad (1)$$

и пусть  $\varphi_n(x) = x^n f(x)$ ,  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ , где  $f(x)$  – целая функция, которая по определению представляется равномерно сходящимся степенным рядом. Тогда, как известно, и произведение  $x^n f(x)$  также представляется равномерно сходящимся степенным рядом, который, следовательно, можно почленно интегрировать. Применяя обобщенную формулу интегрирования по частям, в этом случае получим интегральное рекуррентное соотношение

$$\int x^n f(x) dx = \sum_{v=0}^{r-1} (-1)^v n(n-1)(n-2)\dots(n-v)x^{n-v} f_{(v)}(x) +$$

$$+ (-1)^r n(n-1)(n-2)\dots(n-r) \int x^{n-r} f_r(x) dx, \quad (2)$$

где  $r$  – порядок целой функции  $f(x)$ ;

$f_{(0)}(x) = f(x)$ ,  $f_{(v)}(x) = \frac{d}{dx} f_{(v+1)}(x)$  – интегрированные ядра разложения (2).

Аналогично, рекуррентным соотношением представляется интегральная рекуррентная последовательность, если подынтегральная функция  $\varphi_n(x)$  ее общего члена (1) является композицией целой степенной и трансцендентной функций или композицией целой степенной и целой функции, представимой равномерно сходящимся степенным рядом, или произведением двух аналогичных композиций.

Решения рекуррентных соотношений методом математической индукции в указанных случаях представляются комбинаторными суммами. Такое представление служит цели снижения сложности вычислительных алгоритмов при проведении научных исследований, инженерных и экономических расчетов.

**Проблема моментов и рекуррентное интегрирование**

Волкович П.Ф., Рутко Д.Ф.

Белорусский национальный технический университет,  
Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Проблема моментов – весьма важная для теории вероятностей и ее приложений – формулируется следующим образом: дана числовая последовательность

$$\alpha_0 = 1, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k, \dots; \quad (1)$$

при каких условиях существует такая функция распределения  $F(x)$ , для которой при всех  $k = 0, 1, 2, \dots$  имеют место равенства

$$\alpha_k = \int x^k dF(x);$$

когда функция  $F(x)$  – единственна?

Решение проблемы моментов в такой постановке для случая непрерывных распределений сформулировано в виде: одномерное распределение вероятностей случайной величины непрерывного типа однозначно определяется своими начальными моментами  $\alpha_0, \alpha_1, \dots$ , если все они существуют и являются рекуррентно вычислимыми. Последнее означает, что плотность распределения  $f(x) = F'(x)$  в этом случае является целой функцией, представимой равномерно сходящимся степенным рядом, а общий член  $\alpha_k$  последовательности (1), как общий член рекуррентной числовой последовательности, – представим комбинаторной суммой. К числу таких распределений относятся экспоненциальное, нормальное, синусоидальное, косинусоидальное, Рэлея, Максвелла, Лапласа, Вейбулла, гамма-распределение, распределение  $\chi$ -квадрат, арксинуса и другие.

К сожалению, условия однозначного определения функций распределения своими начальными моментами не являются выполнимыми для всего класса непрерывных распределений. Известны распределения, для которых указанные условия не выполняются: например,

распределение Коши с плотностью распределения  $f(x) = \frac{a}{\pi(x^2 + a^2)}$ ,  $a > 0$ ,

для которого не существуют начальные моменты первого и более высоких порядков, или равномерное распределение, плотность распределения которого, являясь алгебраическим многочленом нулевой степени, не представляется равномерно сходящимся степенным рядом.

**Численное моделирование лазерно-индуцированных фазовых превращений в полупроводниках**

Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе проанализированы три различных подхода в моделировании лазерно-индуцированных процессов в полупроводниковых структурах. При проведении моделирования мы ограничились фазовыми превращениями *твердое тело – расплав*. В первом подходе на границе фазового перехода задавалось условие Стефана, при котором температура на границе фазового перехода определяется равновесной термодинамической температурой плавления, а скорость движения границы фазового перехода определяется из уравнения теплового баланса. Однако, при коротких лазерных импульсах (от десятков наносекунд и меньше) фазовые превращения происходят в существенно неравновесных условиях. В этом случае температура и скорость на границе фазового перехода связаны функцией отклика (задача типа Стефана). Также известны подходы, когда процессы образования новой фазы определяются на основе уравнений теории зародышеобразования (кинетический подход).

Рассмотрено одномерное нелинейное уравнение теплопереноса с различными граничными условиями на межфазной границе. В анализе особое внимание уделялось исследованию влияния нелинейных условий на границе фазового перехода, поскольку именно этим условием определяется скорость движения межфазной границы, распределение температуры, а также время существования расплава. Проведено сравнение результатов вычислений по следующим алгоритмам: 1) классическая задача Стефана; 2) неравновесная модель, функция отклика определяется формулой Вильсона-Френкеля; 3) кинетическая модель, кинетика зародышеобразования описывается на основе решения уравнения Колмогорова. При разработке алгоритмов использовались методы конечных элементов или конечных разностей.

Проведено сравнение расчетных данных по времени существования расплава и пиковой температуре поверхности в трех постановках задачи с имеющимися экспериментальными данными. Исследовано влияние выбора модели на результаты по переохлаждению жидкой фазы. Показано, что в рамках неравновесной и кинетической моделей можно объяснить наблюдаемое экспериментально различие в кинетике лазерно-индуцированных переходов для различных ориентаций поверхности полупроводника.

**Экспериментальное исследование экспертных оценок**

Романчук В.М., Кондратьева Н.А., Литовко А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Психофизическая функция  $f: R_{i,j} = f(S_i, S_j)$  устанавливает связь между числовыми значениями упорядоченной пары сравниваемых физических величин  $S_i, S_j$  и значениями субъективной реакции эксперта на это сравнение  $R_{i,j}$ . Рассматривались два способа представления субъективной оценки: в виде разности (модель парных сравнений)  $R_{i,j} = g(S_i) - g(S_j)$  и в виде отношений (МАИ)  $R_{i,j} = g(S_i)/g(S_j)$ , здесь  $g(S)$  – субъективная оценка некоторой физической величины, определяемая в зависимости от принятой модели. При нахождении оценок  $g(S_i)$ , где  $i=1, \dots, N$  – общее число оцениваемых объектов, будем рассматривать различные планы эксперимента. Критерием выбора модели, будет степень устойчивости результирующего вектора, построенного на основании оценок, к смене плана эксперимента. Всего рассматривается два плана: план А и план В. План А формируется сравнением всех объектов с первым. В плане В сравнивают последовательно все объекты. Экспериментально показано, что разностная модель, при принятом критерии предпочтения, имеет определенные преимущества при сравнении с моделью отношений.

Методика эксперимента. Площадь круга получена как реализация равномерно распределенной случайной величины на отрезке  $[0 - 0,7\text{см}^2]$ . С помощью компьютера построено 10 кружков черного цвета.

Проводились парные сравнения, в соответствии с выбранным планом. Эксперту задавался вопрос: "Оцените, в какой мере площадь круга  $S_i$  превосходит площадь круга  $S_j$  не проводя расчетов и измерений". Ответы экспертов служат основой для определения  $g(S_i)$ ,  $i=1, \dots, N$ . Далее оценивался коэффициент корреляция между результатами, полученными в соответствии с двумя планами эксперимента. Ответы экспертов для разностной модели с большим коэффициентом корреляции ( $R = 0,95 \pm 0,05$ ), чем для модели отношений ( $R = 0,75 \pm 0,05$ ).

Экспертам следует задавать вопрос "Оцените, на сколько площадь круга  $S_i$  превосходит площадь круга  $S_j$  не проводя расчетов и измерений" и использовать разностную модель обработки результатов.

**Оценка точности аппроксимации  $\Delta$ -вейвлетами**

Романчук В.М., Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

Сингулярные вейвлеты являются аппаратом универсальной аппроксимации функции. Могут использоваться в теории сигналов, теории нечетких множеств и при построении непараметрической регрессии функции.

*Определение.* Функция  $F(x)$  удовлетворяет условию обобщенному условию Липшица  $L^n$  в точке  $x$ , если конечная разность порядка  $n$  с переменным шагом  $h_0 h_1, \dots, h_{n-1}$  удовлетворяет условию  $\Delta_{k_0 h_1, \dots, h_{n-1}}^n(x) \leq Ch_0 h_1, \dots, h_{n-1}$ .

*Теорема.* Пусть функции  $F(x)$  и  $\psi(x)$  абсолютно интегрируемы на промежутке  $[\infty, +\infty]$  и непрерывны, функция  $F(x)$  удовлетворяет обобщенному условию Липшица в точке  $x$ , тогда

$$F(x) = \sum_{k=0}^K \frac{1}{a_k} \int_{-\infty}^{\infty} F^k(t) \psi\left(\frac{t-x}{a_k}\right) dt + R(x),$$

где  $F^k(x)$  - последовательность сингулярных преобразований функции

$$F(x): F^{k+1}(x) = F^k(x) - \frac{1}{a_k} \int_{-\infty}^{\infty} F^k(t) \psi\left(\frac{x-t}{a_k}\right) dt, \quad k = 0, \dots, K,$$

а  $R(x) = F^k(x)$  – остаточный член, который можно сделать сколь угодно малым и, в частности справедлива оценка

$$|R(x)| \leq 2 \frac{k(k+1)}{2} h^{k+1} M^{k+1},$$

где  $h, M$  – постоянная.

Функция  $\psi(x)$  удовлетворяет условию  $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) dx = 1, \psi(x) > 0$ .



**Численное моделирование многослойных  
полупроводниковых фотовольтаических ячеек**

Серебрякова Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Возможность широкого использования для преобразования солнечной энергии вызывает большой интерес к фотовольтаическим ячейкам (ФЯ) на основе полимерных или низкомолекулярных органических полупроводников, обладающих разнообразием оптических и электрофизических свойств, технологичностью и дешевизной. Такого рода ФЯ представляют собой многослойные тонкопленочные системы с одним или несколькими гетеропереходами и толщинами слоев, варьируемыми в диапазоне от десятков до сотен нм. Их эффективности пока не велики (несколько процентов) и не достаточны для массового применения, однако могут быть существенно улучшены за счет оптимизации структуры ФЯ [1].

Эффективность преобразования ячейкой световой энергии в электрическую в конечном итоге определяется плотностью генерируемого ею фототока, который, в свою очередь, зависит от энергии, поглощаемой в активных (донорном и акцепторном) слоях гетероперехода, и от плотности экситонов, генерируемых и диссоциирующих на гетеропереходе. В настоящей работе приведены результаты численного моделирования эффективностей фотовольтаических ячеек с учетом оптических и электрофизических свойств образующих их материалов, а также всех физических факторов, определяющих результирующий фототок [2]: а) пространственных распределений интенсивности светового поля и плотности поглощенной энергии по глубине ячейки с учетом многократных переотражений (когерентных в слоях и некогерентных в подложке) и угла падения света на ячейку; б) плотности экситонов; в) выбора материалов донорно-акцепторной пары. Исследованы ячейки на основе четырех гетеропереходов, содержащих фталоцианины меди или ванадила (CuPc, VOPc) в качестве донорного материала и фуллерен (C<sub>60</sub>) или дибензимидазол-периллен-3,4,9,10-тетракарбоновой кислоты (PTCBI) в качестве акцепторного материала.

Литература:

1. Peumans P., Yakimov A., Forrest S.R. // J. Appl. Phys. – 2003. – v. 93, N 7. – P. 3693–3723.
2. Филиппов В.В., Серебрякова Л.М. // ЖПС. – 2007. – Т.74, № 6. – С. 795-200.

Мелешко А.Н., Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

При централизованном тестировании (ЦТ) вузы занимают пассивную позицию в наборе абитуриентов. Снижился уровень знаний выпускников школ, колледжей, особенно по фундаментальным дисциплинам – математике и физике. Подтверждений этому много. Мониторинги ЦТ показывают, что более 60% тестируемых по математике и физике набирают меньше 30 баллов, хотя тестовые задания упрощаются. Снижается успеваемость студентов. Некоторые с трудом воспринимают понятия, методы решения задач математики и физики, не могут применять методы, формулы, изучаемые в школе. Если лет 8-12 назад оценку «7» и выше в группе могли получить более 10 студентов, то теперь – 5-7. Увеличилось число учащихся, знания которых оцениваются на «5» или «4». Студенты не имеют мотивации к обучению, получению квалификации по специальности. Проблем качества образования много. Предложения по их решению требуют определенных усилий, и, самое главное – финансирования. Касаясь задач школы, министерства образования, отметим, что многие студенты, имеющие в школьном аттестате баллы выше «6», не проявляют соответствующих оценке знаний по школьному курсу математики, не способны рассуждать, анализировать, четко и логично формулировать высказывания. Следует постепенно, продуманно менять сложившуюся систему образования, приоритеты, устоявшуюся методику, но без экспериментов, из-за которых страдают сотни тысяч обучающихся. Вузам желательно стремиться к определяющей роли в наборе абитуриентов. Можно предложить инициировать целевой набор, но в форме «выпускник – вуз – предприятие», где вуз выступает как основной заказчик, ведущий подбор подготовленных абитуриентов, и в итоге – предлагающий к работе квалифицированных специалистов. Для набора подготовленных к обучению в вузе выпускников надо наладить сотрудничество со средними учебными заведениями. На базе специальностей приборостроительного факультета (ПСФ) можно организовать «Школу приборостроения», где школьники могли бы встречаться со студентами, аспирантами, учеными, специалистами, участвовать в конференциях факультета. На кафедрах можно организовать занятия по подготовке абитуриентов к ЦТ и поступлению на специальности ПСФ. И хорошо, если лучшие из них будут иметь определенные гарантии поступления и поддержку во время учебы. Чтобы было больше успевающих, толковых студентов, а затем – хороших специалистов, их надо находить.

УДК 517.9

**Задача Коши для линейного дифференциального уравнения второго порядка в алгебре мнеморфункций. Сходимость ассоциированного решения. Единственность предела**

Пикман Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается задача Коши

$$\begin{cases} Y''(t) + \sigma'(t)Y(t) = 0, \\ Y(0) = c_1, \\ Y'(0) = c_2, \end{cases} \quad (1)$$

где  $t \in T = [0, a] \subset \mathbb{R}$ ,  $Y: T \rightarrow \mathbb{R}$  неизвестная функция,  $\sigma: T \rightarrow \mathbb{R}$  — непрерывная справа функции ограниченной вариации,  $\sigma'$  — её обобщённая производная. Задача (1) является некорректной, так как операция произведения для обобщённых функций не определена.

В алгебре мнеморфункций задача (1) на уровне представителей имеет вид

$$\begin{cases} X_n^2(t + h_n) - X_n^2(t) = -X_n^1(t)(\sigma_n(t + h_n) - \sigma_n(t)), \\ X_n^1(t + h_n) - X_n^1(t) = X_n^2(t)h_n, \\ X_n^1(t)|_{[0, h_n)} = X_{n0}^1(t), \\ X_n^2(t)|_{[0, h_n)} = X_{n0}^2(t), \end{cases} \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \sigma_n(t) &= \int_0^{1/n} \sigma(t+s)\rho_n(s)ds, \quad \forall n \in \mathbb{N}: \int_0^{1/n} \rho_n(s)ds \\ &= 1, \text{supp}(\rho_n) \in \left[0, \frac{1}{n}\right]. \end{aligned}$$

Тогда, если при  $n \rightarrow \infty$ ,  $h_n \rightarrow 0$

$$\sup_{t \in [0, h_n)} |X_{n0}^1(t) - c_1| \rightarrow 0, \quad \sup_{t \in [0, h_n)} |X_{n0}^2(t) - c_2| \rightarrow 0,$$

то ассоциированное решение  $X_n^1(t)$  задачи (1) сходится к решению интегрального уравнения

$$\begin{aligned} Y(t) &= c_1 + c_2 t - \int_0^t (t-s)Y(s)d\sigma^c(s) \\ &\quad - \sum_{\mu_i \leq t} (t - \mu_i)Y(\mu_i - 0)\Delta\sigma^d(\mu_i) \end{aligned}$$

как при  $1/n = o(h_n)$ , так и при  $h_n = o(1/n)$ . Здесь  $\sigma = \sigma^c + \sigma^d$  — декомпозиция Жордана,  $\Delta\sigma^d(\mu_i) \stackrel{\text{def}}{=} \sigma^d(\mu_i) - \sigma^d(\mu_i - 0)$ .

УДК 517.9

**Конечно-разностная с осреднением граничная задача для дифференциального уравнения второго порядка с обобщёнными коэффициентами. Существование и единственность решения**

Пикман Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается граничная задача

$$\begin{cases} Y''(t) + \sigma'(t)Y(t) = 0, \\ Y(0) = c_1, \\ Y(a) = c_2, \end{cases} \quad (1)$$

где  $t \in T = [0, a] \subset \mathbb{R}$ ,  $c_i \in \mathbb{R}$ ,  $i = 1, 2$ ,  $\sigma: T \rightarrow \mathbb{R}$  — непрерывная справа функция ограниченной вариации,  $\sigma'$  — её обобщённая производная. Задача (1) является некорректной, так как операция произведения для обобщённых функций не определена.

В прямом произведении алгебр мнемофункций на уровне представителей она имеет вид

$$\begin{cases} X_n^2(t+h_n) - X_n^2(t) = -X_n^1(t)(\sigma_n(t+h_n) - \sigma_n(t)), \\ X_n^1(t+h_n) - X_n^1(t) = X_n^2(t)h_n, \\ X_n^1(t)|_{[0, h_n)} = X_{n,0}^1(t), \\ X_n^1(t)|_{[\alpha-h_n, a]} = X_{n,\alpha}^1(t). \end{cases} \quad (2)$$

Или, исключая из системы  $X_n^2(t)$ ,

$$\begin{cases} X_n^1(t+2h_n) - 2X_n^1(t+h_n) + X_n^1(t)(1+h_n\Delta^+\sigma_n(t)) = 0, \\ X_n^1(t)|_{[0, h_n)} = X_{n,0}^1(t), \\ X_n^1(t)|_{[\alpha-h_n, a]} = X_{n,\alpha}^1(t), \end{cases} \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} \sigma_n(t) &= \int_0^{1/n} \sigma(t+s)\rho_n(s)ds, \quad \forall n \in \mathbb{N}: \int_0^{1/n} \rho_n(s)ds \\ &= 1, \quad \text{supp}(\rho_n) \in \left[0, \frac{1}{n}\right]. \end{aligned}$$

Тогда, если  $X_{n,0}^1(t) = c_1$ ,  $X_{n,a}^1(t) = c_2$ , то решение конечно-разностной задачи (3) методом прогонки существует и единственно при любой функции  $\sigma \in BV[0, a]$  (т.е.  $\text{var}_T \sigma < \infty$ ), прогоночные коэффициенты  $\alpha_i$ ,  $i = \overline{0, N-1}$  принимают значения из полуинтервала  $[0, 1)$  и образуют монотонно возрастающую последовательность.

УДК 535.317

### **Многоуровневый последовательно-фреймовый тьютор – виртуальный агент с искусственным интеллектом**

Рогальский Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня, говоря о создании электронных средствах обучения (ЭСО), многие считают, что для этого достаточно просто отсканировать популярный печатный учебник, добавить картинок из интернета (на которые даже нет авторских прав!) и ЭСО готово. Определим, что мы понимаем под ЭСО и отметим те существенные преимущества, которые реализуются за счёт использования ЭСО, причём преимущества, недостижимые другими методами [1]. Это – электронные материалы,

- ориентированные на аудиторное и домашнее использование;
- предназначенные для различных электронных форм учебно-воспитательного процесса (существующих только в электронном виде);
- функционирующие в информационной образовательной среде, использующей цифровые тьюторы. В частности, для реализации данного предложения, необходимо разработать программу – движок многоуровневого цифрового тьютора [2]. Многоуровневый последовательно-фреймовый тьютор – виртуальный тьютор с элементами искусственного интеллекта, предлагающий вопросы различного уровня сложности (в зависимости от уровня подготовки учащегося) в каждом кадре (диалоговом окне) последовательно. Использование такого тьютора позволяет реализовать автоматизированные обучающие системы в учебном процессе, что повышает качество обучения.

#### Литература:

1. Рогальский Е.С. Использование электронных учебников в системе управления учебным процессом // Столичное образование сегодня. –2008. – № 1. – С.113.
2. Нифагин В.А., Рогальский Е.С. Разработка цифровых тьюторов для обеспечения современных обучающих технологий // Международная конференция «Информатизация образования – 2010: педагогические аспекты создания информационно-образовательной среды».

УДК 535.317

## Роль некомпьютерных сетей в формировании информационной культуры современного специалиста

Рогальский Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Последнее время мы всё чаще, говоря о хранении информации, сталкиваемся с термином «облако». Какие преимущества предоставляют нам такие информационные технологии и в чём их смысл?

*Первое*, это стоимость информационных услуг. Дело в том, что цена лицензионного софта постоянно растёт, повышается и его удельный вес в стоимости разработок систем. Этот лицензионный софт нет необходимости покупать при использовании «облачных технологий», достаточно заплатить лишь за время его использования (например, специальные программы расчета геометрии крыла для летательных аппаратов). Сегодня появилась тенденция хранения данных (информации) на удалённых ресурсах, причём эти ресурсы (серверы, дисковые накопители) не принадлежат тому, кто располагает там свою информацию. Разница в стоимости и здесь весьма ощутима. Однако, итоговый выигрыш от использования «облачных технологий» на этом не заканчивается. Преимущества есть и нематериального плана. На облаке можно располагать персональный контент, например личные документы, книги, фото, видео и другую информацию. Для использования такого персонального контента не нужны даже флеш-карты памяти, доступ к «облачной информации» возможен с помощью мобильного смартфона, смарт-телевизора или проигрывателя «blu-ray», то есть мы имеем доступ к Интернет ресурсам независимо от наличия компьютера. Переоценить этот факт трудно, ведь *это совсем иное качество информационного сопровождения человека.*

*Второе*, на что следует обратить внимание, это ответ на вопрос для чего это надо? Если подобными технологиями овладеют наши студенты, это будет весомая заявка на электронное образование [1], e-learning, в частности, и, что ещё более важно, – это закладка фундамента для *создания пространства обучения в течение всей жизни* (lifelong learning programme – LLP), так как практически все образовательные ресурсы доступны через смарт-хабы и без использования компьютеров.

### Литература:

1. Рогальский Е.С. Роль сетевых технологий в современном обществе // Исследования Наукограда, – 2012, № 2 (2). – С.326-331.

## Вычисление кратных интегралов модифицированным методом Монте-Карло

Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

При использовании метода Монте-Карло для вычисления кратных интегралов строится сетка, состоящая из  $n^2$  узлов. Тогда среднее значение функции в узлах, умноженное на площадь интегрирования, и будет примерным значением интеграла.

Модификация этого метода построена на том, что выбираются не все точки, а только некоторые из них (их количество не превышает  $n^2$ ). Выбор осуществляется в соответствии с расположением номера точки в магическом квадрате размерности  $n$ .

Таким образом, кроме сетки для области интегрирования строится магический квадрат, причем количество узлов сетки должно совпадать с количеством элементов в магическом квадрате, т.е. размерность магического квадрата равна  $n$ .

Затем первой точкой выбирается та, которая строит на месте, соответствующем единице в магическом квадрате. Следовательно, за  $i$ -ю точку сетки выбираются та, которая соответствует числу  $i$  в магическом квадрате. Затем согласно основному методу Монте-Карло, значение интеграла приблизительно равно среднему значению подынтегральной функции в выбранных точках сетки, умноженному на площадь области интегрирования.

Рассмотрим конкретные результаты оценки абсолютной погрешности, при вычислении повторного интеграла

$$\int_0^1 dx \int_0^1 x \cdot \sqrt{1-y^2} dy.$$

Если применять классический метод Монте-Карло, то погрешность составит  $10^{-2}$  ( $16^2$  узлов), а при использовании модифицированного метода Монте-Карло получается погрешность  $10^{-4}$  (уже при 9 узлах),  $10^{-5}$  (при использовании 222 узлов).

Достоинством данной модификации является то, что приходится работать не со всем набором  $n^2$  узлов, а с меньшим количеством точек. Реализация алгоритмов Монте-Карло и его модификации проста и легко осуществляется в математических пакетах.

## Построение границ областей активного нагружения и разгрузки у вершины срагивающейся трещины

Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследование трещины для упругопластического упрочняющегося материала в режиме докритического роста позволяет более детально описать напряженно-деформированное состояние в окрестности ее вершины и оценить глобальные и локальные характеристики разрушения. Необходимо также определение границ перехода из зоны активного накопления напряжений к зоне разгрузки.

Используемые на практике методики расчета НДС, как правило, не учитывают наличия в окрестности вершины трещины зоны докритического роста, которая характеризуется перераспределением напряжений в окрестности вершины (рис.1). Область пластического деформирования при этом подразделяется на зоны активного нагружения и разгрузки, которые требуют сращивания решений на линии раздела.

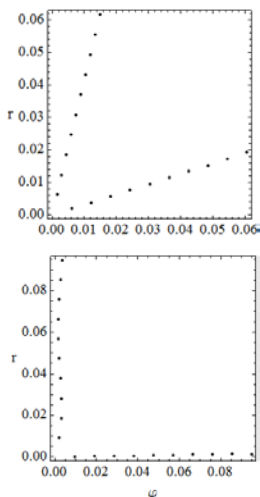


Рисунок 1 - Границы зоны активного нагружения (в условиях плоской деформации, в условиях плоского напряженного состояния, материал – медный сплав М1, нагрузка 300МПа)

Рассматривается окрестность вершины конечной трещины нормального отрыва в неограниченном упругопластическом теле. Для нахождения полей напряжений использовался метод асимптотических разложений в области промежуточной структуры. Заметим, что границы области определяются из условия  $\dot{T}^2 = 0$  где  $\dot{T}^2$  - производная по длине квадрата интенсивности касательных напряжений.

При условии плоской деформации наблюдается понижение порядка сингулярности нулевого члена по напряжениям, пластическая зона принимает вид области, ограниченной двумя отрезками, расположенными под некоторым острым углом к направлению вершины трещины. Иная картина развития зон пластичности возникает в случае плоского напряженного состояния. Возникает незначительное понижение порядка сингулярности по напряжениям в сравнении с упругим случаем. А пластическая зона приобретает форму лепестка, наклоненного под некоторым углом к линии продолжения трещины.



**О проблеме дискретного логарифма в криптосистеме Эль Гамала.  
Трёхразрядный *gigant step***

Крупенкова Т.Г., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет,  
Военная академия Республики Беларусь

Криптографическая стойкость системы базируется на проблеме дискретного логарифма: решении уравнения  $g^x = \bar{h}$  в кольце  $Z/pZ$  с простым  $p$  на сегодняшний день осуществляется единственным способом – последовательным перебором степеней  $\bar{g}$  до получения требуемого класса вычетов  $\bar{h}$ . Проблема и состоит в нахождении иного, не переборного метода определения степени  $x$  в данном уравнении.

Д. Шенкс предложил новый метод дискретного логарифмирования – под названием – алгоритм «шаг ребёнка – шаг гиганта». Он заключается в поиске пары целых чисел  $Q, r$ , удовлетворяющих условиям  $0 \leq r < d$ ,  $0 \leq Q < d$  и соотношению  $h \cdot (g^{-d})^Q \equiv g^r \pmod{P}$ , где  $d$  – наименьшее натуральное число, такое, что  $\sqrt{\gamma} \leq d$ , а  $\gamma$  – показатель элемента  $g$  по модулю  $P$ ,  $x = d \cdot Q + r$ .

Авторы предлагают трёхразрядный вариант «шага гиганта». Пусть  $d$  – наименьшее натуральное число, такое, что  $\sqrt[3]{\gamma} \leq d$ , тогда  $x = a \cdot d^2 + b \cdot d + c$  для некоторых целых  $a, b$  и  $c$  таких, что  $0 \leq a < d$ ,  $0 \leq b < d$ , и  $0 \leq c < d$ . Эти неизвестные удовлетворяют сравнению

$$h \cdot (g^{-d^2})^a \equiv g^{db+c} \pmod{P}.$$

Первый этап – “baby-step” – состоит в составлении таблицы степеней  $h \cdot (g^{-d^2})^i \pmod{P}$ ,  $0 \leq i < d$ . Второй этап – “giant-step” – состоит в последовательном вычислении величин  $g^{d \cdot j+k} \pmod{P}$ ,  $0 \leq j < d$ ,  $0 \leq k < d$ , и в сравнении их с данными таблицы. Если на каком-то шаге найдутся  $a_0, b_0, c_0$  удовлетворяющие сравнению  $h \cdot (g^{-d^2})^{a_0} \equiv g^{db_0+c_0} \pmod{P}$ , то тогда однозначно определяем искомое  $x = a_0 \cdot d^2 + b_0 \cdot d + c_0$ .

Для вычисления дискретного логарифма новый алгоритм значительно сокращает количество вычислений в поле  $Z/PZ$ .

# **Компьютерная механика**

**Вывод формулы расстояния до линии горизонта сферы**

Акимов В.А., Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

На основании рис.1 устанавливаем  $h = R \left( \frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$  (1),  $\operatorname{tg} \alpha - \alpha = \frac{\Delta l}{2R}$  (2),

где  $\Delta l \ll 1$  - ничтожно малое удлинение контура EABCE по отношению к длине окружности.

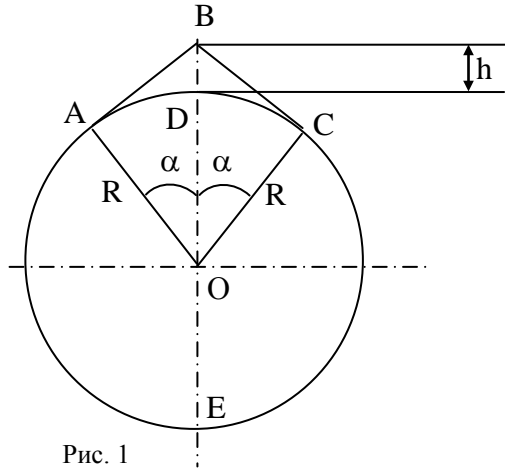


Рис. 1

В таблице эквивалентных бесконечно малых находим  $\cos \alpha \sim 1 - \frac{\alpha^2}{2}$ ,

$\operatorname{tg} \alpha \sim \alpha + \frac{\alpha^3}{3}$ , на основании чего устанавливаем  $\frac{1}{\cos \alpha} - 1 = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} \sim \frac{\alpha^2}{2}$  (3),

$\operatorname{tg} \alpha - \alpha \sim \frac{\alpha^3}{3}$  (4). Подставляя (3) и (4) в (1) и (2), определяем  $\alpha = \left( \frac{3\Delta l}{2R} \right)^{\frac{1}{3}}$ , (4)

$$h = \sqrt[3]{\frac{9(\Delta l)^2 R}{32}} \quad (5).$$

А теперь легко ответить на поставленный перед нами основной вопрос.

Из (4) и (5)  $\Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{2h}{R}} \Rightarrow BA \approx \overset{\sim}{AD} = R \cdot \alpha = \sqrt{2Rh}$ , т.е.  $BA = BC = \sqrt{2Rh}$  (6).

Итак, выведена новая компактная формула (6), позволяющая достаточно точно определить расстояние до линии горизонта сферы, если известны ее радиус и «высота взгляда» над уровнем горизонта.

## Вычисление расстояния до линии горизонта планеты Земля

Акимов В.А., Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Воспользуемся формулами  $\alpha = \left(\frac{3\Delta l}{2R}\right)^{\frac{1}{3}}$  (1) и  $h = \sqrt[3]{\frac{9(\Delta l)^2 R}{32}}$  (2) при сле-

дующих данных  $R = 6370 \text{ км} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$  - радиус Земли;  $\Delta l = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ . В результате подсчета получим:  $h = 5,64 \text{ м}$ ,  $\alpha \approx 4,5' < 1/12$  градуса. Таким образом, решена следующая задача: если вокруг Земли обвить нить, а затем ее увеличить на 1 см и натянуть, то высота под ней в месте натяжения будет 5 м и 64 см.

Теперь воспользуемся формулой  $BA = BC = \sqrt{2Rh}$  (3), где  $h$  - высота, с которой мы сморим на горизонт. В обычных условиях это уровень над землей наших глаз. Подсчет для  $h = 1,7 \text{ м}$  позволяет установить  $BA = BC = 4,65 \text{ км}$ .

Фактически на Рис.1 угол  $\alpha$  и высота  $h$  увеличены примерно в 350 раз. В действительности точка В сливается с верхней точкой окружности. Этим и объясняется, что была применена теория пределов с использованием эквивалентных бесконечно малых величин. Если не обращать внимания на сильное увеличение рисунка и применить школьную геометрию, то из известной теоремы о касательной и секущей можно получить формулу  $AB^2 = h(2R + h)$  (4). Полагая в ней  $2R + h \approx 2R$ , опять получим найденную выше формулу (3). Это обстоятельство говорит о том, что если даже точка В фактически сливается с точкой окружности, то геометрическая школьная формула остается работоспособной и в этом случае, а помимо всего прочего это еще одно подтверждение правильности полученного результата. Пользуясь формулой (4), легко оценить относительную погрешность:

$$\Delta = \frac{\sqrt{(2R+h)h} - \sqrt{2Rh}}{\sqrt{2Rh}} \cdot 100\% = \frac{h^2}{(\sqrt{(2R+h)h} + \sqrt{2Rh})} \cdot 100\% <$$

$$< \frac{h^2}{2Rh} \cdot 100\% = \frac{h}{2R} \cdot 100\% = \frac{1,7}{2 \cdot 6,37 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 0,33 \cdot 10^{-4}\%$$

Как видим, она составляет менее одной десяти тысячной процента.

По своей сущности формула (3) напоминает известную формулу Торричелли  $v = \sqrt{2gh}$  для определения скорости падающего с высоты  $h$  тела. Она также проста и изящна, и должна по праву быть включена в школьную программу по физике.

**О моделировании необратимого деформирования конструктивных элементов в экстремальных условиях нагружения**

Чигарев А.В., Куликов И.С., Ширвель П.И.

Белорусский национальный технический университет

Проведен комплекс исследований по изучению механического поведения конструктивных элементов при воздействии неоднородных термосиловых и интенсивных радиационном полей. Целью работы являлось создание механико-математических моделей физически нелинейного деформирования твердых тел, учитывающих облучение потоками частиц большой энергии, неоднородное термосиловое воздействие и изменение свойств материалов; разработка общих методов решения соответствующих краевых задач на основе классических положений механики деформируемого твердого тела и современных компьютерных технологий; алгоритмическая и программная реализация разработанных моделей при механическом и немеханическом воздействии с учетом возникающих необратимых деформаций. Дальнейшие планы предусматривают совместно со специалистами БГУИР, ФТИ НАН Беларуси, ОИМ НАН Беларуси и ОИЭЯИ – Сосны НАН Беларуси применение разработанных моделей и программных средств для определения оптимальных эксплуатационных нагрузок цилиндрических элементов конструкций и компонентов оборудования в машиностроении и энергетике: при анализе НДС конструктивных элементов, при прогнозировании ресурса конкретных технических устройств и анализе возможных механизмов и причин их повреждения в условиях экстремальной эксплуатации, а также применение изложенной методики при проведении прочностных расчетов с целью повышения точности прогнозирования ресурса широко применяемых в современной технике конструктивных элементов в виде цилиндрических тел в различных условиях экстремального нагружения. В перспективе полученные результаты могут наряду с нейтронно-физическим и теплофизическим блоками стать одной из трех составляющих общего компьютерного кода для проведения комплексных расчетов нейтронно-физических, теплофизических и прочностных характеристик тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. Подчеркнем, что до настоящего времени вычислительная программа такого уровня нигде в мире не создана. Возможный экономический эффект заключается в том, что полученные результаты, позволяют без проведения дорогостоящих экспериментов и связанных с ними энергетических и материальных затрат рассчитывать напряженно-деформированное состояние и критические нагрузки при проектировании цилиндрических конструктивных элементов энергетического и машиностроительного оборудования, работающего в экстремальных условиях.

**Исследование особенностей деформирования материалов ЯЭУ**

Ширвель П.И., Побегайло А.В.

Белорусский национальный технический университет

Характерной особенностью, отличающей условия эксплуатации любых ЯЭУ (предназначенных как для атомных электростанций и других энергетических систем выработки высокопотенциального тепла, так и для космических объектов, транспортных средств или двигательных систем на основе использования ядерной энергии), является работа в течение длительного срока в условиях повышенных температур и интенсивных радиационных облучений. Это приводит к дополнительным эффектам поведения облученного материала, которые оказывают определяющее влияние на процессы деформирования в целом. Учет этих изменений крайне важен, так как непредвиденное поведение элементов конструкций и компонентов оборудования в зоне высокой радиации может привести к катастрофе. В этой связи возникает необходимость в более адекватном описании и имитационном моделировании ответственных элементов конструкций, подверженных сложным техногенным воздействиям. Первостепенной задачей такого моделирования является определение однозначных соотношений между моделью и объектом исследования. В проведенном исследовании рассмотрен вопрос о комплексном влиянии облучения потоком высокоэнергетических частиц, неоднородного нагрева и механического воздействия на напряжения и малые деформации в материале сплошной среды в случае протекания необратимых процессов. При построении определяющих уравнений соотношения между напряжениями и деформациями применяются к бесконечно малому элементу среды, а его взаимодействие с окружающими элементами описывается с помощью общих законов теоретической механики на основе совместного решения групп уравнений – состояния и баланса. Макроскопическое состояние сплошной среды в каждый момент времени определено процессом деформирования. Математически деформации среды описывались симметричными тензорами второго ранга, компоненты которого выражаются через вектор перемещений ее материальных частиц. В случае малой деформации ее симметричный тензор определяется общеизвестными формулами Коши. На основании принципа аддитивности деформаций различного происхождения формулируются определяющие зависимости, характеризующие основные особенности протекания процессов в условия нагрева и облучения.

В дальнейшем необходимо разработать алгоритмы и эффективные численные методики, реализующие созданные модели в виде программных средств, для численного исследования деформирования с учетом основных эффектов, возникающих при высокоэнергетическом облучении.

## **Виртуальное моделирование НДС защитных элементов конструкций ядерного реактора**

Сергей А.А., Ширвель П.И.

Белорусский национальный технический университет

Общеизвестно, что эксплуатация и прекращение эксплуатации ЯЭУ, значительно осложняется наличием радиоактивных излучений. В этой связи наиболее ответственные элементы конструкции любой ЯЭУ – конструкции защиты от высокоэнергетических излучений (т.к. они предохраняют окружающую среду, людей, оборудование и т.п. от действия облучения и в то же время воспринимают наиболее сильное радиационное воздействие). Эти элементы конструкций, как правило, имеют цилиндрическую форму, что обусловлено конфигурацией реактора и устанавливаются за его пределами. Подчеркнем, что до недавнего времени, при проектировании ЯЭУ расчет НДС защитных конструкций на действие радиационной нагрузки не проводился. При проектировании долгое время исходили из того, что терморadiационная защита реактора работает при флюенсе нейтронов такой величины, при которой практически не возникают радиационные и значительные температурные деформации в материале защиты. Это допущение привело к необоснованному увеличению размеров и массы таких конструкций. Очевидно, что для таких конструкций необходимо в первую очередь производить оценку прочности от совместного действия термической и радиационной нагрузки.

В исследовании рассмотрено определение НДС радиационно-теплового экрана, обусловленного терморadiационным воздействием. Выполнена общая постановка статической и квазистатической задачи для защитной конструкции произвольной цилиндрической формы. Заданная нелинейная начально-краевая задача с конкретными граничными и начальными условиями решалась численно. Использовалась теория аппроксимации, метод прогонки и итерационные методы. Программная модель реализована на C# в лицензионной среде Visual Studio 2011, которая была бесплатно предоставлена компанией Microsoft, и позволяет обрабатывать и визуализировать результаты расчетов кинетики НДС исследуемых тел. Также были проведены вычислительные эксперименты, выполнена верификация и валидация методики решения и программы расчета, проверено соответствие разработанного программного средства процессам в реальных элементах конструкции реактора. Архитектура программного комплекса является модульной, что дает возможность в дальнейшем добавлять новые функциональные возможности и вносить улучшения.

Работа выполнялась при финансовой поддержке БРФФИ и Минобразования Республики Беларусь в рамках проекта №Г12МВ-038.

**Механико-математическая модель деформирования в защитном экране реактора при импульсном механическом нагружении**

Ширвель П.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящем исследовании с учетом динамических эффектов рассматривается длинный толстостенный цилиндр (модель монолитного терморрадиационного экрана ядерного реактора), подверженный действию изменяющейся во времени нагрузки на внутренней и наружной поверхностях. Внезапное приложение постоянного давления в цилиндрической полости вызывает волну сжатия. Если в цилиндрический экран скреплен с корпусом реактора, то волна сжатия взаимодействует с корпусом и внутренней круговой границей. Поскольку скорость волн сжатия весьма велика, то следует ожидать, что в системе цилиндр – корпус через очень небольшое время установятся стационарные вынужденные колебания. Материал защитного экрана считается вязкоупругим и предполагается несжимаемым. Заметим, что в нестационарных задачах предположение о несжимаемости приводит к бесконечной скорости волны дилатации. Поэтому приложение давления внутри или снаружи несжимаемого вязкоупругого цилиндра вызывает затухающие колебания без начальных волновых эффектов. Заданная нелинейная начально-краевая задача с конкретными граничными и начальными условиями решалась численно, на основе модификации численно-аналитического метода Б.Г. Галеркина.

В результате проведенных исследований получена общая разрешающая система динамических уравнений и разработана эффективная схема определения напряженно-деформированного состояния защитной конструкции вокруг источника радиоактивных излучений. В качестве тестовой задачи была решена задача о динамическом нагружении в конструктивных элементах АЭС в случае внезапной аварийной остановки реактора и быстрого падения температуры теплоносителя на выходе из активной зоны. Такие обстоятельства создают эффект так называемого теплового удара, вызывающего значительное повышение напряжений в стенках некоторых конструктивных элементов реактора (баках, коллекторах, трубопроводах и т.д.). Напряжения, вызванные тепловым ударом, можно значительно уменьшить путем устройства теплового экрана между несущей стенкой реактора и теплоносителем. Задача о тепловом ударе рассматривалась в упрощенной постановке: в предположении, что стенки баков, коллектора и трубопроводов плоские. Это допущение можно принять, так как толщина стенок конструктивных элементов мала по сравнению с их диаметром. Продемонстрировано применение частных случаев из полученных формул на примере расчета теплового удара в несущей стенке и тепловом экране реактора на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением. Материал – сталь марки 1X18H9T.



## Анализ особенностей работы сверла на выходе из обрабатываемого отверстия

Беляева Г.И., Мосейчук О.О.

Белорусский национальный технический университет

Из опыта обработки отверстий сверлом установлено, что качество поверхности просверленного отверстия в месте выхода режущей части хуже, чем на остальной. Анализ сил, действующих на сверло, показал, что от действия большой по величине осевой составляющей силы резания, система станок – приспособление – инструмент – заготовка в направлении оси сверла упруго деформируется и накапливает потенциальную энергию, которую сохраняет до начала выхода сверла из материала. После выхода вершины сверла при дальнейшем сверлении происходит скачкообразное уменьшение ширины среза и осевой силы резания, в результате чего потенциальная энергия сжатой системы переходит в кинетическую и скорость осевого перемещения (подача) сверла возрастает. Причём интенсивность возрастания может быть большой: образно говоря, сверло «выстреливает». Принимая силу упругости системы пропорциональной его перемещению с коэффициентом пропорциональности  $c$ , определим скорость подачи сверла на выходе его заборного конуса из отверстия при следующих данных: длина заборного конуса –  $l_{зк}$ ; скорость подачи шпинделя –  $v_0$ ; упругая деформация системы под действием осевой силы  $P_{oc}^{max}$  при сверлении в сплошном материале –  $\lambda$ ; масса шпинделя со сверлом –  $m$ . Осевая сила на выходе сверла изменяется по закону  $P_{oc} = P_{oc}^{max} - kx^2$ , где  $k$  – постоянный для данных условий обработки коэффициент пропорциональности;  $x$  – величина осевого перемещения вершины сверла относительно края отверстия. Для определения скорости осевого перемещения применили теорему об изменении кинетической энергии материальной точки.

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A_k; \quad \sum A_k = A(\overline{mg}) + A(\overline{F_y}) + A(\overline{P_{oc}}) \quad A(\overline{mg}) = mgl_{зк};$$

$$A(\overline{P_{oc}}) = - \int_0^{l_{зк}} P_{oc} dx = - \int_0^{l_{зк}} (P_{oc}^{max} - kx^2) dx = (k \frac{l_{зк}^2}{3} - P_{oc}^{max}) l_{зк}$$

$$A(\overline{F_y}) = \frac{c}{2} (\lambda_2^2 - \lambda_1^2) = \frac{c\lambda^2}{2}; \quad \sum A_k = (mg + \frac{kl_{зк}^2}{3} - P_{oc}^{max}) l_{зк} + \frac{c\lambda^2}{2};$$

$$v = v_{вблх}; \quad v_{вблх}^2 = v_0^2 + \frac{2}{m} \sum A_k = v_0^2 + \frac{2}{m} (mg + \frac{kl_{зк}^2}{3} - P_{oc}^{max}) l_{зк} + \frac{c\lambda^2}{m};$$

$$v_{вблх} = \sqrt{v_0^2 + \frac{2l_{зк}}{m} (mg + \frac{kl_{зк}^2}{3} - P_{oc}^{max}) + \frac{c\lambda^2}{m}}.$$

**К вопросу определения скоростей и ускорений с использованием  
их аналогов для основных механизмов**

Носов В.М.

Белорусский национальный технический университет

В разделе «Кинематика» курса теоретической механики все кинематические характеристики (линейные и угловые скорости и ускорения) представляются обычно функциями от времени  $t$ . Это является естественным, так как вытекает непосредственно из их определений как первой или второй производной от радиуса вектора  $r_m$  или угла поворота  $\varphi_k$  по времени  $t$ . Но такой подход, традиционный в курсе теоретической механики (ТМ), оказывается недостаточным при изучении курса теории механизмов и машин (ТММ), где требуется изучение кинематических характеристик механизмов не от времени, а от обобщенной координаты. В этом случае методика определения действительных скоростей и ускорений  $k$ -х звеньев и их точек  $m$  механизма требует введения понятий аналогов угловых и линейных скоростей ( $\omega_{k\varphi}$  и  $\vec{v}_{m\varphi}$ ) и ускорений ( $\epsilon_{k\varphi}$  и  $\vec{a}_{m\varphi}$ ) как соответственно первых или вторых производных от угла поворота  $k$ -го звена  $\varphi_k$  или радиуса вектора  $r_m$  некоторой его точки  $m$  по обобщенной координате  $\varphi_1$ :

аналог угловой скорости:  $\omega_{k\varphi} = \frac{d\varphi_k}{d\varphi_1} = \varphi_k^{\prime} \quad (1)$ ; аналог линейной скорости:

$$\vec{v}_{m\varphi} = \frac{d\vec{r}_m}{d\varphi_1} = \vec{r}_m^{\prime} \quad (2); \text{ аналог углового ускорения: } \epsilon_{k\varphi} = \frac{d\omega_{k\varphi}}{d\varphi_1} = \omega_{k\varphi}^{\prime} =$$

$$= \varphi_k^{\prime\prime} \quad (3); \text{ аналог линейного ускорения: } \vec{a}_{m\varphi} = \frac{d\vec{v}_{m\varphi}}{d\varphi_1} = \vec{v}_{m\varphi}^{\prime} = \vec{r}_m^{\prime\prime} \quad (4).$$

В формулах (1) – (4) и везде первая или вторая производные по обобщенной координате  $\varphi_1$  обозначаются соответственно одним или двумя штрихами. Как видно из формул (2) и (4), аналоги линейных скорости  $\vec{v}_{m\varphi}$  и ускорения  $\vec{a}_{m\varphi}$  являются векторами, поэтому и все составляющие этих аналогов также будут векторами. Однако этот факт не учитывается должным образом при традиционном подходе в курсе ТММ, где используется только координатный метод. Автором ранее были получены векторные выражения всех основных соотношений для аналогов скоростей и ускорений при различных видах движения тела и установлено, что они полно-

стью совпадают с известными соотношениями для самих скоростей и углов.

УДК 532.135:537.212

### **К вопросу измерения вращающего момента непроводящих тел в электрореологических суспензиях**

Носов В.М.

Белорусский национальный технический университет

Для исследования влияния момента сопротивления на скоростные характеристики вращения был разработан прямой метод измерения прикладываемого момента сопротивления, вызванного регулируемой силой трения. На верхнюю часть диэлектрического ротора плотно насаживался тормозной диск, на который передавался регулируемый момент сопротивления через тормозную колодку, закрепленную на конце измерительного воспринимающего элемента в виде граммометра часового типа. Радиусы обоих дисков выбирались из условия, чтобы показания измерительного элемента были выражены сразу в единицах вращающего момента, который оценивался по приложенному максимальному моменту сопротивления. Его значения увеличивались постепенно от нуля ступенями по  $2,5 \cdot 10^{-4}$  Н·м, причем для каждого значения момента сопротивления измерялись скорость установившегося вращения ротора и ток проводимости. Методика проведения опытов позволяла оценивать как сам вращающий момент ротора реоэлектрического двигателя, так и влияние дополнительно прикладываемого момента сопротивления на скорость его вращения. Проведенные исследования показали, что зависимость вращающего момента  $M$  от напряженности электрического поля  $E$  для разных электрофизических свойств среды и конструктивных параметров цилиндрических непроводящих тел близка к линейной для различных варьируемых параметров. Повышение содержания дисперсной фазы до  $C=2,5\%$  сначала снижает критическую напряженность  $E_{кр}$ , соответствующую возникновению крутящего момента устойчивого стационарного вращения. С дальнейшим ростом твердой фазы  $E_{кр}$  увеличивается. Минимальная пороговая напряженность, соответствующая началу вращения ротора, для суспензии диатомита наступает при концентрации  $2,5\%$  и составляет  $E_{кр} = 0,8 \cdot 10^6$  В/м. Этот экспериментальный факт позволяет утверждать, что на величину электрического числа Гартмана (критерий неустойчивости)  $N_E = (1+R)/\sqrt{1-RS}$ , соответствующую возникновению устойчивого стационарного вращения (в которой  $R = \sigma^b/\sigma^a$  определяет отношение проводимостей ротора  $b$  и дисперсионной среды  $a$ ,  $S = \epsilon^a/\epsilon^b$  – отношение диэлектрических проницаемостей дисперсионной среды  $a$  и ротора  $b$ ), определяющим образом влияют электрофизические свойства среды: удельная объемная проводимость  $\sigma^a$  и

диэлектрическая проницаемость  $\epsilon^a$ . Крутящий момент с ростом концентрации увеличивается.

# Физика

**Влияние высокоэнергетичной ионной имплантации на изменение физико-механических свойств монокристаллов кремния**Бринкевич Д.И.<sup>1</sup>, Просолович В.С.<sup>1</sup>, Янковский Ю.Н.<sup>1</sup>, Черный В.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусский государственный университет,<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Целью настоящей работы являлось исследование влияния радиационных дефектов, созданных высокоэнергетичной имплантацией, на микротвердость монокристаллического кремния. Имплантация кремния ионами  $B^+$ ,  $Ag^+$  и  $O^+$  с удельной энергией  $\sim 1$  МэВ/нуклон и дозами от  $1 \cdot 10^{13}$  до  $1 \cdot 10^{16}$   $см^{-2}$  проводилась при комнатной температуре на импульсном циклотроне ИЦ-9. Проецированный пробег ионов в исследованных материалах составлял  $\sim 15$  мкм. Измерения микротвердости (Н) проводились на приборе ПМТ-3 по стандартной методике вдоль направления  $\langle 100 \rangle$ .

Установлено, что имплантация ионов  $B^+$ ,  $Ag^+$  и  $O^+$  приводит к приповерхностному упрочнению пластин кремния: микротвердость при малых нагрузках (50 г) существенно возрастала, а при нагрузках 200 г и выше ее изменения не превышали 3–5 %, что близко к погрешности измерений. Эффект приповерхностного радиационного упрочнения существенно зависел от вида и дозы имплантируемых ионов. Так при имплантации ионов бора указанный эффект достигал максимума при дозе имплантации  $\sim 5 \cdot 10^{14}$   $см^{-2}$ , а для ионов кислорода и аргона не выходил на насыщение даже при максимальной дозе  $1 \cdot 10^{16}$   $см^{-2}$ . Показано, что дефекты, ответственные за приповерхностное радиационное упрочнение кремния, являются электрически неактивными дефектами междоузельного типа и формируются в процессе диффузии к поверхности кремния собственных междоузельных атомов (I) из нарушенного ионной имплантацией слоя. С ростом дозы большая часть I связывается в комплексы в пределах дефектного слоя в области ядерного или электронного торможения. При увеличении массы иона эффективность дефектообразования в пределах дефектного слоя растет, что приводит к снижению концентрации инжектированных к поверхности I.

Высокоэнергетичная имплантация всех использовавшихся ионов приводила также к увеличению дисперсии случайного распределения значений диагонали отпечатка при индентировании при малых нагрузках. Это свидетельствует об образовании у поверхности пластин (на глубине до 1 мкм, соответствующей глубине внедрения индентора при нагрузке 50 г) дефектных областей с размерами, близкими к размерам отпечатков индентора при указанной нагрузке ( $\sim 5$  мкм).

**Исследование режимов работы светодиодов в составе светильников**

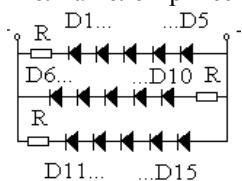
Ю.А. Бумай<sup>1</sup>, Д.С. Бобученко<sup>1</sup>, Д.С. Доманевский<sup>1</sup>, А.Г. Куклицкая<sup>1</sup>,  
С.А. Манего<sup>1</sup>, Ю.В. Трофимов<sup>2</sup>, В.И. Цвирко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН  
Беларуси»

С целью прогнозирования скорости деградации мощных светоизлучающих диодов (СИД) при работе в осветительных устройствах измерены параметры светодиодного светильника ДБО-31-15-801, произведенного в Беларуси и используемого на объектах жилищно-коммунального хозяйства.

Полная электрическая мощность светильника составляет 4.50 Вт, при этом электрическая мощность всех СИД 4.16 Вт, а мощность, выделяемая на 3 балластных сопротивлениях R в виде тепла, составляет 0.34 Вт. На пяти СИД одной линейки падает 14.8 В.



Разброс прямых напряжений и электрических мощностей СИД при функционировании в рабочем режиме находится в интервале ~50 мВ и ~12 мВт, соответственно. Разброс КПД СИД светильника оценивался по измерениям напряжения холостого хода фотодиода ФД-24 (<1%), который располагался на фиксированном расстоянии по осевой линии каждого из СИД светильника. Результаты измерений показывают, что различия в электрических и оптических параметрах СИД светильника в рабочем режиме являются незначительными. Были также измерены ВАХ каждого из СИД светильника. Выявлены СИД, обладающие особенностями ВАХ при больших прямых токах (в частности, более высокими последовательными сопротивлениями, связанными, очевидно, с сопротивлением как самих СИД, так и качеством пайки на плате, так как последнее в дальнейшем может повлиять на работу светильника).

Измерения температуры (с использованием тепловизора Flir) показывают, что наиболее разогрет (42.6 °С) СИД D11 (линейка, по вертикали расположенная выше), наименее (37.0 °С) – СИД D5 (линейка, расположенная ниже), что связано, очевидно, с их расположением (верхняя линейка нагревается конвекционными тепловыми потоками от двух нижних, что предъявляет требования к положению светильника). На основании температурных исследований составлен прогноз по скорости деградации СИД, входящих в состав данного светильника.

**Влияние облучения быстрыми электронами на электрические и оптические свойства мощных светодиодов.**Доманевский Д.С.<sup>1</sup>, Бобученко Д.С.<sup>1</sup>, Бумай Ю.А.<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»

Исследовано влияние облучения быстрыми электронами (4 МэВ) на электрические и оптические свойства СИД фирмы Helio (1 Вт) различного свечения (синих, зеленых, красных и ультрафиолетовых). Измерялись вольтамперные характеристики (ВАХ) в области токов 1 мкА – 350 мА, спектры электролюминесценции и температура. Определение параметров ВАХ СИД осуществлено на основе построения зависимостей напряжения  $U$  и производных по току  $dU/dI$  и  $dU/d\ln I$  от  $I$ ,  $I^{1/2}$ ,  $I^{-1}$ ,  $I^{-1/2}$  и анализа линейных участков полученных зависимостей. Облучение приводит к снижению прямого напряжения смещения на СИД в области туннельно-рекомбинационных токов, при этом сдвиг напряжения для синего и ультрафиолетового СИД достигает ~50 мВ и для зеленого ~75 мВ. Вероятно, это связано с повышением тока насыщения данных СИД в связи с увеличением при облучении количества ловушек в области пространственного заряда. Это подтверждается также увеличением малых прямых токов (~2 раза для синих и зеленых СИД и в ~1.5 раза для ультрафиолетового СИД) на участке ВАХ 1 мкА -1 мА. Для СИД на базе нитридов наблюдается также небольшое ослабление инжекционной составляющей при максимальной дозе облучения. При этом фактор неидеальности экспоненциальной части ВАХ изменяется слабо, контактная разность потенциалов СИД немного уменьшается. Изменения ВАХ СИД на основе фосфидов при облучении имеют противоположную тенденцию. Наблюдается сильное изменение ВАХ красного СИД, сильно увеличивается контактная разность потенциалов и существенно уменьшается степенной участок ВАХ, соответствующий двойной инжекции. Из спектров электролюминесценции получено, что с увеличением дозы облучения энергии Урбаха СИД на основе GaN увеличиваются, а красных СИД на основе GaP остается постоянной. С увеличением дозы облучения температура электронной подсистемы в активной области СИД на основе GaN, определяемая по высокоэнергетическому краю спектра, уменьшается, что можно объяснить уменьшением уровня возбуждения. Для СИД на основе GaP она увеличивается. Это, вероятно, связано с большей степенью деградации и, следовательно, большим нагревом кристалла.



**Оптические 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><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,<sup>2</sup>ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Полупроводниковые соединения  $A^{IV}B^{VI}$  SnTe и PbTe являются материалами для длинноволновых инфракрасных детекторов и термоэлектрических преобразователей. 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, в то время как SnTe всегда кристаллизуется с большой концентрацией вакансий в металлической подрешетке. Поликристаллические слитки  $PbSnTe$  сплавов были непосредственно синтезированы из стехиометрической смеси их составных элементов в вакууммированной кварцевой ампуле. Тонкие пленки  $PbSnTe$  были получены на кремниевых подложках термическим вакуумным испарением предварительно синтезированных поликристаллических слитков 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 1.0-2.5 мкм были р-типа проводимости. Спектры оптического поглощения регистрировались при температуре 300К. Ширина запрещенной зоны исследуемых пленок определялась экстраполяцией прямолинейного участка зависимости  $(\alpha\hbar\omega)^2$  от энергии фотона ( $\hbar\omega$ ) до пересечения с осью абсцисс ( $\alpha$  - коэффициент оптического поглощения). Коэффициент  $\alpha$  рассчитывался по формуле, учитывающей многократное внутреннее отражение в плоскопараллельном образце.

В результате проведенных исследований было установлено, что увеличение концентрации атомов свинца в пленке приводит к сдвигу края фундаментального оптического поглощения в длинноволновую область спектра. Оптическая ширина запрещенной зоны для прямых переходов линейно изменялась от  $E_g = 0,21$  eV для SnTe до  $E_g = 0,35$  eV для PbTe. Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания ИК-фотоприемников.

## Влияние ультразвукового воздействия на характеристики светодиодов

Красовский В.В., Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе представлены результаты предварительных исследований влияния воздействия ультразвукового (УЗ) поля на вольтамперные (ВАХ) и люксамперные (ЛАХ) характеристики светоизлучающих диодов (СИД) в системах AlGaInP/GaAs и AlGaInN/GaN. Цель исследований состоит в разработке методов прогнозирования сроков службы СИД с использованием ускоренной контролируемой деградации, в частности, ультразвуковой. В литературе такую деградацию связывают с прорастанием в УЗ поле дислокаций несоответствия в активную область гетероструктур.

Исследовались СИД производства фирмы Helio Optoelectronics Corp. (Тайвань) мощностью 1 Вт различных цветов свечения: НВНР-Е1LR (красный), НМНР-Е1LG (зеленый), НВНР-Е1LB (синий) и НМНР-Е1LU (ультрафиолетовый). Светодиоды крепились на концентраторе ультразвукового излучателя с помощью цианакрилового клея. Вначале использовался генератор, позволявший возбуждать в пьезокерамическом излучателе УЗ колебания мощностью до 40 Вт с перестройкой частоты в пределах от 25 до 100 кГц. Время «озвучивания» СИД составляло порядка двух часов. До обработки и после нее измерялись ВАХ и ЛАХ СИД и проводилось их сравнение. В последующем была использована возможность проводить эти измерения непосредственно в процессе «озвучивания» при той же мощности, однако в диапазоне частот лишь от 22 до 30 кГц. Длительность УЗ воздействия при этом была увеличена до 12 часов.

Поскольку размеры самого кристалла СИД значительно меньше длины волны УЗ в вышеуказанных диапазонах частот, то ожидалась возможность резонансного эффекта деградации на кратной частоте (гармонике).

Был обнаружен эффект свечения СИД в УЗ поле при замыкании контактов на резистор с сопротивлением порядка 1 кОм с явно выраженным резонансом, причем резонансная частота  $f_p$  была индивидуальной для каждого из СИД (для всех  $f_p > 50$  кГц). Вероятнее всего, эффект имеет пьезоэлектрическую природу. О достаточности мощности воздействия может свидетельствовать тот факт, что у синего СИД в силу механического резонанса разрушились выводы с припаянным к ним резистором.

Заметных изменений в ВАХ и ЛАХ исследованных СИД во время и после описанных выше воздействий обнаружено не было, что говорит о высокой деградационной стойкости данных светодиодов.

## Пьезоэлектрические свойства гетероструктур в системах AlGaInP/GaAs и AlGaInN/GaN

Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

Пьезоэлектрический эффект оказывает существенное влияние на работу полупроводниковых приборов, изготовленных на базе гетероструктур в системах соединений  $A_3B_5$  и их твердых растворов. К последним относятся и указанные в названии доклада системы, наиболее широко используемые для изготовления светоизлучающих диодов. При этом в системе AlGaInP/GaAs (1) изготавливают светодиоды, излучающие в красном, оранжевом и желтом диапазонах спектра, а в системе AlGaInN/GaN (2) – в зеленом, синем и фиолетовом, а также ультрафиолетовые светодиоды.

Как известно пьезоэлектрическими свойствами обладают кристаллы, в элементарной ячейке которых отсутствует центр инверсии. К таким кристаллам в отличие от Ge и Si относятся соединения  $A_3B_5$  и их твердые растворы. Пьезоэлектрические свойства в большей степени присущи нитридам, имеющим гексагональную решетку вюрцита, в которой симметрия правильного тетраэдра нарушена. В силу этого у них в области гетерограниц имеет место спонтанная поляризация [1]. Оба фактора необходимо учитывать для правильного представления энергетической диаграммы гетероструктуры.

Основное отличие названных двух систем состоит в том, что все слои в структурах (1) согласованы по периоду решетки между собой и с подложкой. Поэтому в этих структурах механические напряжения отсутствуют и нет встроенного пьезоэлектрического поля. Такое поле может возникать лишь при внешнем воздействии, например, в поле ультразвуковой волны. Напротив, в структурах (2) имеют место большие механические напряжения на интерфейсах из-за рассогласования решеток и присутствует сильное встроенное пьезоэлектрическое поле. По этой причине в системе (2) активные и барьерные слои изготавливают толщиной в несколько нанометров. При больших толщинах возникают дислокации несоответствия, а также происходит пространственное разделение неравновесных электронов и дырок, что снижает квантовый выход излучения. Поэтому возможно, что в структурах (2) также труднее обнаружить проявление пьезоэффекта при внешнем воздействии.

### Литература:

1. Рабинович, О. История изучения светоизлучающих диодов на основе многокомпонентных гетероструктур AlGaInN // Компоненты и технологии. – 2008. – № 7. – С. 160-166.

**Экспериментальное определение энергии активации процесса старения светодиодов при форсированных испытаниях**

Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

Старение светоизлучающих диодов (СИД) приводит к необратимому дрейфу их параметров. В результате возникают постепенные параметрические отказы, которые обуславливаются выходом их параметров за нормы ТУ. В итоге детерминированный по своей природе процесс старения СИД влияет на величину вероятностных показателей надежности светодиодного изделия. Необходимость учета наряду со случайными (катастрофическими) отказами закономерно возникающих и связанных с процессом старения СИД постепенных отказов, обусловила разработку модели старения на основе уравнения Аррениуса.

При моделировании сложного процесса старения светоизлучающих диодов, механизмы которого не идентифицированы, деградация контролируемого параметра СИД связана с преодолением некоторого условного энергетического барьера. Он интегрально определяет весь комплекс отдельных процессов, таких как окисление, гидратация, электродиффузия, термодиффузия и т.д., которые могут иметь место в ходе старения СИД. Поэтому для модели старения СИД, отражающей процесс деградации исследуемого параметра, скорость изменения (дрейфа) параметра, исследуемого в процессе старения изделия, можно описать следующим уравнением

$$V=A \cdot \exp(E_a/kT),$$

где  $A$  - коэффициент пропорциональности, который в узком диапазоне рабочих температур СИД принято считать постоянным;  $E_a$  - энергия активации процесса старения СИД, который выражается дрейфом исследуемого параметра, эВ.

Основное преимущество данного подхода состоит в том, что основные исходные данные  $V(T)$  для расчета  $E_a$ , получаются из эксперимента, который выполняется при температурах, значительно меньших температур испытаний, необходимых для достижения заметного потока параметрических отказов. Последнее важно для обеспечения автоматичности процессов старения, которые воспроизводятся при форсированных испытаниях, и протекают в реальной жизни. Данная методика позволяет выполнять оперативную оценку влияния различных внешних факторов на стабильность параметров СИД.

**Пути снижения управляющих напряжений многоканальных модуляторов света на основе электрооптической керамики**

Малаховская В.Э., Сидоренко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Сравнительно высокая амплитуда рабочих напряжений светомодулирующих приборов на основе электрооптической керамики является одной из причин, сдерживающих их широкое распространение

Значения управляющих напряжений для керамики типа PLZT 9/65/35 составляют, в зависимости от частотного режима, 150–250 В при межэлектродном промежутке светового клапана (СК) в 100 мкм.

Можно проанализировать типичные зависимости наведенной разности фаз (между обыкновенной и необыкновенной компонентами световой волны) от величины приложенного напряжения, характеризующей квадратичный электрооптический эффект в PLZT-керамике. Получим, что на начальном (параболическом) участке кривой в диапазоне напряжений от 0 до 100 В набег фазы составляет лишь  $20^\circ$ , и основной фазовый сдвиг ( $\sim 160^\circ$ ) достигается при дальнейшем росте напряжения от 100 В до 175 В. (Цифровые значения приведены для частотного режима с полуволновым  $U_{\lambda/2} = 175$  В.)

Поэтому с точки зрения снижения величин управляющих напряжений целесообразно работать не во всем диапазоне напряжений  $[0; U_{\lambda/2}]$ , а использовать лишь ту часть параболы, которая имеет более высокую крутизну в сравнении с начальным участком. Состояние «включено» будет по-прежнему соответствовать подаче на СК напряжения  $U_{\lambda/2}$ . Состояние «выключено» будет определяться наличием на СК некоторого постоянного напряжения смещения  $U_{см}$ . В этом случае для управления СК необходимо коммутировать рабочее напряжение величиной лишь  $U_p = U_{\lambda/2} - U_{см}$ . Но при этом наличие на выключенном СК постоянного напряжения  $U_{см}$  недопустимо ухудшает контрастные параметры модулятора. Для сохранения величины контраста в приемлемых пределах используется метод компенсации разности фаз. Его суть состоит в том, что световой поток последовательно проходит через два двулучепреломляющих керамических СК, в апертурах, которых электрические поля взаимно ортогональны. При переходе из одного СК в другой «быстрая» компонента световой волны становится «медленной» и наоборот. В результате, если разность хода в первом и втором СК одинакова, суммарный фазовый сдвиг стремится к нулю: второй СК (компенсатор) с постоянным  $U_{см}$  компенсирует паразитное влияние  $U_{см}$  на состояние «выключено» первого (информационного) СК.

**Формирование и диагностика тонких слоев силицидов металлов на кремнии для интегральных микросхем с элементами субмикронных размеров**

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»

Увеличение функциональных возможностей и повышение быстродействия интегральных микросхем (ИМС) достигается уменьшением размеров элементов схем, увеличением степени интеграции и размера кристалла. Для повышения быстродействия ИМС необходимы качественные омические и барьерные контакты. Контакты к стоку/истоку и к электроду затвора транзистора формируются за один технологический цикл: нанесение пленки металла, отжига и селективного травления не прореагировавшей части пленки.

Перспективным направлением при создании новых материалов является быстрая термическая обработка (БТО). Высокие скорости нагрева и охлаждения в процессе БТО оказывают влияние на кинетику перераспределения вакансий, кинетику синтеза (разложения) веществ.

Например, дисилицид титана формировался методом быстрой термической обработки в результате твердофазной реакции пленок титана с кремнием. В качестве исходных подложек использовали пластины монокристаллического кремния легированного бором с удельным сопротивлением  $12 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  с ориентацией (100), имплантированных мышьяком с дозой  $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$  и энергией 80 КэВ. Методом магнетронного распыления на установке «Varian m2i» фирмы Varian и «Endura 5500 PVD» наносились пленки Ti и TiN. Пленку TiN наносили для того, чтобы остаточные примеси не проникали в пленку титана при быстрой термической обработке. Таким образом, формировалась гетеросистема TiN/Ti/Si.

На различных этапах формирования силицидов с высокой электропроводностью и структурной термостабильностью проводилось комплексное исследование структуры слоев с помощью оже – электронной спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, совмещенной с рентгеновским дисперсионным микроанализом, электронографией, измерением электропроводности.

Показано, что представленный комплекс аналитических измерений позволяет решать задачи, которые связаны с контролем процесса образования тонких слоев силицидов переходных металлов, которые могут быть использованы при разработке технологии их формирования.

## Исследование рабочих характеристик образцов светодиодных кластеров

Развин Ю.В., Самусенко А.А., Кипарин А.И.

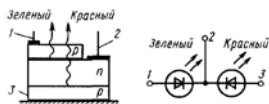
Белорусский национальный технический университет

Расширение элементной базы полупроводниковой светотехники связано с разработкой светодиодных кластеров (модулей). Светодиодный кластер представляет собой единый излучатель, содержащий несколько совместно работающих светодиодов и управляющий встроенный контроллер. Многоцветные и полноцветные кластеры состоят из светодиодов различных цветов и позволяют создавать излучение требуемого спектрального состава. Многокластерные блоки применяются для изготовления экранов коллективного пользования, в которых каждый кластер является пикселем. Светодиодные кластеры различаются количеством светодиодов, их геометрическими размерами, яркостью свечения, напряжением питания и способом управления. Основными преимуществами таких изделий являются технологичность изготовления, компактность, большой срок службы, высокая эффективность применения.

Перспективы использования таких излучателей определяют актуальность исследования их электрических и световых характеристик в различных режимах работы. Целью данной работы является исследование образцов светодиодных кластеров, собранных по схеме RGB, и проведение сравнительного анализа их характеристик.

В работе использовались различные образцы линейных и ленточных светодиодных кластеров, выполненных на основе соединений многокристалльных светодиодов. Определены вольт-амперные и световые характеристики исследуемых излучателей, получены зависимости яркости излучения от величины тока питания и режимов управления. Проводится сравнение изучаемых кластеров с полицветными RGB-сборками.

Альтернативой известным многокристалльным светоизлучающим модулям является разработка однокристалльных СИД с управляемым цветом свечения. В настоящее время производится двухпереходный однокристалльный GaP-диод, на рисунке представлена его структура. Такие светодиоды имеют симметричную диаграмму направленности излучения. Сравнительный анализ оптических и электрических характеристик изучаемых светодиодов показывает, что по своим параметрам двухпереходные однокристалльные СИД соответствуют одноцветным светоизлучающим диодам. Однако необходимо отметить сложность технологии их изготовления.



## Симметрия живой природы в динамике анизотропных лазерных систем

Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Учет векторного характера электромагнитного поля предполагает появление радикально нового свойства – инвариантности оптической и лазерной системы по отношению к преобразованию состояния поляризации излучения. Эффекты симметрии носят междисциплинарный характер, их исследование в оптических и лазерных системах может оказаться полезным для объяснения подобных эффектов в нелинейных системах различного физического происхождения: в биологии, экономике, информатике, медицине, и т.д.

В анизотропных лазерных системах возможны периодические колебания с различными свойствами симметрии: симметричный S-цикл и асимметричный M-цикл. Симметрия этих решений аналогична симметрии акиральных и киральных биологических макромолекул [1]. Решения с различными свойствами симметрии претерпевают различные последовательности допустимых бифуркаций, а разложение S-цикла на два M-цикла (возникновение S-цикла в результате слияния двух M-циклов) представляет собой явление нарушения (восстановления) симметрии, которое описывается бифуркацией типа вилки. Изучение эволюции решений с киральной и акиральной симметрией в анизотропных лазерных системах может оказаться полезным для понимания процессов эволюции в биологии, связанных с происхождением жизни на Земле.

Газовые лазеры класса-A, теория которых достаточно хорошо развита, позволяют изучить экспериментально влияние различных физических механизмов, многие из которых существуют или могут быть ассоциированы с механизмами, существующими в природе. На примере двух экспериментально апробированных моделей показано, каким образом конкуренция анизотропии среды и резонатора, продольное магнитное поле, многомодовое взаимодействие, линейная связь генерируемых волн за счет обратного рассеяния, а также случайные флуктуации, оказывают влияние на поведение режимов генерации с киральной и акиральной симметрией [2].

### Литература:

1. Авестистов, В.А. Физические аспекты нарушения зеркальной симметрии биоорганического мира // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166. – С. 873.
2. Svirina, L.P. Chiral and achiral symmetry in dynamics of vector-field lasers / L.P. Svirina // Proceedings of SPIE. – 2012. – Vol. 8337. – P. 83370H-1.



**Компьютерная оптимизация тепловых параметров мощного фотодиода**Хорунжий И.А.<sup>1</sup>, Доманевский Д.С.<sup>1</sup>, Малышев С.А.<sup>2</sup>, Чиж А.Л.<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,<sup>2</sup>Институт физики НАН Беларуси

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 малыми (диаметр активной области ~ 10-30 мкм), но при этом рассеиваемые мощности достигают ~ 50-100 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 ~130°C. Компьютерное моделирование тепловых процессов, происходящих в неоптимизированном с точки зрения тепловых характеристик фотодиоде, показало, что в нагрев активной области при стационарном режиме работы при мощности 10 мВт достигает 132°C. Испытания опытных образцов фотодиодов показали, что при достижении мощности ~ 10 мВт фотодиоды действительно выходят из строя. Этот результат экспериментально подтвердил правильность результатов моделирования. На основе анализа полученных при моделировании результатов было установлено, что основной отвод тепла от активной области происходит через анодный контакт, который имеет малое сечение и создает значительное тепловое сопротивление, кроме того стало очевидно, что необходимо улучшить отвод тепла и через катодный контакт. Для улучшения тепловых характеристик фотодиода были увеличены толщина и ширина анодного контакта, повышена плотность компоновки всех частей, а также принято решение не стравливать полностью с катодного контакта слой *i-InP*, обладающий высокой теплопроводностью. В результате теплообмен через катодный контакт фотодиода значительно улучшился. Компьютерное моделирование для конструкции фотодиода с измененным дизайном показало, что в стационарном режиме максимальная температура активной области составила 120°C при мощности лазерного излучения 100 мВт. Таким образом, благодаря введенным изменениям конструкции фотодиода удалось существенно улучшить его тепловые характеристики и обеспечить приемлемые рабочие температуры при значительно увеличенной мощности излучения.

## **Изменение шумовых характеристик светодиодов в процессе деградации**

Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

Синие светодиоды на основе InGaN/GaN созданы почти 20 лет назад и широко используются в системах энергосберегающего освещения. Тем не менее, многие вопросы, относящиеся к их деградации, остаются невыясненными. В ряде случаев сообщается о достижении срока службы вплоть до нескольких десятков тысяч часов. Однако часто наблюдается непредсказуемый выход из строя после сравнительно небольшого срока эксплуатации.

Данное обстоятельство стимулирует применение широкого круга методов исследований для изучения свойств указанных светодиодов. В данной работе проводилось исследование влияния внешних воздействий, стимулирующих деградацию параметров светодиодов, на спектральную плотность низкочастотных шумов. Кроме того, исследовались вольтамперные характеристики светодиодов, а также и интегральная мощность излучаемой световой энергии.

В качестве воздействия, приводящего к деградации свойств, использовалось пропускание коротких импульсов тока в прямом направлении, сила которого в несколько раз превышала максимально допустимую величину в стационарном режиме и дополнительном нагреве до температуры 100°C.

На начальной стадии деградации у некоторых светодиодов (примерно 20%) наблюдался небольшой рост интегральной мощности излучаемой световой мощности (до 5-10%). У большинства светодиодов данная характеристика монотонно уменьшалась по мере роста длительности воздействия.

Спектральная плотность токовых шумов в интервале частот 5-500 Гц также монотонно возрастала по мере роста длительности воздействия. Этот эффект оказался заметно выше при напряжениях, в 2-3 раза ниже предельно допустимых. В этой же области напряжений заметно возросли прямые токи.

Полученные результаты качественно согласуются с результатами, полученными ранее в ряде работ. Причиной изменений шумовых характеристик является, прежде всего, наличие областей локального перегрева, через которые могут мигрировать ионы металлических примесей. Кроме того, возможна генерация протекающим током новых дефектов структуры на участках с более высокой плотностью тока.

### **Диагностика при проектировании учебных занятий**

Кужир П.Г., Юркевич Н.П., Савчук Г.К., Важник М.Г.  
Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является разработка диагностики при проектировании практических занятий по курсу общей физики.

Учитывая специфику курса общей физики, сложность взаимодействия преподавателя и студента, неполноту знаний о процессах мыслительной деятельности, можно заключить, что для достижения образовательных целей создание единой количественной модели, обеспечивающей оценку уровня сложности любой физической задачи, не является первостепенным фактором. Важно, чтобы наблюдалось повышение уровня образованности студента по отношению к исходному уровню.

В структуре каждой изучаемой темы содержатся блоки кратких теоретических сведений, примеров решения задач, задачи для самостоятельного решения. Диагностика при проектировании учебного занятия основана на группировании задач для самостоятельного решения по уровням сложности. Уровень I соответствует оценке 4 балла. Решение задач данного уровня предполагает одно-два действия и направлено на проверку знаний основных формул и законов, изучаемых в разделе. Уровни II, III и IV соответствуют оценкам 5-6, 7-8, 9-10 баллов по десятибалльной шкале. В структуре учебно-методического обеспечения имеются обратные связи между задачами для самостоятельного решения, блоками примеров решения задач и кратких теоретических сведений. По каждой теме раздела курса общей физики предлагается порядка 50-ти задач. Задачи подобраны таким образом, чтобы студенты при их решении могли не только формировать свою понятийную базу и приобретать навыки применения знаний на практике, но и развивать высшие уровни эмоциональной и интеллектуальной частей мышления. Кроме этого, предлагаемая структура учебно-методического обеспечения для проведения практических занятий создает возможности дифференцированного обучения студентов различного уровня подготовки. Проведение практических занятий со студентами технических специальностей по курсу общей физики в БНТУ показало высокую эффективность данной методологии. Значительно повысился интерес студентов к данному виду занятий, преподаватели отмечали повышение интенсивности и качества работы, увеличение объема решаемых задач за счет дифференцированного подхода.

Данная методология реализована в учебном пособии, получившем гриф Министерства образования Республики Беларусь.

## Исследование температурной стабильности проводящих керамик состава $\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$

Савчук К.Г., Юркевич Н.П.

Белорусский национальный технический университет

Керамические материалы на основе соединения  $\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$ , содержащего  $\text{Ag}^{+1}$  и  $\text{Pb}^{+4}$  и имеющего на одну формульную единицу один делокализованный электрон, обладают металлическим типом проводимости. Удельное сопротивление керамик при  $T = 20^\circ\text{C}$  составляет  $0,33 - 0,37$  мОм·см.

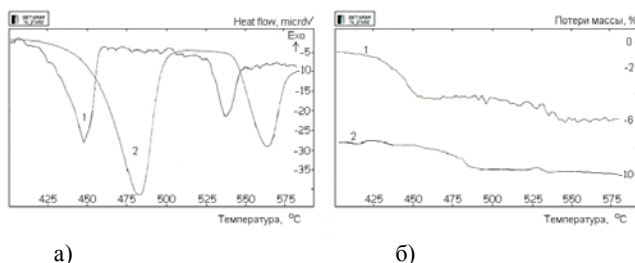


Рис. Температурные зависимости теплового потока (а) и потерь массы (б) керамик  $\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$  при нагревании со скоростью  $1^\circ\text{C}/\text{мин}$  (кривая 1) и со скоростью  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$  (кривая 2)

Цель данной работы – изучение температурной стабильности керамик  $\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$  в интервале температур  $20\text{-}600^\circ\text{C}$ .

Этапы разложения		Скорость нагрева, $^\circ\text{C}/\text{мин}$		
		1	5	10
Первый этап	Температура разложения	448 $^\circ\text{C}$	477 $^\circ\text{C}$	484
	Энтальпия, кДж/моль	-10,37	-7,62	-7,05
Второй этап	Температура разложения	536 $^\circ\text{C}$	556 $^\circ\text{C}$	566
	Энтальпия, кДж/моль	-13,113	-13,13	-14,16

Исследования термической стабильности керамик проведены при скоростях нагревания  $1, 5$  и  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$  с помощью дифференциально-термического (ДТА) и гравиметрического (ТГА) анализов (рис.).

Установлено, что до  $380^\circ\text{C}$  керамические материалы состава  $\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$  обладают высокой термической стабильностью. Получено, что процесс разложения происходит в два этапа (табл.). Для каждого этапа в зависимости от скорости нагревания определены температуры разложения и значения энтальпии.

### Ориентационные твист-волны в жидких кристаллах

Развин Ю.В., Потачиц В.А.

Белорусский национальный технический университет

Если в определенном участке слоя планарно ориентированного нематического жидкого кристалла (ЖК) создать деформацию кручения (компоненты директора  $\vec{n} = (\cos \Theta, \sin \Theta, 0)$ ), тогда уравнение движения директора ЖК слоя представляется в виде:

$$I \frac{\partial^2 \Theta}{\partial t^2} = k_{22} \frac{\partial^2 \Theta}{\partial z^2} - R \frac{\partial \Theta}{\partial t}$$

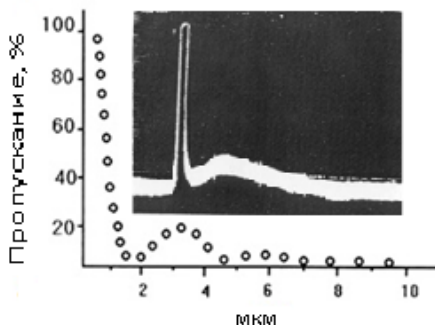
Инерциальный член в этом уравнении учитывает угловое ускорение, деформация кручения описывается слагаемыми с индексом Франка  $k_{22}$ , момент трения пропорционален угловой скорости директора.

Применяя для решения этого уравнения метод Фурье, получаем  $\Theta(z, t) = Ce^{-gt} \sin(pt - nz)$ , все константы находятся из граничных и начальных условий. В этом случае по кристаллу пробегает затухающая волна  $T$  – деформации.

Для получения деформации кручения в ограниченной области ЖК-слоя нами использовался обнаруженный ранее эффект сжатия закрученной твист-структуры в импульсном электрическом поле. После выключения поля закрученная структура распрямляется и по толщине ЖК-слоя пробегает твист-волна, при этом изменяется интенсивность проходящего света.

Осциллограмма пропускания излучения через такую структуру сравнивалась с пропусканием стационарной закрученной твист-структурой при различной толщине ЖК-слоя.

Результат представлен на рисунке.



Сравнивая эти зависимости, скорость твист-волны при толщине слоя 10 мкм в начальный момент времени составила около  $10^{-2}$  м/с, а коэффициент затухания  $10^3$  с<sup>-1</sup>. Большой коэффициент затухания связан с сильным ориентирующим действием граничных поверхностей и не большой толщиной ЖК слоя в эксперименте.

### Парадоксы трения скольжения

Климович И.А., Попко С.В., Потачиц В.А.

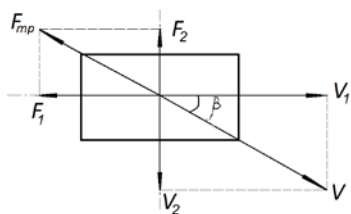
Белорусский национальный технический университет

Классические законы трения скольжения были открыты и опубликованы французскими учеными Амонтоном и Кулоном ещё в 17-18 в. Триста лет исследований трения подтвердили правильность почти всех закономерностей, предложенных французами, хотя механизм объяснения ими трения и был наивен.

В настоящее время модель трения также несовершенна: при движении из-за неровности поверхностей соприкосновения между молекулами тел образуются и рвутся связи. При этом возникают колебания молекул, на которые и тратится энергия. В этой модели не рассматриваются диффузия молекул, возникающие на соприкасающихся поверхностях электрические заряды, а также роль и механизм действия смазки. Эти вопросы до сих пор неясны, а их объяснения спорны.

Можно только удивляться тому, что при такой сложности трение описывается столь простым законом  $F_{mp} = kN$ .

Трение скольжения в отличие от жидкого трения имеет существенную особенность: трение покоя. При скольжении тело начинает двигаться только тогда, когда проекция приложенной к нему силы не достигнет величины  $kN$  (до этого действующая на него сила трения равна касательной составляющей приложенной силы и направлена в противоположную сторону).



Если тело скользит равномерно со скоростью  $V_1$ , то его можно заставить двигаться еще и в направлении  $V_2$ , как это показано на рисунке. При этом  $F_2 = F_{mp} \sin \beta = kN V_2 / V_1$ , если  $V_2 \ll V_1$ , таким образом скользящее тело можно заставить двигаться еще и в перпендикулярном направлении бесконечно малой силой. Связано это как раз с тем, что сила трения не может быть больше максимальной силы трения покоя.

Явление, о котором идет речь, встречается довольно часто. Например, при резком торможении электродвигателя ремень проскальзывает относительно шкивов и достаточно небольшой силы, связанной с перекосом установки ремня, чтобы он соскользнул. По этой же причине при резком торможении автомобиль теряет управление: машину заносит, а равномерно движущийся смычок заставляет звучать скрипичную струну.

## **Фигуры Лиссажу и их лазерная лекционная демонстрация**

Кравчук К.А., Баранов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Фигуры Лиссажу возникают при сложении двух взаимно перпендикулярных колебаний с частотами, кратными натуральным числам при различных начальных фазах. Для представления таких фигур можно использовать физическую или математическую модель. Фигуры Лиссажу собраны в таблицы с указанием отношения частот и начальных фаз. Так же предлагается изучение фигур Лиссажу методом синусоидальной развертки и методом касательных.

Демонстрация таких фигур во время лекций требует либо наличия достаточно громоздкой стационарной установки (например, осциллографа и генератора колебаний), либо компьютера (ноутбука). Последнее имеет существенный недостаток вследствие малого поля зрения для большой аудитории.

Для лекционной демонстрации фигур Лиссажу предлагаются такие установки, как установка записи колебаний песком, установка, представляющая собой специально обработанную металлическую пластину, и лазерная установка. Последняя заслуживает детального изучения, так как колебания по взаимно перпендикулярным осям имеют нестандартный вид. Такая установка является мобильной с габаритами 20см×15см×5см. В качестве экрана для этой установки может служить обычная белая стена. Такая установка была создана и успешно опробована.

Рассмотрим краткое описание этой лазерной установки, имеющей автономное питание и малый вес (до 1,5 кг). В общем виде установка представляет собой панель, на которой находится источник лазерного луча и два зеркала, закрепленных на маленьких моторах, работающих от источника постоянного тока. Зеркала закреплены под малым углом к оси вращения подвижной части моторов. Элементы установки расположены в пространстве таким образом, что луч лазера, выходящий из источника, попадает на первое зеркало, отражается от него, а отраженный луч в любой момент времени попадает на второе зеркало, в свою очередь, отражаясь от этого зеркала. В конечном итоге вторично отраженный луч попадает на экран, на котором точка пересечения луча с экраном вычерчивает фигуры Лиссажу. За счет того, что в результате вращения зеркал изменяется угол падения и отражения луча лазера, отраженный луч меняет свое пространственное положение, а следовательно и точка на экране будет перемещаться.

УДК 531.3 (076.5)

### Исследование зависимости плотности тока от напряженности электрического поля в металлическом проводнике

Позняк В.С., Баранов А.А., Дикун О.В.

Белорусский национальный технический университет

С помощью разработанной лабораторной установки для 5 значений силы  $I$  тока в проводнике измеряются соответствующие значения напряжения  $U$ . Далее вычисляются значения плотности тока  $j = \frac{I}{S}$  и

напряженности однородного электрического поля  $E = \frac{U}{l}$ , где  $S$  - площадь поперечного сечения проводника,  $l$  - длина проводника.

Зависимость плотности тока  $j$  от напряженности поля  $E$  представляется графически. График указывает на линейную зависимость плотности тока от напряженности  $j = \sigma E$ , т.е. на закон Ома в дифференциальной форме. Значение коэффициента пропорциональности  $\sigma$  определяется по методу наименьших квадратов, когда сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от линейной зависимости минимизируется, т.е.

$S = \sum_i (\sigma E_i - j_i)^2 = \min$ , что приводит к  $\frac{dS}{d\sigma} = 0$ . Для упрощения

вычислений используется только три экспериментальных точки. При этом получается следующая формула для вычисления  $\sigma$

$$\sigma = \frac{j_1 E_1 + j_3 E_3 + j_5 E_5}{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2}.$$

Вычисления приводят к значению  $\sigma = 1,19 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$

По таблицам устанавливается, что такое значение удельной электропроводности соответствует нихрому.

Таким образом, экспериментально устанавливается справедливость закона Ома в дифференциальной форме для металлического проводника, выполненного из нихрома.

Для увеличения точности эксперимента в дальнейшем предполагается уменьшение шага измерений тока  $I$  и напряжения  $U$  и последующая обработка результатов измерений методом наименьших квадратов на компьютере и с использованием графического редактора при построении экспериментальной линии.



УДК 537.3 (076.5)

**Исследование зависимости плотности тепловой мощности от напряженности электрического поля в металлическом проводнике**

Позняк В.С., Мисиевич Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы является экспериментальное установление закона Джоуля-Ленца в дифференциальной форме для металлического проводника. Для этого с помощью лабораторной установки снимается вольт-амперная зависимость  $I=I(U)$  для исследуемого проводника для целого ряда точек. Эта зависимость позволяет вычислить напряженность однородного поля  $E = \frac{U}{l}$ , где  $l$  – длина проводника, и плотность

тепловой мощности  $w$ , т.е. тепловую энергию, выделяемую в единице объема проводника за единицу времени  $w = \frac{Q}{V \cdot t} = \frac{IU}{Sl}$ , где  $S$  – площадь поперечного сечения проводника. Эта зависимость представляется графически. Анализ этого графика приводит к параболической зависимости  $w$  от  $E$ , т.е.  $w = \sigma E^2$ .

Для определения коэффициента пропорциональности  $\sigma$  используется метод наименьших квадратов, при котором минимизируется сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от теоретической зависимости.

Для этого необходимо минимизировать сумму

$$S = \sum_i (\sigma E_i - w_i)^2 = \min, \text{ что приводит к условию } \frac{dS}{d\sigma} = 0.$$

$$\text{Вычисления приводят к выражению } \sigma = \frac{\sum_i E_i^2 \cdot w_i}{\sum_i E_i^4}. \text{ При вычислении}$$

можно ограничиться значениями  $i = 1;3;5$ .

Расчеты приводят к значению  $\sigma = 8,61 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$ . Такое значение  $\sigma$  наиболее близко к проводнику, выполненному из нихрома.

Таким образом, экспериментально установлена справедливость закона Джоуля-Ленца в дифференциальной форме для металлического проводника.

## **Особенности методической составляющей поисковой лабораторной работы**

Ветохин С.С., Климович И.А.,

Белорусский государственный технологический университет,  
Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития системы высшего образования научно-исследовательская деятельность студентов приобретает все большее значение и превращается в один из основных компонентов профессиональной подготовки будущего специалиста.

Процесс исследования индивидуален и является ценностью как в образовательном, так и в личностном смысле, поэтому необходимо совершенствовать подходы к научно-исследовательской работе. Одним из методов привлечения студентов к такой работе является использование в учебном процессе поисковой лабораторной работы.

Научно-исследовательская работа – это сложный компонент учебной работы, который включает в себя совокупность мотивационной сферы студента, обеспечение которой берет на себя преподаватель, методов и форм научного познания, необходимых для полноценного совмещения учебного и исследовательского процессов.

У большинства студентов понятия, представления о научно-исследовательской деятельности носят общий характер и являются неполными; кроме того, умения, соответствующие научно-исследовательской деятельности, практически отсутствуют или присутствуют фрагментарно.

Как показывают исследования, 30 % студентов имеют низкий уровень готовности к научно-исследовательской деятельности, 70 % – средний уровень.

Научно-исследовательская деятельностью студентов – это деятельность, связанная с поиском ответа на творческую, исследовательскую задачу с заранее неизвестным решением. Она включает в себя следующие этапы: постановку проблемы; изучение теории, посвященной данной проблематике; подбор методик исследования и практическое овладение ими; сбор собственного материала, его анализ и обобщение, собственные выводы, что соответствует основным этапам проведения поисковой лабораторной работы.

Предполагается, что использование в учебном процессе поисковой лабораторной работы будет способствовать формированию у студентов познавательного интереса, самостоятельности, творческой активности, развитию навыков исследовательской работы.

## Использование индукционного маятника Фуко для определения магнитной проницаемости

Бибик А.И., Бояршинова О.А.

Белорусский национальный технический университет

Любой сплошной металлический проводник можно рассматривать как набор соприкасающихся замкнутых контуров. Вследствие этого, при движении объемного проводника в магнитном поле, в нем согласно закону электромагнитной индукции возникают вихревые индукционные токи, названные токами Фуко по имени подробно исследовавшего их французского физика. Как и любые другие токи, они, согласно закону Джоуля-Ленца нагревают проводник, в котором возникают. Это позволило использовать их для индукционной плавки металлов и создания индукционных электрических плит.

В качестве демонстрации действия токов Фуко можно привести опыт с индукционным маятником Фуко, называемым также маятником Вальтенхофена (см. рис.). Он представляет собой металлическую пластину, изготовленную из любого проводящего материала, которая может свободно колебаться вблизи полюсов электромагнита. При включении магнитного поля в движущейся пластине возникают индукционные токи, а вместе с ними и силы Лоренца, действующие на движущиеся электроны, которые стремятся затормозить движение маятника.

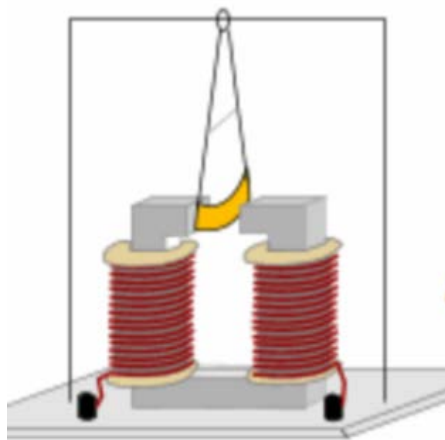


Рис.1. Маятник Вальтенхофена

Эти силы пропорциональны вектору индукции магнитного поля, который, в свою очередь, пропорционален магнитной проницаемости вещества, из которого изготовлены сердечники электромагнитов. Таким образом, определив потери механической энергии при затухании колебаний, можно определить работу магнитного поля, совершаемую над маятником для сердечников из различных магнитных материалов и, соответственно, сравнить их магнитные проницаемости.

## Применение ферромагнитных жидкостей для герметизации сочленений механизмов

Бибик А.И.

Белорусский национальный технический университет

Ферромагнитные жидкости представляют собой коллоидные системы, состоящие из ферромагнитных или ферримагнитных частиц нанометровых размеров, находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости, в качестве которой обычно выступает органический растворитель или вода.

Несмотря на название, ферромагнитные жидкости не проявляют ферромагнитных свойств, поскольку не сохраняют остаточной намагниченности после исчезновения внешнего магнитного поля. Поэтому на данный момент использование ферромагнитных жидкостей возможно только при взаимодействии их с внешним магнитным полем. Например, ферромагнитные жидкости используются для создания жидких уплотнительных устройств вокруг вращающихся осей в жёстких дисках компьютеров. Вращающаяся ось окружена магнитом, в зазор между магнитом и осью помещено небольшое количество ферромагнитной жидкости, которая удерживается притяжением магнита. Жидкость образует барьер, препятствующий попаданию частиц извне внутрь жёсткого диска.

Однако, в настоящее время активно ведутся работы по созданию истинных ферромагнитных жидкостей, способных самопроизвольно удерживаться на поверхности магнитных материалов. Создание таких жидкостей позволит решить вопрос смазки практически любых способных взаимодействовать с магнитами подвижных трущихся узлов механизмов.

На рис. 1 представлена схема простейшего подвижного сочленения, внутренний объем которого заполнен магнитной жидкостью, а внешние не соприкасающиеся поверхности могут быть покрыты любым диамагнитным материалом, препятствующим ее растеканию.

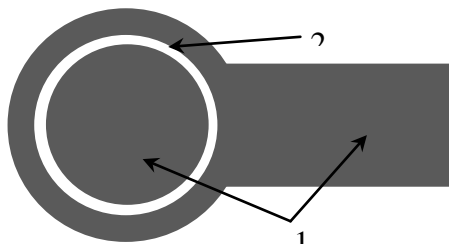


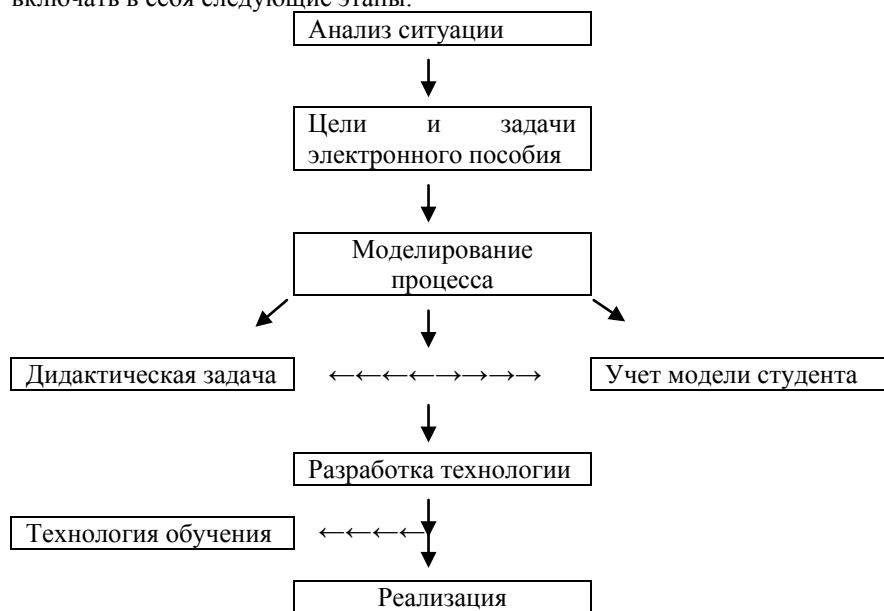
Рис.1. Пример применения ферромагнитной жидкости (1 – движущиеся элементы, 2 – магнитная жидкость)

## Методологические принципы построения учебных электронных пособий

Кужир П.Г., Журавкевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Педагогический процесс – совокупность последовательных и взаимосвязанных действий преподавателя и студента, направленных на прочное усвоение систематических знаний, умений и навыков. Поэтому для достижения поставленных задач необходимо рассмотрение методологических принципов построения учебных электронных пособий с точки зрения проектирования учебного процесса. Главное отличие проектирования для электронных учебных изданий – задать образовательные цели, базирующиеся на диагностической основе. Чтобы реализовать эти цели, необходимо детально представлять какие знания, умения и навыки должны быть сформированы у студента. Поэтому структура построения электронного пособия на наш взгляд должна включать в себя следующие этапы.



Предложенная модель реализации ориентирована на развитие личности студента, его интеллекта и творческих способностей. Все это способствует синтезу и обобщению полученной информации, а также умению приобретать знания самостоятельно.

УДК 539.12

## Определение поправок к нулевому приближению для массы «голового» электрона

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе предложено решение уравнений квантовой электродинамики, основанное на предположении, что квантовая электродинамика в существующей форме является замкнутой и самосогласованной теорией взаимодействующих электромагнитного и электрон-позитронного поля. Основным в найденном решении является то, что оно позволяет выразить в конечной форме величины затравочных параметров квантовой электродинамики через наблюдаемые значения заряда и массы электрона без введения каких-либо дополнительных параметров. Полученное решение не исключает возможность взаимодействия электрон-позитронного и электромагнитного поля с другими полями, а демонстрирует возможность конечной перенормировки в квантовой электродинамике без учета взаимодействий и использования других внешних факторов.

В соответствии с полученными результатами неперенормированная форма квантовой электродинамики соответствует теории с сильной связью между электрон-позитронным и электромагнитным полями. При этом одночастичное возбуждение электрон-позитронного поля приводит к локальной перестройке вакуумных состояний системы, в результате чего формируется сильный самосогласованный скалярный потенциал. В поле этого потенциала образуется «физический» электрон (позитрон), представляющий собой квазичастичное возбуждение, которое состоит из двух сильно связанных и локализованных в малом объеме зарядовых распределений противоположного знака. Каждое из этих распределений обладает большой массой. Однако интегральные заряды обоих распределений почти равны между собой, а энергии связи сравнима с их суммарной массой. Компенсация указанных больших величин приводит к формированию наблюдаемых значений заряда и массы «физических» электронов и позитронов, так что при использовании «физического» электрон-позитронного поля все электромагнитные процессы и взаимодействие электрон-позитронного и электромагнитного полей определяются перенормированными значениями заряда и массы электрона. Проведенные в работе вычисления достаточно громоздки, однако в течение небольшого времени осуществляются на компьютере. Полученные результаты являются приближенными и требуют дальнейшего уточнения, апробации и развития в различных направлениях.

УДК 530.145:519.22+531.19

## Алгоритм равномерно пригодного вычисления элементов матрицы плотности

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время большинство представляющих интерес физических проблем не могут быть решены ни точно, ни в рамках канонической теории возмущений. Поэтому большое внимание уделяется разработке непertурбативных методов описания квантовых систем. Один из таких методов, называемый операторным методом (ОМ) приближенного решения уравнения Шредингера оказался очень эффективным при описании различных физических систем. Однако, большинство приложений ОМ рассматривались ранее для систем в чистых квантовых состояниях. Обобщение ОМ на случай квантовой статистики было предложено в 2002 году. Оно основано на дополнении ОМ кумулянтным разложением (КР). В данной работе рассматривается алгоритм непertурбативного вычисления матрицы плотности квантовой системы, основанный на ОМ и КР, который затем применяется к модельной системе – квантовому ангармоническому осциллятору. Мы будем рассматривать построение равномерно пригодного приближения (РПП), то есть такого приближения, которое справедливо при любых значениях параметров гамильтониана и температуры.

Чрезвычайно важную роль в описании квантовых систем играет статистический оператор или матрица плотности. Например, по известной матрице плотности можно вычислить среднее значение любой физической величины и вероятности ее различных значений. Описание, основанное на матрице плотности, может использоваться для смешанных квантовых состояний. Обычно приближенное вычисление матрицы плотности основывается на различных модификациях теории возмущений и интегралах по траекториям Фейнмана. Эти методы не универсальны, так как связаны с наличием в системе малого параметра или серьезно ограничены возникающими при расчетах математическими трудностями даже для простейших гамильтонианов.

Полученные в работе выражения определяют равномерно пригодное приближение для матрицы плотности и плотности вероятности квантовых ангармонических осцилляторов. Решение этих уравнений представляет собой достаточно сложную задачу. Численные расчеты показывают, что рассмотренный метод приводит к значениям, отличающимся от рассчитанных на основе интегралов по траекториям в не более, чем на 20%.

УДК 539.2 (075.8)

## Упрочнение и разупрочнение поверхностных слоев кристалла после различных циклов озвучивания

Петренко С.И., Попко С.В.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе приводятся экспериментальные данные о влиянии ультразвука на упрочнение и разупрочнение поверхностных слоев поликристаллического алюминия. Испытания проводили при амплитуде колебаний равной 6 мкм, которой соответствовало максимальное напряжение в узле стоячей волны порядка  $\pm 20 \text{ МН/м}^2$ .

Рентгенографические исследования показали, что микропластическая деформация, возникающая под действием ультразвука, приводит к гораздо меньшему искажению кристаллической решётки, чем обычная статическая деформация (рис. 1).

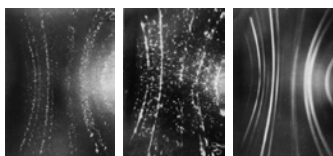


Рис. 1. Рентгенограммы поверхностей образцов: *a* – после отжига; *б* – после озвучивания  $2 \cdot 10^7$  циклов; *в* – после статической осадки

Эксперименты по замеру микротвёрдости поверхности образцов показали, что уже с момента возникновения линий скольжения происходит быстрое упрочнение как тела, так и границ зерен (рис. 2). Основным фактором, действующим на начальной стадии упрочнения, являются дефекты, состоящие в основном из дислокационных диполей, которые остаются за движущимися дислокациями. После  $N = 7 \cdot 10^6$  циклов озвучивания рост микротвёрдости в  $\sigma_{\text{max}}$  прекращался и начинался ее спад, т.е. процессы упрочнения подавлялись процессами разупрочнения. Быстрому снижению упрочнения в первую очередь способствует поперечное скольжение и переползание дислокаций, которое легко развивается в алюминии под действием циклических напряжений ультразвуковой частоты. Разупрочнение поверхностных слоев металла происходит также в результате вторичной рекристаллизации, которой способствует нагрев образцов.

УДК 629.735.072.174.016:004.9

Эксперименты по замеру микротвёрдости поверхности образцов показали, что уже с момента возникновения линий скольжения происходит быстрое

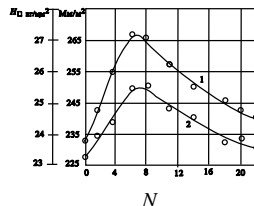


Рис. 2. Зависимость микротвёрдости образцов от числа  $N$  циклов при  $\sigma = \pm 20 \text{ МН/м}^2$ : 1 – у границы зерна; 2 – в теле зерна



## Особенности моделирования движения самолета по петле Нестерова

Филиппенко О.С., Кириленко А.И.

Минский государственный высший авиационный колледж

Компьютерное моделирование является одним из основных методов исследования сложных технических систем и процессов.

Особенно важна роль этого метода при необходимости рассмотрения внештатных ситуаций, при проведении экспериментов, когда наблюдение заданного явления (процесса) затруднено или опасно в реальных условиях.

В работе рассмотрено моделирование одной из известнейших фигур высшего пилотажа – петли Нестерова. Изучение данного вопроса представляет определенный интерес для курсантов, будущих авиационных специалистов.

Среди основных задач, которые рассматриваются в ходе моделирования движения самолета по петле Нестерова можно выделить следующие:

- 1) движение по окружности с постоянной скоростью;
- 2) движение по окружности с переменной скоростью под действием только гравитационных сил;
- 3) учет аэродинамических сил (подъемной силы и силы сопротивления) в предположении, что они постоянны;
- 4) учет указанных аэродинамических сил при условии их зависимости от параметров движения, что является наиболее полной моделью реального движения.

Для каждой из указанных задач отметим особенности их рассмотрения. Движение с постоянной скоростью рассматривается как самая упрощенная модель движения самолета, выполняющего петлю Нестерова в некоторых задачах, предлагаемых к рассмотрению в средней школе.

Второй и третий тип можно встретить при изучении физики на уровне высшего образования. Первые три задачи решаются аналитически, причем вторая оказывается сложнее первой и третьей.

Цель нашей работы – создать учебную модель, отвечающую требованиям задачи, учитывающую влияния аэродинамических сил в зависимости от параметров. Выбор данной задачи обусловлен тем, что она лучше других отражает действительное движение самолета, выполняющего петлю Нестерова. Моделирование производится посредством использования математического пакета Mathemati.

**О некоторых применениях двухзеркального сканера**

Кириленко А. И.

Минский государственный высший авиационный колледж

Двухзеркальный сканер – удобный прибор для демонстрации сложения колебаний. Его можно настроить в одних случаях для демонстрации фигур Лиссажу, в других – циклоидальных кривых. Его техническим преимуществом является легкость настройки, поэтому он широко используется для создания световых эффектов, а если его дополнить прерывателем луча лазера (вентилятором), то можно наблюдать и направление обхода кривых (благодаря строб-эффекту).

На базе сканера нами разработана установка, позволяющая бесконтактным визуальным способом определять характер биения валов двигателей и оценивать величину отклонений вала. Естественно, что при этом убедительно демонстрируется явление самоцентровки валов при изменении частоты их вращения. Для этого второе по ходу луча лазера зеркало сканера помещают на исследуемый вал и устанавливают под углом  $45^{\circ}$  к его оси. По величине диаметра световой фигуры на удаленном экране можно судить о величине биения вала.

Конструктивно установка состоит из трех частей. Первая часть – блок питания обмотки возбуждения двигателя – представляет собой источник на постоянное напряжение 12 В и сам двигатель, питающийся от сети 220 В. Вторая часть – простейшая ременная передача (передаточное число 1,8) на вал, закрепленный в одном подшипнике качения. На вал также жестко насажен диск, увеличивающий момент инерции системы. Подшипник свободно перемещается вдоль вала.

Изменение тока возбуждения (частоты вращения) и перемещение вала через жестко закрепленный подшипник позволяет достичь самоцентровки. Изменением напряжения на обмотке возбуждения можно менять обороты двигателя в широком диапазоне. На вал со свободного торца насажено легкое зеркало, ориентированное под углом  $45^{\circ}$  к его оси. Изменяя обороты двигателя, легко наблюдать явление самоцентровки вала.

Третья часть – непосредственно двухзеркальный сканер, из которого удалено второе выходное зеркало и помещено на вал

В установке важна линейность характеристик двигателей, вращающих зеркала. Здесь число оборотов двигателя в широком диапазоне их изменения должно линейно зависеть от напряжения на нем. Только в этом случае можно рассчитывать на получение качественной картинки траекторий, поддающейся анализу. Число оборотов вала контролировалось тахометром.

**Экспериментальное исследование явлений теплопереноса с компьютерным обеспечением измерения температуры.**

Дорошевич В.А.

Белорусский национальный технический университет

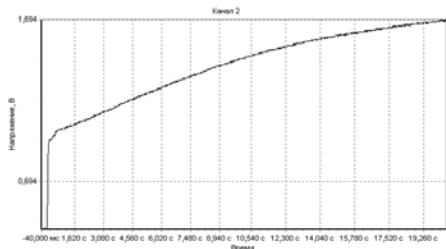


Рис.1

Для проведения экспериментов по распространению тепла в воде с использованием термосопротивления были изучены особенности его поведения в воде с учетом того, что конструкционно контакты

термосопротивления электрически не изолированы, а вода проводит электрический ток.

На рис.1 изображена зависимость величины электрического напряжения, снимаемого с измерительного сопротивления, подключенного последовательно с термосопротивлением в цепь источника напряжения, от времени при внесении датчика в сосуд с нагретой водой.

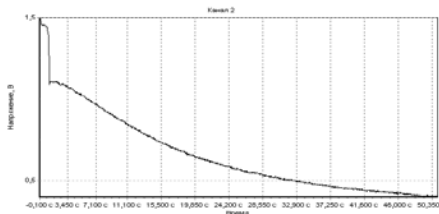


Рис.2

Температура воды  $T=354^{\circ}\text{K}$ . Напряжение на измерительном сопротивлении при положении датчика в воздухе  $U_0=0,63\text{В}$  и в первый момент времени после внесения датчика в воду  $U_m=1,25\text{В}$ .

рис.2 изображена зависимость величины электрического напряжения, снимаемого с измерительного сопротивления, подключенного последовательно с термосопротивлением, от времени в случае перемещения датчика из сосуда с водой в воздух.

Температура воды  $T=340^{\circ}\text{K}$ , температура воздуха  $T=289,3^{\circ}\text{K}$ ,  $U_0=0,40\text{В}$ ,  $U_1=0,80\text{В}$ .

Проведенные исследования позволили найти оптимальные параметры электроизоляционных покрытий, не оказывающих существенных влияний на инерционные свойства датчика температуры.

Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе при изучении процессов переноса тепла.

*Работа выполнена под руководством Павлюченко В.В.*

## Измерение температуры с применением компьютера при теплообмене между объектами.

Дорошевич Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследование явлений теплопереноса осуществляли экспериментальным путем с предварительным формированием теоретической модели. Ставили практическую задачу, находили известное

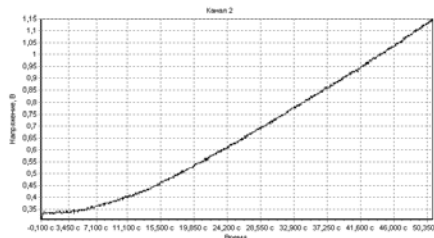


Рис.1

теоретическое решение, близкое к условиям задачи, корректировали это решение, проводили экспериментальную проверку составленной теоретической модели. Измерение температуры осуществляли с помощью термосопротивления. При этом

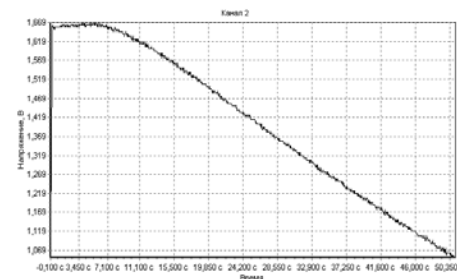


Рис.2

электрическая схема состояла из источника постоянного напряжения, датчика, помещенного в сосуд с исследуемой жидкостью или газом, и измерительного сопротивления, находящегося в воздухе.

На рис.1 изображена зависимость величины

электрического напряжения  $U$ , снимаемого с измерительного сопротивления от времени  $t$  при перемещении датчика из воздушного пространства в нагретый сушильный шкаф. Начальная температура датчика  $T=290^{\circ}\text{K}$ , температура воздуха внутри сушильного шкафа  $T=298^{\circ}\text{K}$ ,  $U_0=0,34\text{В}$ ,  $U_1=1,15\text{В}$ .

На рис. 2 изображена зависимость  $U$  от  $t$  при перемещении датчика из нагретого сушильного шкафа в воздух. Начальная температура датчика  $T_{01}=354^{\circ}\text{K}$ , температура воздуха  $T_0=290\text{K}$ ,  $U_0=0,30\text{В}$ ,  $U_1=1,660\text{В}$

Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе при изучении процессов переноса тепла.

*Работа выполнена под руководством Павлюченко В.В.*

## Способы измерения напряженности магнитного поля при контроле электрических и магнитных свойств объектов

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

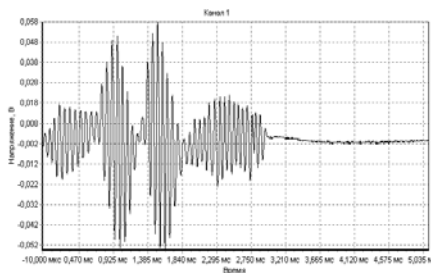


Рис.1

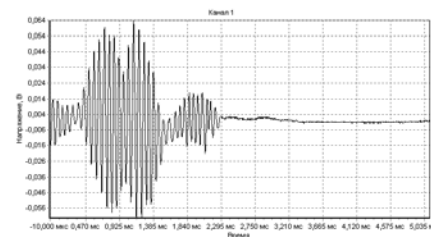


Рис.2

Для контроля электрических и магнитных свойств на объекты из электропроводящих материалов с приложенными к ним преобразователями магнитного поля воздействовали импульсными магнитными полями. Анализируя пространственно-временные распределения электрического напряжения, снимаемого с преобразователей, определяли удельную электропроводность  $\sigma$ , магнитную проницаемость  $\mu$ , однородность распределения  $\sigma$  и  $\mu$ , толщину контролируемых объектов и параметры дефектов сплошности в них. При этом свойства материалов находили непосредственно по распределениям электрического сигнала  $U(t)$  или измеряли величину напряженности магнитного поля  $H$ .

Полученные распределения напряженности магнитного поля сравнивали с аналогичными распределениями для объектов с известными свойствами. Записанную информацию считывали с помощью воспроизводящей магнитной головки и получали на экране монитора зависимости  $U(t)$ . На рис. 1 и рис. 2 показаны зависимости  $U(t)$  соответственно для пластин из алюминия в прошедшей полуволне. Магнитное поле создано линейным излучателем. Величина  $H$  прямо пропорциональна величине  $U$ . Абсолютную величину напряженности магнитного поля находили с помощью дискретных датчиков магнитного поля, используя предварительно полученные градуировочные характеристики в импульсных магнитных полях с известными параметрами.

## Способы создания импульсов магнитного поля и измерения их параметров при воздействии ими на объекты

Павлюченко В.В., Доросевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Импульсы магнитного поля, используемые для определения электрических и магнитных свойств объектов, создавали с помощью линейных излучателей и катушек разной формы. Основными параметрами используемых импульсов магнитного поля являлись максимальная напряженность магнитного поля, время его нарастания, форма переднего фронта, а также аналогичные параметры выбросов магнитного

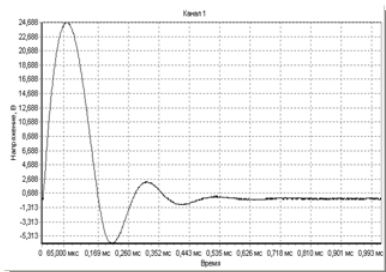


Рис. 1

поля, их количество и полярность. При этом может быть осуществлено предварительное намагничивание преобразователей магнитного поля в поле источников разных конструкций. Для получения разнополярных распределений намагниченности магнитного носителя использовали импульс вида, изображенного на рис. 1. При воздействии на объект этим импульсом магнитного поля используются гистерезисные свойства магнитного носителя, позволяющие повысить точность измерений. В результате исследования взаимодействия импульсного магнитного поля с объектами из электропроводящих материалов авторами получены зависимости величины напряженности магнитного поля на поверхности объектов от их толщины. Полученные зависимости использованы для контроля объектов при воздействии на них импульсами магнитного поля, например такими, какой представлен на рис. 2, с одним выбросом поля противоположной полярности, с заданной амплитудой и заданным временем нарастания.

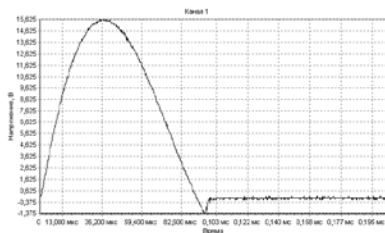


Рис. 2

## Моделирование газодинамики и теплообмена в установке получения технического углерода

Сороко Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью проведенных исследований являлось установление физических и технологических параметров процесса получения технического углерода заданных свойств в промышленных масштабах. Данная работа является составной частью теоретического и экспериментального исследования, проектирования и изготовления реактора для получения технического углерода. 3-D моделирование проводилось с помощью пакета ANSYS.



Рис.1. Общий вид внутреннего канала реактора

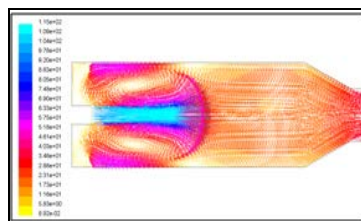


Рис.2. Векторы скоростей в первой зоне реактора (м/с) при  $V_{вх}=100$  м/с

Кроме переноса тепла конвекцией и теплопроводностью, учитывалось и радиационное переизлучение в газовом потоке и на стенках. Теплоотдача во внешнюю среду – конвективная и лучистая.

Получены 3-D векторные и скалярные поля скоростей, поля давлений и температур в зависимости от входных и граничных условий.

Зона смешения является самой ответственной частью реактора, поскольку ее геометрия оказывает непосредственное влияние на свойства получаемого продукта.

Расчеты показали, что данная конструкция способствует образованию вихревых течений при входе и обеспечивает хорошее перемешивание потока с впрыскиваемым в эту зону топливом. Области превышения допустимых температур отсутствуют.

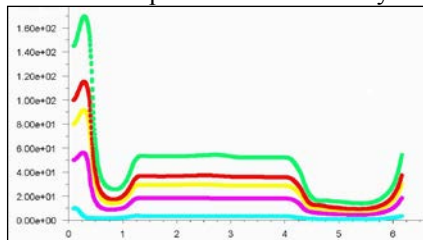


Рис.3. Распределение скоростей (м/с) вдоль центральной оси реактора (м) при изменении скорости на входе: 10, 50, 80, 100, 145 м/с

**Исследование траекторий капель, впрыскиваемых в газовый поток**

Сороко Т.В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе получения технического углерода очень важно, чтобы сырье полностью испарялось до начала пиролиза, поскольку качественный углерод может образовываться только при разложении углеводородов в газообразном состоянии.

Если же при высоких температурах происходит разложение жидких капель сырья, то образуются частицы кокса, загрязняющие продукт. То же происходит и при соприкосновении капель со стенками реактора.

Для оценки параметров, при которых впрыскиваемые капли соприкасаются со стенками, и для оценки времени нахождения капель в зоне смешения, чтобы оно было достаточным для их испарения до входа в реактор, с помощью пакета ANSYS были посчитаны 3-D траектории капель топлива, впрыскиваемых перпендикулярно потоку газа в реактор. Также рассчитывались температуры капель в зависимости от времени и длины канала установки. Не учитывалось дробление, слияние и испарение капель. Диаметр капель варьировался от 25 мк до 200 мк. Углы впрыскивания брались: 0, 30 и -30 градусов от вертикали, что соответствует углам распыла реальной форсунки. Начальные скорости капель: 5, 10, 20 м/с.

Результаты показали, что чем мельче капли, тем более они следуют линиям тока основного потока газа. При диаметре 25 мк капли полностью ему подчиняются. При увеличении размера капель сказывается влияние их собственного начального векторного импульса движения. При диаметре 200 мк влияние собственной скорости капли наиболее заметно. Увеличение начальной скорости капель существенно сказывается на их траектории только при размерах, больших 100 мк.

Чем мельче капли, тем дольше они находятся в зоне перемешивания и испаряются, не соприкасаясь со стенками. А вот капли 100–200 мк могут соударяться со стенками, образуя нежелательные шлаки – кокс.

Следовательно, распыл должен быть тонким: 25-50 мк.

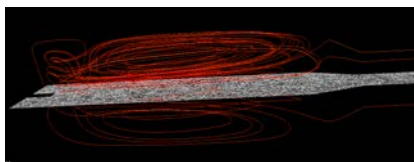


Рис.1. Траектории капель 25 мк

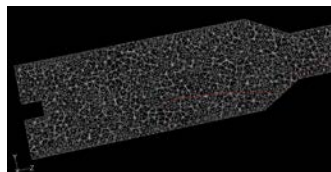


Рис.2. Траектория капли 200 мк



## **Оценка ветроэнергетического потенциала на территории г.п. Ивенец**

Канапацкий Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение возможности использования и практического применения энергии ветра для электроснабжения в г.п. Ивенец.

По агроклиматическому районированию Беларуси территория г.п. Ивенец относится к Центральной зоне республики, которая характеризуется как умеренно-тёплая и умеренно-влажная. Климат региона имеет неустойчивый характер погоды, что оказывает определённое влияние на скорость ветра. Из «розы ветров» видно, что в течение года над территорией г.п. Ивенец господствуют преимущественно западные и юго-западные ветры, которые преобладают в зимний период. Летом преобладающими являются западные и северо-западные ветры, приносящие влагу.

Направление ветра на территории Ивенца неустойчивое: в течение дня, месяца меняется очень часто. Порывистый ветер наблюдается редко.

На изучаемой территории в основном преобладают слабые ветры со скоростью 2-3,5 м/с. Самым «спокойным» месяцем является июнь, а самым ветреным – январь. Очень редко летом наблюдаются более сильные ветры (до 7-8 м/с), зимой наблюдались периоды с повышением скорости ветра до 10-12 м/с. На скорость ветра оказывают значительное влияние географические условия и характер земной поверхности, включая различные природные и искусственные препятствия, такие, как холмы и пр., а также деревья и здания. По этой причине ветреные энергоустановки располагают, по возможности, на возвышенных и удаленных от высоких деревьев, жилых домов и других сооружений местах, т.к. такие препятствия снижают скорость ветра и приводят к завихрениям потока, затрудняющим преобразование энергии ветра. Именно эти причины оказали существенное влияние на скорость ветра в Ивенце, которая составила всего лишь около 3 м/с.

Для сельскохозяйственных полей и пустынных территорий при увеличении высоты над поверхностью земли в два раза наблюдается увеличение скорости ветра приблизительно на 12 %. Высокая мачта позволяет устранить влияние деревьев и построек. Увеличение высоты мачты до 18-26 м даёт возможность повысить среднегодовую скорость ветра на высоте оси на 15-30% и тем самым повысить выработку энергии в 1,3-1,5 раза. Значительную эффективность даёт также подбор ветрогенераторов с достаточным диаметром ветроколеса.

**Компьютерное моделирование теплопереноса в алмазном теплоотводе**

Хорунжий И.А.<sup>1</sup>, Мартинович В.А.<sup>1</sup>, Казючиц Н.М.<sup>2</sup>,  
Русецкий М.С.<sup>2</sup> Наумчик Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

Алмаз имеет уникально высокую теплопроводность (в пять раз выше, чем у меди) [1], что делает его привлекательным для использования в качестве теплоотводящих подложек для мощных полупроводниковых приборов [2]. Мощные лазерные диоды, имеющие мощность до десятков Ватт в непрерывном режиме, требуют интенсивного отведения тепла от активной области полупроводниковой гетероструктуры. Алмазный теплоотвод, изготовленный из природного или синтетического алмаза, позволяет распределить концентрированный тепловой поток на большую площадь и снизить тепловое сопротивление системы охлаждения.

Широкое применение алмазных подложек в качестве теплоотвода сдерживается их высокой стоимостью. Цель настоящей работы заключается в исследовании методом компьютерного моделирования эффективности алмазных теплоотводящих подложек в зависимости от их геометрических параметров и коэффициента теплопроводности и определении минимально необходимых размеров этих подложек. Для решения поставленной задачи была разработана компьютерная модель, которая включала полупроводниковую гетероструктуру размером  $0,5 \times 0,3 \times 0,1$  мм<sup>3</sup>, установленную на алмазную подложку, установленную на массивный медный радиатор. Между соединяемыми деталями добавляется тонкий слой теплопроводящей пасты. Форма алмазного теплоотвода – квадратная пластина, размеры, толщина и коэффициент теплопроводности которой изменялся в процессе расчетов. Проведенное компьютерное моделирование позволило сделать вывод о том, что оптимальные размеры алмазного теплоотвода для гетероструктуры указанного размера составляют примерно  $3 \times 3 \times 0,3$  мм<sup>3</sup> при коэффициенте теплопроводности алмаза в диапазоне 1500–2000 Вт/(м·К). Такие значения теплопроводности типичны для природных и синтетических алмазов.

Литература:

1. Новиков Н.В., Кочержинский Ю.А., Шульман Ю.А. и др. Физические свойства алмаза: Справочник. – Киев: Наукова думка, 1987. – 190 с.
2. Паращук В.В., Беляева А.К., Баранов В.В., Телеш Э.В., Ву З.М., Ву В.Л., Фам В.Ч. Оптимизация тепловых режимов диодных лазеров // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т.315. – № 4. – С.137-141.

## Поверхностные эффекты и релаксация экситонного возбуждения в квантовых точках CdSe/ZnS

Зенькевич Э.И.<sup>1</sup>, Ступак А.П.<sup>2</sup>, фон Борцисковски К.<sup>3</sup>

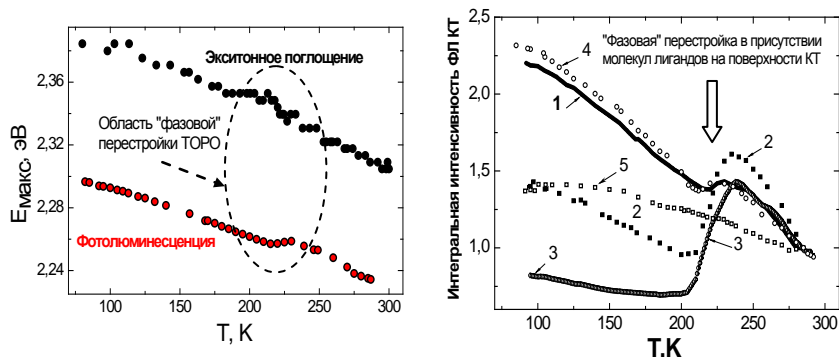
<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

<sup>3</sup>Институт физики Технического университета Хемнитца (Германия)

Нанофотоника, основанная на принципах самосборки функциональных наноструктур с участием полупроводниковых квантовых точек (КТ) по принципу «снизу-вверх», открывает широкие возможности в развитии фундаментальных и прикладных исследований в области информационных технологий, фотовольтаики, биотехнологиях и наномедицине.

В докладе приводятся результаты исследования влияния структурных температурных перестроек поверхностного слоя стабилизатора (молекул ТОФ и/или аминов) и встраивающихся молекул красителя (порфирины, перилен-диимиды), на спектрально-кинетические свойства и динамику релаксации экситонного возбуждения КТ CdSe/ZnS.



В области температур 220-240 К обнаружена «фазовая» перестройка поверхностного слоя стабилизатора, которая усиливается в нанокомпозитах с участием молекул красителей (порфиринов и перилен-диимидов) и влияет на безызлучательную релаксацию экситонного возбуждения, а также на экситон-фононные взаимодействия. Методами пространственно-разрешенной спектроскопии обосновано, что в одиночных нанокомпозитах присоединение одной или нескольких молекул красителя вызывает перераспределение и/или возникновение поверхностных ловушечных состояний, что проявляется во временной динамике их спектрально-кинетических параметров.

## Релаксационные зарядовые и обменные $d$ - $\pi$ взаимодействия в мультимолекулярных комплексах тетрапиррольных соединений

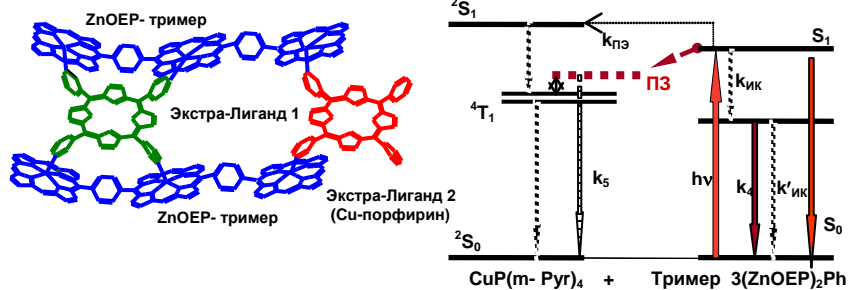
Зенькевич Э.И.<sup>1</sup>, Сагун Е.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

Комплексы порфиринов с ионами переходных металлов (Ni, Cu, Co) широко распространены в природе и принимают важное участие во многих биологических процессах в качестве активных центров белков и ферментов. Наличие низколежащих электронных уровней, а также неспаренного  $d$ -электрона, определяет уникальные фотофизические и фотохимические свойства этих соединений.

В докладе представлен анализ механизмов, путей и эффективностей релаксационных процессов в самособирающихся структурно-организованных мультимолекулярных комплексах тетрапиррольных соединений ( $n=3\div 8$  макроциклов), содержащих  $\text{Cu}^{2+}$ -порфириновый экстра-лиганд.



На основании экспериментальных исследований в интервале температур  $77\div 295$  К и теоретических расчетов параметров переноса энергии и фотоиндуцированного разделения зарядов определены энергетические характеристики и константы скоростей процессов, приводящих к тушению флуоресценции всех порфириновых макроциклов в мультимолекулярных комплексах: (1) термически активированный синглет-синглетный перенос энергии (вероятность  $k_{\text{пэ}}$ ) с  $S_1$ -уровня Zn-димера на нефлуоресцирующий синг-дублетный  $^2S_1$ -уровень  $\text{Cu}^{2+}$ -порфиринового экстра-лиганда; (2) обменные  $d$ - $\pi$  эффекты за счет взаимодействия неспаренного  $d$ -электрона иона  $\text{Cu}^{2+}$  с  $\pi$ -сопряженной системой Zn-тримера (рост вероятностей  $k_{\text{ик}}$  и  $k'_{\text{ик}}$ ); (3) фотоиндуцированный перенос электрона (ФПЭЛ) с образованием состояния с переносом заряда  $[(\text{ZnOEP})_2\text{Ph}^+ \dots \text{CuP}(\text{m-Pyr})_4^-]$ .

## Сезонные вариации биологических доз солнечного ультрафиолетового излучения в районах г. Минска и озера Нарочь

Агеева В.Ю.<sup>3</sup>, Атрашевский Ю.И.<sup>1</sup>, Сикорский В.В.<sup>2</sup>, Стельмах Г.Ф.<sup>2</sup>,  
Светашев А.Г.<sup>3</sup>, Турышев Л.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет,

<sup>3</sup>Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета

В последние годы помимо общего ухудшения экологической обстановки, изменения климата, загрязнения атмосферы и водной среды, возникла проблема, связанная с нарушением привычного режима естественного ультрафиолетового излучения. Ультрафиолетовую составляющую солнечного излучения называют биологически активной, т.к. она обладает наиболее выраженным влиянием на живые организмы.

Измерения проводились с помощью двухканального фильтрового УФ фотометра ежедневно каждые 30 сек в автоматическом режиме. В качестве важного дополнительного параметра измерялось общее содержание озона в вертикальном столбе атмосферы (ОСО).

Как видно из рисунка, в 2012 г. наблюдалось некоторое снижение уровней приземного УФ излучения в летние месяцы. Однако, весной (в апреле) уровни среднесуточных доз и значения УФ-индекса часто превышали безопасный уровень. Типичные значения УФ индекса для летних месяцев составляют 4-4,5, а суточные значения эритемной дозы – порядка 3-3,5 кДж/м<sup>2</sup>. Полученные данные позволяют получить характеристики УФ климата.

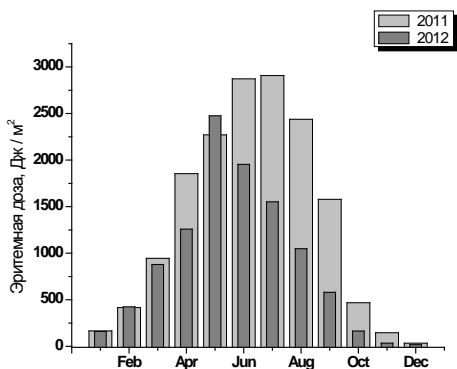


Рис. Среднемесячные суточные эритемные дозы в районе оз. Нарочь в 2011 и 2012 гг.

Исследования показали, что основными факторами, существенно влияющими на уровни приземного УФ излучения, являются ОСО, характер облачности, аэрозольная оптическая толщина атмосферы и альbedo подстилающей поверхности.

**Спектрополяризационная оптическая диагностика поверхности  
и внутренней структуры растительных листьев**

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

Изучение процессов преобразования оптического излучения сложнокомпонентными материалами представляет практический интерес в связи с тем, что спектроскопические свойства таких объектов отражают особенности их структуры и состояния. Поскольку биоткани и отдельные клетки являются поглощающими и рассеивающими свет средами, то для их изучения эффективно применяются методы оптики светорассеивающих сред. Листья высших растений в плане спектроскопического исследования представляет собой изменчивый во времени биологический объект высокоорганизованного вещества с весьма сложной неоднородной поверхностной и внутренней структурой.

Нами экспериментально выявлены закономерности рассеяния и деполяризации линейно поляризованного оптического излучения после взаимодействия с растительными листьями (ЛР) различной структуры в областях сильного (440 и 680 нм), среднего (550 нм) и слабого (740 нм) пигментного поглощения. Установлено, что деполяризация диффузно отраженного листом излучения практически не зависит от ориентации электрического вектора в падающем потоке. Поток от листа в области 440 и 680 нм формируется в основном за счет отражения на шероховатой поверхности, а в области слабого поглощения – за счет многократного рассеяния на внутренней структуре ЛР. Анализ индикатрис степени поляризации рассеянного излучения позволяет заключить, что внутренняя структура ЛР оказывает меньшее влияние на поток излучения от листа в спектральном диапазоне 680 нм. В областях 550 и 740 нм обратно рассеянное излучение формируется в основном за счет диффузного рассеяния на внутренней структуре ЛР.

Обнаружено, что на ранней стадии вегетации ЛР в обратном рассеянии от него преобладает составляющая потока от поверхности в областях сильного поглощения и внутренняя составляющая в областях слабого поглощения. На поздней стадии вегетации для всех исследуемых областей спектра главную роль в формировании потока обратно рассеянного излучения играет поверхностная составляющая излучения, что является следствием окончательно сформировавшегося кутикулярного покрова. Освещение ЛР линейно поляризованным излучением может быть использовано для диагностики поверхности и внутренней структуры ЛР.

**Исследование распределения примеси азота в синтетических НРНТ-алмазах методами спектроскопии поглощения и визуальной оценки**

Казючиц Н.М., Мартинович В.А., Русецкий М.С., Наумчик Е.В.

Белорусский государственный университет,  
Белорусский национальный технический университет

Алмаз обладает уникальными физическими свойствами, благодаря которым он нашел свое применение в ювелирной промышленности, технике и электронике. Проблема использования природных алмазов для электронного приборостроения заключается в том, что каждый кристалл, будучи довольно дорогим, имеет индивидуальный набор характеристик. В связи с этим синтез алмазов электронного качества является актуальной задачей. В Республике Беларусь синтетические алмазы производятся на РУП «Адамас БГУ». Продукция предприятия имеет наименование «сверхтвердый материал (СТМ) Алмазот». В процессе синтеза в кристаллы алмаза неконтролируемым образом попадают примеси, прежде всего, азота и никеля, что существенно ограничивает возможность применения кристаллов в электронике.

Целью работы являлось исследование распределения примеси азота в НРН-алмазах СТМ «Алмазот», выращенных в стандартных условиях синтеза, методами визуальной оценки и оптического поглощения.

Кристаллы были разрезаны на пластины и сделаны фотографии при различных условиях съемки: при освещении белым светом и лазером с длиной волны 337 нм. На фотографиях, полученных при освещении белым светом, видно, что пластины окрашены неоднородно. Преобладает желтая окраска с различными оттенками, обусловленная примесью азота в С-форме. Из спектров оптического поглощения были получены численные значения концентрации примеси. Так, концентрация азота в желтых областях достигала  $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ . Бесцветные области, которые, как правило, расположены при вершинах кристалла, характеризовались низким (менее  $5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ) содержанием азота.

Излучение с длиной волны 337 нм не поглощается чистым алмазом, так как энергия квантов меньше ширины запрещенной зоны. В азотсодержащих областях это излучение сильно поглощается примесью уже в приповерхностном слое, и эти области на фотографиях выглядят темными, тогда как в безазотных областях излучение проходит через кристалл и вызывает синюю люминесценцию бумаги.

Таким образом, визуальная оценка пластин синтетических алмазов дает наглядное представление о неоднородном распределении примеси азота. Полученные результаты согласуются с данными оптического поглощения.

**Компьютерное моделирование интерференционных картин при наличии дефектов в оптических системах.**

Куницкий А.А., Блинкова Н.Г., Блинков Г.Н.  
Белорусский национальный технический университет

Основными элементами оптических систем являются линзы, зеркала, призмы, светофильтры. Исполнительные поверхности этих элементов отражают, преломляют, пропускают электромагнитное излучение. Поверхности могут быть плоскими, сферическими, другими. От точности изготовления элементов, их плоскостности, сферичности, соответствия заданным расчетным параметрам зависит качество формирования изображения оптической системой. Разработанная программа позволяет строить изолинии оптической разности хода интерферирующих волн, возникающих при прохождении через оптическую систему, отражении, преломлении на поверхностях ее элементов. Сравнение изолиний, полученных при моделировании теоретически заданных профилей поверхностей и полученных экспериментально в реальных оптических системах, позволяет диагностировать наличие дефектов поверхностей, оценивать величину отклонения изготовленной поверхности от заданной при контроле правильности формы, микрогеометрии сферических и плоских поверхностей, тонкослойных покрытий. Программа обладает простым и удобным интерфейсом. Продукт предназначен для платформы Windows, обладает невысокими системными требованиями, что позволяет ему успешно работать даже на слабых компьютерах. Отличительной чертой программы является малый размер, по сравнению с аналогичными продуктами, и высокая скорость работы. Программа просто распространяется, не требует установки (нужно только скопировать программу и её компоненты в одну папку). В докладе приводятся примеры интерференционных картин, полученных в проходящем через систему двух линз излучении, а также в отраженном такой системой свете. Программа позволяет изменять кривизну всех рабочих поверхностей системы, на которых происходят отражения и преломления излучения, и величину промежутков между поверхностями, моделируя таким образом различные виды элементов оптических систем, от выпукло-выпуклых до плоско-выпуклых и плоско-плоских. В основу работы программы положены расчеты оптической разности хода интерферирующих волн и соответствующей этой разности хода разности фаз этих волн, которая определяет вид интерференционной картины как без дефектов, так и при их наличии. Полученная картина выводится на экран, визуализируя те или иные дефекты поверхностей.



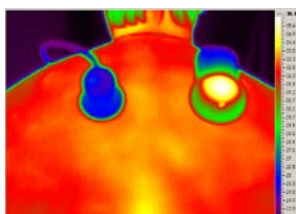
## Исследование изменения микрогемодинамики при воздействии низкочастотного магнитного поля и локальной гипобарии.

Куклицкая А.Г., Новиков А.Е.

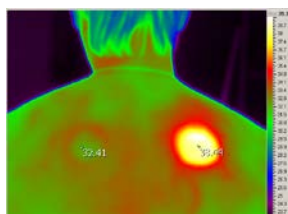
Белорусский национальный технический университет

Широко применяющиеся в медицине физиотерапевтические методы воздействия (магнитные поля, лазерное и оптическое излучение, гипобарическое воздействие) вызывают изменение микрогемодинамики в зоне воздействия, на чем и основывается их положительный эффект. Изменения микрогемодинамики обязательно вызывают изменения поверхностного теплового поля организма человека и его поверхностного теплового баланса, поэтому инфракрасная термография представляет собой самый адекватный метод экспресс-диагностики эффективности физиотерапевтических воздействий.

Авторами исследована динамика развития поверхностного термоотклика при воздействии низкочастотного магнитного поля и локальной гипобарии на поверхность спины. Осуществлялось воздействие низкочастотным переменным магнитным полем (НЧМП) с интенсивностью до 50 мТл и локальное гипобарическое (ЛГБ) воздействие отрицательным давлением величиной 25...35 кПа. При проведении НИР использовались компьютерный термограф ИРТИС-2000МЕ, магнитофизиотерапевтическое устройство АУМАТ и макетное устройство для ЛГБ воздействия.



Установлены ЛГБ и НЧМП индукторы



После 20 минут воздействия

Рисунок 1 – Термограммы спины с установленными ЛГБ (слева) и НЧМП (справа) индукторами, и снятыми после 20-минутного воздействия индукторами.

Термограммы свидетельствуют о существенном различии микрогемодинамики при ЛГБ воздействии (разогрева в зоне воздействия нет) и воздействии НЧМП (наблюдается выраженный разогрев в зоне воздействия) – то есть магнитотерапия вызывает более интенсивное увеличение артериального кровотока, чем локальная гипобария.

**Кавитационная обработка технологических дисперсных сред**

Новиков А.Е., Бондарчук В.У., Шибeko Е.М.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрена роль гидродинамической кавитации в технологической цепочке утилизации асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), образующихся при эксплуатации резервуаров хранения нефти, технологического оборудования и линейной части трубопроводов. По мере накопления АСПО возникает необходимость их утилизации. Существуют три направления: первое основано на методе низкотемпературного пиролиза, второе – на переработке в суспензию с добавлением химических реагентов и воды и возвращением в нефтепровод с сырой нефтью, третье – на переработке АСПО в качестве добавок к жидкому или твердому топливу. Во всех направлениях комплексно используются механические, термические и химические воздействия на АСПО. В процессе механического воздействия используются мешалки, а для воздействия на микронном уровне необходимо применять кавитацию.

Кавитация применяется для процесса диспергирования и гомогенизации. При диспергировании происходит дробление крупных углеводородных составляющих и отделение их от технологического мусора. При гомогенизации осуществляется тщательное однородное смешение с добавленными компонентами на микронном уровне. На экспериментальном стенде разработан механизм контроля и генерирования кавитации заданного уровня. При генерировании кавитации значение имеет контроль соотношения динамического и статического воздействия на обрабатываемую среду. От этого соотношения зависит эффективность кавитации: такие параметры, как удельная плотность энергии, частотный спектр и энергетические затраты. В тоже время в процессе обработки постоянно меняются физические свойства среды, которые влияют на условия кавитации. В этом случае приходится использовать обратную связь: по измеряемым физическим характеристикам в процессе обработки АСПО происходит управление гидродинамическими параметрами потока.

Экспериментально найдены гидродинамические режимы для создания оптимального кавитационного воздействия, которое в сочетании с термическим и использованием химических реагентов позволяет переработать АСПО в продукт в виде устойчивой суспензии для дальнейшего использования в топливной промышленности.

## Теория и эксперимент при определении коэффициента теплопроводности металлов

Смурага Л.Н., Авсиевич Т.А.

Белорусский национальный технический университет

На Рис.1 приводится экспериментальная установка для определения среднего значения коэффициента теплопроводности металлов методом теплового регулярного режима. К стойке 6 прикреплены печь (сопротивление ПЭВ-50) 1 и образец 2 ( $d=20\text{мм}$ ), теплопроводность которого следует найти. Образец крепится к удлинителю 9, выполненному из материала плохо проводящего тепло и жестко через кронштейн 5 крепится к стойке 6. На стойке 6 имеется рейка, по которой с помощью винта 7 может перемещаться печь вертикально. Работа начинается с подъема винтом 7 печи 1 для нагрева образца 2. С помощью блока питания 11 устанавливают соответствующий ток и напряжение ( $I=1.2\text{А}$ ,  $U=29.9\text{В}$ ) подающий на печь. Происходит нагрев образца. Винтом 7 опускают печь, наступает простое охлаждение тела. Снимаются показания температуры центра образца  $t_{ц}$ , поверхности  $t_{п}$  и окружающей среды  $t_0$ , определяют среднюю температуру  $t_{ср}$  нагретого образца. На миллиметровке в полулогарифмических осях строят зависимость  $\ln(t_{ср} - t_0) = f(\tau)$ , находят темп охлаждения  $m$  и по формуле (1) определяют среднее значение коэффициента теплопроводности материала образца.

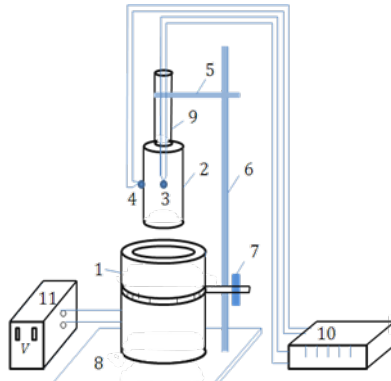


Рис. 1. Схема установки

$$\bar{\lambda} = \frac{m \cdot d^2 \cdot c \cdot \rho}{8\psi} \cdot \frac{t_{п} - t_0}{t_{ср} - t_0} \quad (1)$$

Здесь  $d, c, \rho, \psi$  – соответственно диаметр, удельная теплоемкость, плотность, коэффициент формы образца.

Анализ результатов, полученных на экспериментальной установке для коэффициентов теплопроводности образцов (выполненных из Al, Fe, Cu), и табличными значениями, дал приемлемое соответствие.

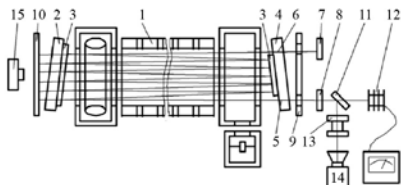
## Селекция моды $TEM_{00}$ в газовом лазере с щелеобразным разрядным каналом

Зверев С.М., Мальцев А.Г., Мальцев И.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе рассчитана и экспериментально реализована селекция основной поперечной моды  $TEM_{00}$  на  $\lambda=5145\text{\AA}$  с рекордной мощностью излучения в газовом лазере на ионах  $Ar^{II}$ .

Селекция осуществлялась в четырехзеркальном резонаторе двухметровой длины с щелеобразным разрядным каналом. Эта конструкция лазера формировала зигзагообразную траекторию генерируемого луча с реальной длиной резонатора  $L=24,6\text{ м}$ . Сочетание длины резонатора  $L=24,6\text{ м}$  с радиусом кривизны сферического зеркала  $R=50\text{ м}$  позволило осуществить классическую полуконфокальную оптическую систему с отношением  $L/R=0,5$ . Такая полуконфокальная система с числом Френеля  $F<1$  обеспечила генерацию основной поперечной моды  $TEM_{00}$ . В этом случае наблюдают минимальные дифракционные потери для моды  $TEM_{00}$  и максимальные потери для высших типов колебаний.



Резонатор (см. рисунок) состоит из внутреннего плотного сферического зеркала 2 и внутреннего плотного плоского зеркала 4, наклоненных к оптической оси в разные стороны под углом

$\alpha \approx 10^{-5}$  рад. Зеркала 2 и 4 имеют плотные селективные диэлектрические покрытия на длину волны  $\lambda=5145\text{\AA}$ . Плотное селективное сферическое зеркало 7 на  $\lambda=5145\text{\AA}$  с радиусом  $R=50\text{ м}$  установлено напротив окна 6 перпендикулярно оптической оси. Напротив окна 5 перпендикулярно оптической оси установлено селективное полупрозрачное плоское зеркало 8 с коэффициентом пропускания  $T=70\%$  для линии  $\lambda=5145\text{\AA}$ .

Для плосковогнутого резонатора диаметры каустики осевой моды на зеркалах вычисляются по формулам:

$$w_1 = w_0 = 2 \sqrt{\frac{\lambda L}{\pi}} \times \sqrt[4]{\frac{g}{1-g}} \quad (1) \text{ где } \quad g = 1 - \frac{L}{R}, \quad w_2 = \frac{w_0}{\sqrt{g}} \quad (2)$$

В эксперименте при длине резонатора 24,6 м диаметр моды  $TEM_{00}$   $w_0=4\text{ мм}$ . Такой размер моды характеризует хорошее заполнение инверсной среды щелеобразного разрядного канала формой генерируемого луча.

Однако его использование должно происходить осознанно.

УДК 533.9.089

### **Излучение элементов с низким потенциалом ионизации 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 НАН Беларуси

Элементы с низким потенциалом ионизации применяются в качестве присадок в магнитогидродинамических генераторов (МГД-генераторах), входят в состав топлив ракетных двигателей, на продуктах сгорания которых возможна работа МГД-генераторов открытого цикла по непосредственному преобразованию тепловой энергии в электрическую. Эффективность их работы во многом определяется свойствами добавок, излучение которых относится к числу радиационных потерь, уменьшающих генерацию электроэнергии.

Расчет излучения щелочных элементов в зависимости от температуры и потенциала их ионизации проведен ранее. В настоящей работе ставится задача рассчитать удельную мощность излучения  $u(T)$  других элементов с низким потенциалом ионизации, в первую очередь щелочноземельных. В отсутствие поглощения и в предположении ЛТР величины  $u(T)$  найдены как суммы мощностей излучений отдельных линий в диапазоне длин волн от 0.2 до 2.0 мкм. Расчет выполнен для атомов и ионов бария, кальция, магния и алюминия. В процессе подсчета величин  $u(T)$  для указанных элементов учтено излучение свыше 600 спектральных линий.

Анализ полученных результатов показал, что излучение атомов упомянутых элементов начинается при  $T > 3000\text{K}$ , достигает максимальных значений в области температур  $T = (4-6)10^3\text{ K}$  и вследствие процесса ионизации идет на убыль. Излучение ионов этих же элементов начинается при  $T > 5000\text{K}$ , достигает максимальных значений при  $T = (8-10)10^3$  и вследствие вторичной ионизации также уменьшается. Максимальные значения величин  $u(T)$  ионов превышают аналогичные величины для атомов в (10-15)раз. Значения температур максимального высвечивания как атомов так и ионов зависит от потенциала их ионизации, с ростом которого упомянутые температуры увеличиваются. При  $T > 1,2 \cdot 10^4\text{K}$  излучение рассматриваемых элементов полностью прекращается и их присутствие в плазме нельзя обнаружить спектроскопическим методом. Дальнейшее высвечивание рассматриваемых элементов начнется при температурах, обеспечивающих вскрытие полностью заполненных электронами оболочки  $np^6$ , что произойдет при  $T \approx 10^5\text{K}$ .

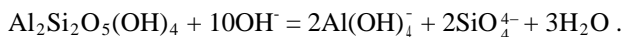
# **Химия и химические технологии**

**Каолиновые глины – вяжущие щелочной гидратации**

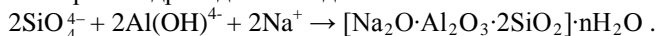
Бурак Г.А., Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Перспективным направлением является синтез вяжущих из глинистых минералов в сильнощелочной среде. Глина имеет гетерогенный, полидисперсный и полиминеральный состав. Наиболее химически активный минерал – каолинит. Растворение каолинита в щелочной среде протекает по схеме:



Внедрение  $\text{OH}^-$  иона щелочи в координационную среду атомов Al и приводит к разрушению связей Si-O-Al, а затем Si-O-Si с выходом из решетки в раствор оксидов кремния и алюминия с последующим формированием по конденсационному механизму новой твердой фазы гидроалюмосиликатов натрия гидросодалитоподобного типа



Чем интенсивнее идет процесс растворения минерала, тем быстрее раствор становится насыщенным по отношению к силикат- и алюминат-ионам. При достижении определенной концентрации ионов  $\text{Si}^{4+}$  и  $\text{Al}^{3+}$  из раствора в первую очередь выделяются менее растворимые соединения, например гидроалюмосиликат натрия. Образование гидроалюмосиликата натрия в сильнощелочных средах возможно, так как его структура состоит из чередующихся кремне- и алюмоокислородных тетраэдрических групп, дающих связи  $\text{Si}^{4+}\text{-O-Al}^{3+}$ , устойчивые в щелочных средах.

В настоящей работе получен щелочно-активированный алюмосиликат из гидроксида калия, ультрадисперсного кремнезема и бемита при мольном соотношении  $\text{K}_2\text{O} : \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1:2,94:0,97$ . Наноструктурный бемит (размер кристаллов 30-60 нм.) содержит до 98 %  $\text{AlO}(\text{OH})$ . В качестве наполнителя использовались гранитные отсева. Установлено, что после нагрева на водяной бане при температуре  $100^\circ\text{C}$  в течение 6 часов образцы не обладают достаточной прочностью.

Далее были изготовлены образцы аналогичного состава из каолиновой глины, жидкого стекла ( $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2 = 2,5$ ) и песка. После суток твердения на воздухе, образцы термообработаны по режиму  $100^\circ\text{C} - 1 \text{ ч.}$ ,  $200^\circ\text{C} - 0,5 \text{ ч.}$ ,  $300^\circ\text{C} -$  без выдержки. Полученные образцы плотные, прочные и водостойкие.

## Способы получения геополимеров

Яглов В.Н., Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Альтернативой портландцементу в перспективе могут стать вяжущие вещества щелочной активации – геополимеры.

Значительный интерес в качестве основы геополимеров вызывает метакаолин ( $Al_2Si_2O_7$ ), получаемый прокаливанием каолинита при 700–800°C.

Участие алюминия в образовании гетерополимерного каркаса создает дефицит положительного заряда, который компенсируется вхождением в структуру каркаса щелочных катионов, которые прочно удерживаются в структуре алюмосиликатного каркаса, благодаря чему материал в целом обладает высокой водостойкостью и устойчивостью к выщелачиванию.

Растворение алюмосиликатных материалов и переход силикатных и алюминатных анионов в жидкую фазу является лимитирующей стадией в кинетике твердения геополимерных материалов; поэтому чем активнее в этом отношении алюмосиликатный материал, тем выше скорость набора прочности. По сравнению с каолинитом, продукт его обжига – метакаолин – посылает силикатные и алюминатные ионы в щелочной раствор значительно активнее. Зола-унос и шлаки уступают метакаолину в скорости растворения. Поэтому добавка метакаолина к золе-уносу или шлаку заметным образом активизирует процесс щелочного твердения этих материалов. Цементирующий гель геополимеров по своей природе аналогичен алюмосиликатным гелям, получаемым в промышленности взаимодействием растворов коллоидного кремнезема, силикатов и алюминатов щелочных металлов в качестве веществ-прекурсоров при синтезе цеолитов. В составе цементирующего материала геополимера содержится незначительное количество кристаллических фаз, в которых установлено наличие цеолито-подобных структур. Прочность формируемого камня определяется составом геля, который, в свою очередь, зависит от природы щелочного активатора и твердого компонента, а также от параметров процесса твердения. Наилучшие результаты достигаются при использовании в качестве щелочных активаторов водных растворов силикатов и алюминатов щелочных металлов, уже содержащих низкополимерные силикатные анионы и обладающих вяжущими свойствами.

Технологические аспекты приготовления бетонов на основе вяжущих щелочной активации и их строительно-технические свойства в основном аналогичны технологии и свойствам бетонов на основе портландцемента, хотя при синтезе геополимерных бетонов, как правило, всегда требуется их низкотемпературная (60–80°C) обработка.



**Изучение возможности использования растворов серы в сочетании с дополнительными способами обработки бетонных изделий для придания им водоотталкивающих свойств**

Глушонок Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Разработкой пропиточных композиций и эффективных технологий пропитки бетона занимаются давно (США, Япония, Франция, Россия и др.), используя для этой цели различные композиции, в том числе на основе мономеров и расплава серы. Новым направлением применения серы в качестве пропиточной композиции являются водные растворы серы. Однако, данный способ обработки бетонных изделий обладает серьезным недостатком – щелочной раствор серы вымывается водой. Для устранения этого недостатка бетонные изделия дополнительно обрабатывались растворами хлоридов магния и цинка. Изучалось водопоглощение образцов кубов 2х2х2 см из цементно-песчаного раствора, изготовленных в соответствии ГОСТ 310.4, после обработки их неорганическими растворами серы с последующей обработкой растворами содержащими ионы  $Mg^{+2}$  и  $Zn^{+2}$ . Высыхание образцов происходило в течение 24 часов в естественных условиях. Затем образцы были 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	4,85	1,0
9	Водн р-р NaOH, + S 20%	4,02	1,2
2	Водн р-р NaOH, + S 20% + 5M водн. р-р MgCl <sub>2</sub> .	1,71	2,8
2	Водн р-р NaOH, + S 20% + 5M водн. р-р ZnCl <sub>2</sub> .	2,63	1,9

\* Показатель эффективности антикоррозионной жидкости – отношение величины водопоглощения за 48 ч контрольных образцов к величине водопоглощения образцов бетона, обработанных антикоррозионной жидкостью.

Из таблицы видно, что показатель эффективности антикоррозионной жидкости существенно возрастает после дополнительной обработки изделий растворами металлов, образующих нерастворимые сульфиды. При этом не наблюдается вымывания серы в воду при насыщении образцов водой.

**Термодинамический анализ образования NOx в камерах сгорания при окислении синтез-газа**

Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Подавляющий вклад при сжигании топлив в суммарном вредном выбросе продуктов сгорания вносят оксиды азота. Решающее влияние на образование NOx при горении топлив оказывают температура, избыток воздуха в камере сгорания и время пребывания продуктов сгорания в высокотемпературных зонах. По механизму образования NOx можно разделить на тепловые, топливные и быстрые. Тепловые NOx образуются путем окисления азота в воздухе, подаваемом на горение. Основную роль в их образовании играют температуры  $>1500^{\circ}\text{C}$  и время пребывания продуктов в зоне горения. Топливные NOx образуются при окислении азотсодержащих компонентов топлива. Концентрация топливных NOx может быть значительной, если содержание азота в топливе выше 0,1 вес.%. Быстрые NOx образуются при связывании атмосферного азота углеводородными радикалами  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$ . При низкотемпературном горении доля быстрых NOx может достигать 25% от общей концентрации NOx. В последние годы в теплоэнергетике наметилась тенденция использования такого перспективного топлива как синтез-газ ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ), который можно получать газификацией практически любого углеродсодержащего сырья и органических отходов. С помощью компьютерной программы термодинамического моделирования TERRA выполнена сравнительная оценка эмиссии NOx при сжигании природного газа (ПГ) с долей 93,7 об. %  $\text{CH}_4$  и синтез-газа (СГ) с содержанием 33,2 об. %  $\text{CO}$ , 50,7 %  $\text{H}_2$  и 2,5 %  $\text{CH}_4$ , полученного пароводяной конверсией угля, в диапазоне  $T=500\text{--}4000\text{ K}$ . Расчет показал, что при температурах выше 1800 K сжигание ПГ и СГ дает примерно равную эмиссию NOx (на уровне  $\sim 0,01$  моль/кг продуктов горения). Но при меньшей температуре (на 300K) в зоне горения при сжигании СГ расчетная эмиссия NOx оказывается в 4–5 раз ниже по сравнению со случаем сжигания ПГ. Известно, что  $\text{H}_2$  и  $\text{CO}$  имеют широкие концентрационные пределы воспламенения и высокую скорость горения. Это позволяет при использовании синтез-газа сжигать в камере сгорания бедные смеси с низкой температурой горения, и таким образом снижать концентрации NOx. Расчетные равновесные концентрации радикалов  $\text{CH}$  и  $\text{CH}_2$  в случае сжигания СГ оказались ниже на 2-3 порядка, что позволяет предполагать и снижение эмиссии быстрых NOx. Предварительная термодинамическая оценка показала, что использование синтез-газа в качестве топлива в ряде случаев может способствовать снижению эмиссии NOx.

**Оценка фотокаталитической активности  $\text{TiO}_2$** 

Горбунова В.А., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время  $\text{TiO}_2$  благодаря химической инертности, нетоксичности, невысокой стоимости признан наиболее эффективным УФ-фотокатализатором окисления, как в жидкой, так и в газовой фазах. На поверхности  $\text{TiO}_2$  легко окисляются органические соединения и на его основе уже созданы приборы для очистки воздуха. Фотокаталитическая активность  $\text{TiO}_2$  зависит от таких факторов, как фазовый состав, удельная поверхность, размер и морфология частиц, определяемых, как правило, методом приготовления катализатора.  $\text{TiO}_2$  существует в виде нескольких кристаллических модификаций – анатаз, рутил, брукит. Ширина запрещенной зоны для анатаза – 3,1-3,2 эВ, для рутила – 2,96-3,0 эВ. В большинстве случаев анатаз проявляет более высокую каталитическую активность, чем рутил. Однако последние литературные данные свидетельствуют о наибольшей каталитической активности смешанных анатаз-рутильных образцов  $\text{TiO}_2$ . В газовой фазе наибольшей активностью обладает анатаз с высокой удельной поверхностью и наноразмерными первичными частицами, оптимальный размер которых для газофазных реакций составляет 6-15 нм. Наибольшую же активность в жидкой фазе проявляют образцы с большим размером пор, более крупными частицами и низкой площадью поверхности. В жидкофазных реакциях окисления оптимальный размер частиц  $\text{TiO}_2$  – 15-110 нм.

Фотокаталитическая активность полученного гидролизом изобутилата титана  $\text{TiO}_2$  (размер частиц 130-200 нм) определялась нами на модельной реакции разложения метилового оранжевого в водных растворах. Каталитическое окисление красителя проводили в водных суспензиях  $\text{TiO}_2$  (рН = 1-2) двух видов: 1) на основе фильтрата после осаждения диоксида титана ( $\text{TiO}_2/\Phi$ ); 2) на основе пептизированного осадка ( $\text{TiO}_2/\Pi$ ). Изменение концентрации метилоранжа в процессе окислительной деструкции фиксировали по оптической плотности анализируемого образца раствора на приборе ФЭК (490 нм). Окислительная деструкция метилоранжа проводилась в двух режимах: 1) видимый свет при  $T=50^\circ\text{C}$ ; 2) УФ-облучение при  $T=50^\circ\text{C}$ .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что полученные гидролизом изобутилата титана водные суспензии  $\text{TiO}_2$  обладают достаточно высокой каталитической активностью в реакции окисления метилоранжа.

## Применение наночастиц в составе модификаторов раскислителей литейных сплавов

Слущкий А.Г., Зык Н.В., Медведев Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Комплексные научные исследования показали, что модифицирующая обработка расплава чугуна различными наноструктурными элементами (НЭ) и их комбинациями открывает новые аспекты воздействия на наноструктуру расплава чугуна и управление через это воздействие процессами структурообразования в графитизированных чугунах. В настоящее время сфера применения наномодификатора значительно расширилась. Модифицирование ковких чугунов позволило сократить длительность графитизирующего отжига до 1...5 часов при снижении температуры отжига до 850...950 °С. Модифицирование алюминиевых литейных сплавов, бронз и латуней ликвидировало полностью усадочные явления в отливках и повысило качество механообработки за счет повышения и стабилизации твердости при существенном измельчении структуры сплавов. Проведены эксперименты по модифицированию литейной стали. Выбор тугоплавких наночастиц для наномодифицирования чугуна и литейных сплавов осуществляли на базе имеющихся литературных сведений с учетом основных свойств матрицы и вводимых соединений. Опробованы наночастицы трех соединений: нитрида титана (TiN), карбида бора ( $B_4C$ ) и карбида кремния ( $Si_4C$ ), которые получены и предоставлены для исследований, проводимых в научно-исследовательских лабораториях механико-технологического факультета БНТУ. Методы идентификации соединений РЗЭ: *рентгенофазовый* и *ИК спектроскопический анализ*. Определение химического состава и изучение морфологии ранее полученных нанодисперсных образцов проводили по стандартной методике электронномикроскопическим методом с использованием растрового микроскопа LEO-1420. В ходе проведенных исследований установлено, что частицы порошков образованы первичными структурными элементами, имеющими преимущественно пластинчатую (для карбида кремния и бора) и содержащую равноосные включения форму (для нитрида титана) и размер (после дробления) около 50-200 нм, которые объединяются в агрегаты различной формы с размером до 900 нм. Химический состав синтезированных образцов однороден: образцы содержат 98,0-99,5 % мас. основного вещества. Установлено, что большинство их кристаллов *карбидов кремния и бора* однородно по показателям преломления, что было обнаружено иммерсионным методом.

**Влияние технологических параметров на синтез наноразмерных частиц из газовой фазы**

Медведев Д.И., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Высокодисперсные оксид и гидроксид титана (II) востребованы в качестве основы катализаторов, высокоплотной и биосовместимой керамики, в производстве композитов. Прекурсор из тонкодисперсного оксида титана позволяет существенно понизить температуру получения кубического нитрида титана в реакциях карботермического восстановления. Существует много различных способов получения порошков оксида и гидроксида титана, но всегда ключевым является вопрос об их дисперсности и кристаллической структуре. Методы производства высокодисперсных порошков условно можно разделить на механические (диспергирование), химические и физико-химические. Ультрадисперсные порошки оксида алюминия получают преимущественно химическими методами, их которых наиболее распространён золь-гель метод. В тоже время, в поисковых исследованиях установлено, что при получении гидроксида титана методом осаждения гидроксидами калия и аммония из растворов нитрата и сульфата титана с его последующим термическим разложением в муфельной печи в воздушной атмосфере не удалось получить порошок гидроксида и оксида титана с заданными свойствами: если получались порошки необходимых размеров и формы, то не удавалось стабилизировать заданную фазу и получить требуемую чистоту продукта, а если удавалось получить продукт с требуемым химическим и фазовым составом, то не удавалось получить требуемый размер частиц. Получение высокодисперсного оксида титана с заданной кристаллической модификацией, формой и размером частиц, с низким содержанием примесей, методом сжигания порошка титана в воздушном потоке составляет важное направление в рамках указанной проблемы. В предлагаемом синтезе в качестве соли металла используются нитрат, а в качестве восстановителя глицин. Количество выделяемого тепла, степень полноты прохождения реакции и скорость разложения зависят от соотношения *глицин : нитрат*. Кроме того, существует множество факторов, которые невозможно учесть при планировании процесса. Среди них – природа восстановителя, электронное строение катионов, возможность каталитического влияния компонентов, скорость нагревания, количество реакционной смеси, форма реактора и другие, требующие экспериментального исследования.

**Инженерная химия в дорожном строительстве**

Ковалев Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

Проблема целенаправленного приближения фундаментальных дисциплин к прикладным наукам строительного производства является актуальной и требующей практической реализации при подготовке инженерных кадров. Не является исключением и такая важная дисциплина, как химия, которая включена (к сожалению, в недостаточном объеме) в учебные планы при подготовке инженеров-строителей по специальностям «Автомобильные дороги», «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» и др. Вопрос, однако, заключается в том, насколько химия, как дисциплина приближена к указанным специальностям? Насколько она является «инженерной» химией, отвечающей потребностям готовящихся специалистов?

Одним из подходов к изучению данного вопроса является анализ объекта, рассматриваемого в профилирующих дисциплинах, с точки зрения зависимости от химических процессов, определяющих стабильность и надежность данного инженерного сооружения на всех стадиях его «жизни» – от изготовления до разрушения.

Дорожно-строительные материалы – пример такого «химического» анализа. Технология их производства и применения – огромный, пока до конца не реализованный потенциал изучения этих процессов с позиции инженерной химии. Например, сюда можно отнести, как объекты самостоятельного химического изучения (особенно при их модификации), такие компоненты дорожных асфальто- и цементобетонов как: битумы, эмульсии на их основе, коллоидный цементный клей, различные химические и полимерные добавки, ПАВы.

Самостоятельную область исследований «химизма» технологических процессов представляет возможность использования при этом эффекта Ребиндера, закона створа Рыбьева, влияние различных факторов внешней среды, компьютерной химии и др. При этом перспективной областью применения инженерной химии является использование отходов производства (включая химические) в дорожном строительстве.

Следует расширять рамки преподавания инженерной химии для специальности «автомобильные дороги» за счет углубленного изучения вопросов поверхностных явлений, адгезии, смачивания, активации всех компонентов дорожных композиционных материалов.

## Пути снижения температуры приготовления асфальтобетонной смеси

Ковалев Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время температура выпускаемых горячих асфальтобетонных смесей составляет (140 - 165) °С. В то же время высокая температура технологических процессов приготовления и укладки смеси является причиной старения битума и, как следствие, преждевременного разрушения асфальтобетона. При более низкой температуре приготовления ухудшаются качество перемешивания компонентов и удобоукладываемость готовой смеси, что снижает качество выполняемых работ.

Снижение температуры выпускаемой смеси без ухудшения технологических и эксплуатационных свойств асфальтобетона является одной из основных задач дорожной науки.

В настоящее время в странах Европы, в России, в США широко распространено устройство покрытий из асфальтобетонных смесей с температуропонижающими добавками. Такой вид асфальтобетонов получил название «теплый». Как показал опыт, устройство дорожного покрытия из данного материала позволяет снизить энергозатраты на 20–30% по сравнению с традиционными горячими асфальтобетонами.

Экспериментальные исследования и промышленное внедрение подтвердило высокую эффективность применения теплых асфальтобетонов, приготовленных с использованием температуропонижающих добавок. Однако, высокая стоимость температуропонижающих добавок, которые необходимо покупать за валюту, вызывает удорожание асфальтобетонной смеси, поэтому поиск альтернативной добавки отечественного производства, соответствует государственной политике, направленной на импортозамещение материалов и технологий, и исследования в этом направлении являются актуальными.

В БНТУ проведен комплекс исследований по разработке технологии приготовления горячих асфальтобетонных смесей с применением температуропонижающих добавок в виде фосфогипса и торфа.

Введение в состав асфальтобетонной смеси температуропонижающей добавки в виде фосфогипса в количестве 0,5 % от массы минеральной части позволяет снизить температуру приготовления смеси на 15-25 °С без ухудшения его качества.

Исследование в данном направлении расширяют перечень применяемых импортозамещающих добавок в дорожных щебеночно-мастичных бетонах.

Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Широкое применение крупнотоннажных полимеров обусловило задачи по вторичному использованию и продлению срока эксплуатации данных материалов. Старение полимеров в основном обусловлено двумя факторами: термо- и фотоокислительной деструкцией.

Деструкция макромолекул, где особо следует выделить реакции, приводящие к разрыву связей С–С в главной цепи полимера, приводит к снижению молекулярной массы полимера. Это является причиной резкого ухудшения механических свойств изделий из полимеров, а именно прочности, эластичности, упругости, ударной вязкости. Процессы деструкции макромолекул приводят, в общем, к резкому снижению срока службы изделий из полимеров.

Механизм термоокислительной деструкции предполагает следующие стадии: зарождение цепи, продолжение цепи, разветвление цепи, обрыв цепи.

Важной задачей химии и технологии полимерных материалов является предотвращение процессов деструкции макромолекул полимеров, называемое стабилизацией. Стабилизация достигается путем введения в полимерную композицию небольших количеств (до 1 % масс.) химических соединений, препятствующих протеканию процессов термо- и фотоокислительной деструкции и называемых стабилизаторами.

В данной работе исследовалось влияние стабилизатора полидисульфид оксалил дигидразида (МЛ-3) на ингибирование термоокислительной деструкции полиэтилена высокого давления (ПЭВД) в статических условиях ( $T = 200^{\circ}\text{C}$ ,  $P_0 = 350$  мм рт. ст.) посредством измерения количества поглощенного кислорода в течение определенного времени. Также для сравнительной характеристики наряду с указанным стабилизатором применялся уже известный стабилизатор Диафен-NN.

Введение МЛ-3 в ПЭВД в количестве от 0,1 до 0,5% во всех случаях уменьшает количество поглощенного кислорода по сравнению с чистым полиэтиленом (в 6,9 раза для 0,1%-ного состава, и в 17,3 раза для 0,3%-ного состава, и практически прекращается поглощение кислорода при введении МЛ-3 в ПЭВД в количестве 0,5%). При сравнении результатов для 0,1%-ных составов МЛ-3 и Диафен-NN, изучаемый МЛ-3 незначительно повышает стойкость ПЭВД к термоокислительной деструкции.



**Способы переработки металлосодержащих отходов**

Проворова И.Б.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее массовыми никель- и медьсодержащими отходами являются шламы и отработанные катализаторы. Основными путями переработки отходов являются пиро- и гидрометаллургические методы. Металлические шламы, содержащие оксиды или гидроксиды никеля (меди) образуются в процессах травления металлов кислотой в установках для электропокрытия металлов, а также в других процессах обработки поверхности. Учитывая сложный и переменный состав шламов, прямое введение данных отходов в металлургические или литейные плавильные агрегаты затруднено. Поэтому для шламов наибольшее распространение получили гидрометаллургические схемы с последующим осаждением никелевых (медных) соединений или электролитическим выделением металла.

Гидрометаллургические способы переработки шламов имеют свои сложности, которые обусловлены их фазовым и химическим составом. Так, при выщелачивании этих отходов в раствор, кроме основного металла (никеля или меди), переходят катионы примесей, часть которых образует плохо растворимые соединения, оседающие на поверхности твердых частиц, затрудняя доступ к ним растворителя.

В отличие от шламов химический состав отработанных катализаторов стабилен и содержит ограниченное число компонентов. Тем не менее, гидрометаллургические схемы их переработки многостадийны и различаются по виду растворителя на стадии выщелачивания. В странах, имеющих металлургическую промышленность, широко используются способы пиро-металлургического извлечения никеля (меди) из отработанных катализаторов. Данный метод переработки отработанных катализаторов может применяться, как заключительная стадия после выщелачивания и как самостоятельный процесс. Наиболее технологичным и дешевым для переработки отработанных катализаторов является метод легирования с применением совмещенных технологий, позволяющий использовать дешевые отходы производства взамен дорогих традиционных ферросплавов. Легирование – составная часть технологии получения высококачественных экономно легированных чугунов и сталей.

Следовательно, наибольший интерес для разработки новой технологии рециклинга цветных металлов представляют отработанные катализаторы, так как полученные результаты позволят не только утилизировать данные отходы, но и повысить качество выплавляемых в Республике Беларусь чугунов и снизить себестоимость продукции за счёт импортозамещения.

**Дисперсность и морфология субмикронного диоксида титана**

Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Для получения гидрозоля диоксида титана золь-гель методом наиболее часто используются процессы гидролиза алкоксидов титана (IV), или тетрахлорида титана. При использовании в качестве прекурсора тетрахлорида титана, полученный в результате гидролиза осадок обычно отфильтровывается, промывается и переводится в гидрозоль в присутствии различных стабилизаторов. Гидрозоль диоксида титана получали гидролизом тетрахлорида титана, предварительно растворенного в изобутаноле (соотношение по объему 1:4). Слабая опалесценция раствора начинала наблюдаться через разные промежутки времени в зависимости от соотношения добавляемого спиртового раствора тетрахлорида титана и воды. Увеличение концентрации гидрозоля (в пересчете на диоксид титана) выше  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л приводило к уменьшению индукционного периода до появления опалесценции и одновременно к уменьшению агрегативной устойчивости золя. Дисперсность гидрозоля определялась методами турбидиметрии и атомно-силовой микроскопии (АСМ), которая дает также информацию о морфологии получаемого гидрозоля. Преимущество метода турбидиметрии по сравнению с другими методами исследования в том, что он применим для изучения гидрозолей непосредственно в жидкой среде, в то время как для других методов требуется высушивание. Турбидиметрия основана на измерении интенсивности проходящего через систему света. Метод турбидиметрии возможно использовать для определения размеров частиц золя диоксида титана, т.к. он относится к так называемым «белым» золям, т.е. практически не поглощающим видимый свет дисперсным системам. Метод базируется на явлении светорассеяния гидрозолем диоксида титана. Поскольку золь диоксида титана подвергается старению, для турбидиметрического исследования были взяты образцы свежеприготовленного золя. С помощью концентрационного фотоколориметра КФК-2 были экспериментально определены оптические плотности образца гидрозоля диоксида титана в диапазоне длин волн падающего света от 364 нм до 750 нм. По данным турбидиметрии средний диаметр частиц гидрозоля был около 270 нм. Дисперсность и морфология высушенного на воздухе образца гидрозоля была оценена методом АСМ с использованием модели НТ-206 (ОДО «Микротестмашины», Беларусь) и стандартных кремниевых зондов балочного типа с паспортным радиусом закругления 10 нм. Снимки показали присутствие объемных частиц, диаметром 200 -300 нм, что соответствует результатам турбидиметрии.

**Изучение агрегативной устойчивости гидрозоля диоксида титана**

Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Несмотря на широкое использование диоксида титана, он до сих пор привлекает внимание исследователей в связи с возможностью использования в нанотехнологиях. При получении нанопорошка золь-гель методом в качестве промежуточного продукта образуется гидрозоль, изучение физико-химических свойств которого представляется важным в процессе регулирования свойств и размеров нанопорошка. Образование новой фазы в процессе гидролиза титансодержащего прекурсора включает образование центров кристаллизации и их рост. Лиофобные золи, к которым относятся гидрозоли диоксида титана, термодинамически неустойчивы, и их частицы с течением времени склонны к агрегации. Основы агрегативной устойчивости лиофобных золь-гелей были разработаны в классической теории Дерягина–Ландау–Фервея–Овербека (ДЛФО). Теория ДЛФО учитывает баланс сил притяжения, связанных с межмолекулярными Ван-дер-Ваальсовыми взаимодействиями, и сил отталкивания, связанных с электростатической составляющей расклинивающего давления. Кинетика коагуляции определяется уравнением Смолуховского. Константа скорости агрегации  $K$  определяется соотношением:  $K = K_0 P \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right)$ , где  $K_0$  – константа скорости

быстрой коагуляции;  $P$  – стерический множитель, учитывающий благоприятные пространственные расположения частиц при столкновении;  $\Delta E$  – энергия взаимодействия частиц, или потенциальный барьер;  $k$  – константа Больцмана. Агрегативная устойчивость гидрозолей зависит от ряда факторов, среди которых можно выделить концентрацию прекурсора, наличие стабилизирующего электролита, pH среды. Гидрозоль диоксида титана был получен нами в процессе гидролиза тетраоксида титана, предварительно растворенного в изобутиловом спирте. Стабилизация образующихся центров кристаллизации осуществлялась ионами хлора, вытесненными из координационной сферы титана изобутоксид-анионами. С целью изучения кинетики старения гидрозоля нами была получена экспериментальная зависимость оптической плотности гидрозоля диоксида титана от времени. Оптическая плотность была измерена с помощью фотоколориметра концентрационного КФК-2 при длине волны 440 нм и толщине кюветы 50 мм. Полученная кинетическая кривая спрямлялась в координатах: время –  $\ln D$ . Скорость агрегации частиц гидрозоля подчинялась экспоненциальной зависимости, что соответствует уравнению кинетики первого порядка с константой скорости агрегации  $0,11 \text{ дн}^{-1}$ .

## Добавка, содержащая золь $\text{SiO}_2$

Меженцев А.А., Шагойко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных задач в современных строительных материалах является повышение качества цемента. Некоторые из его свойств могут быть улучшены различного рода добавками. Одним из представителей такого рода нанодобавок является золь  $\text{SiO}_2$ .

Золь  $\text{SiO}_2$  представляет собой коллоидную добавку с размером частиц 1 – 100 нм и обладающую, поэтому высокой поверхностной энергией.

Поверхностная энергия наночастиц  $\text{SiO}_2$  способная нивелировать возникающие при твердении цемента внутренние напряжения в системе, а может быть использовано для повышения качества изделий на основе цемента.

В работе использовался золь  $\text{SiO}_2$  марки «Ковелос 20» ООО «Экокремний» РФ, соответствующий ТУ 2168-002-14344269-09.

В качестве вяжущего использовался цемент марки П500ДО Красносельского цементного завода, а также пластифицирующая добавка С-3.

Основная идея использования золя, состояла в том, чтобы использовать его для получения дополнительного структурного элемента в структуре строительных материалов на основе цемента. Этот дополнительный структурный элемент, представляет собой частицу золя  $\text{SiO}_2$ , которая в результате реакции с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , образующимся при гидролизе и гидратации цемента, превращается в гидросиликат кальция и тем самым способствует зарастанию пор в готовом изделии.

Если эти предположения справедливы, то следствием добавки золя  $\text{SiO}_2$  к цементу должно быть снижение усадки, рост прочности, долговечности и улучшения деформативных характеристик изделия.

Предварительные данные, полученные при использовании различных компонентов добавки «Ковелос 20» показали, что гидратационная активность цемента усиливается, фазовый состав продуктов гидратации также меняется. Увеличивается количество низкоосновных гидросиликатов кальция типа  $\text{CSH(I)}$ . Кроме того, увеличивается общее количество тепла, выделяющегося при гидратации цемента с добавкой золя  $\text{SiO}_2$  по сравнению с контрольными образцами. Отмечен также и пластифицирующий эффект добавки золя  $\text{SiO}_2$ .

Дальнейшие исследования будут направлены на определение оптимального количества добавки золя  $\text{SiO}_2$  для получения максимального положительного эффекта от его прибавления.

Яглов В.Н., Кирюшина Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее перспективным материалом для строительства является безавтоклавный пено- или газобетон, обладающий рядом ценных свойств, таких как низкая стоимость, низкая теплопроводность, возможность приготовления непосредственно на строительной площадке.

Однако такой бетон, приготовленный на основе портландцемента обладает рядом существенных недостатков: низкие прочностные характеристики, увеличенные сроки схватывания, склонность к трещинообразованию.

Стремление повысить марочную прочность за счет увеличения расхода цемента приводит к обратному эффекту. Вместе с тем существует и другой путь решения вышеуказанных проблем, который предусматривает замену цементного вяжущего на жидкостекольное.

Установлено, что при величине силикатного модуля жидкого стекла равном 2,8 – 3,0 и плотности – 1,43 – 1,45 г/см<sup>3</sup> в нем содержится 30 – 40% растворенного метасиликата натрия. Использование такой бинарной системы для получения ячеистого материала не рационально, так как это связано со значительным расходом тепла на испарение воды. Кроме того, процесс вспенивания при этом будет крайне не устойчивым. Сократить расход тепла и стабилизировать процесс вспенивания можно за счет увеличения количества твердой фазы в исходной смеси до 55 – 60%. В качестве добавки использовали карбонат кальция и бемит (AlOOH) в виде высокодисперсных порошков, газообразователем служила алюминиевая пудра (ПАП-2). В качестве отвердителя использовали негашеную известь (CaO) и кремнефторид натрия (Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>).

Установлено, что при уменьшении силикатного модуля и увеличении pH время отверждения образцов возрастает, т.е. существует возможность регулировать время отверждения. С другой стороны известно, что процесс выделения водорода зависит от pH среды, т.е. изменяя модуль жидкого стекла, можно увеличивать или уменьшать скорости газообразования и отверждения ячеистой структуры материала при комнатной температуре. Дополнительная же термообработка готового изделия при 300 – 350°C позволяет повысить его водостойкость. Вместо мела в качестве наполнителя можно использовать порошок глины, которая предварительно должна быть термоактивирована. По предложенной технологии может быть получен безавтоклавной ячеистый бетон с пониженной плотностью.

**Общепромышленные и комплексные  
проблемы**

**Научно-технические  
аспекты модернизации и  
развития вооружения и  
военной техники**

**Описание методических особенностей проблемно-ориентированного обучения в подготовке военных специалистов**

Анкудинов А.П.

Белорусский национальный технический университет

Проблемная ориентация обучения предполагает обучение постановке познавательных, практических, коммуникативных целей, поиску и преобразованию информации для их достижения, а также поиску новых целей, которые могут быть реализованы благодаря новой информации. Под *проблемно-ориентированным обучением* понимается такое обучение, содержание которого включает метапредметные средства, позволяющие структурировать и преобразовывать информацию с целью выявления анализа и решения проблем в различных областях знаний. Проблемно-ориентированное обучение специфично для военной направленности и побуждает обучающихся творчески мыслить, вести активную поисковую деятельности, овладевать методами самостоятельного познания. Но это обучение требует и более высокой педагогической культуры от обучающихся, больших затрат их интеллектуальных сил и времени на проведение учебных экспериментов и постоянные поиски новых приемов обучения. Эти обстоятельства и затрудняют его более широкое внедрение в учебный процесс. Необходимо отказаться от стереотипа так называемого чтения лекций, когда в течение 2-х часов преподаватель по своему конспекту читает, курсант конспектирует, по сути, работает стенографистом. Нужны печатные курсы лекций. Курсант должен идти на лекцию, прочитав ее, ставить вопросы преподавателю, которые, как с коллегой, сможет их обсуждать. Это сэкономит время, улучшит качество знаний, даст возможность заострить внимание на современных достижениях науки и практики.

Принцип избирательного подхода требует от преподавателей высших военно-учебных заведений фокусирования содержания своих выступлений на проблемах, которые представляют наибольшую значимость для военного дела, для укрепления боевого потенциала Вооруженных Сил, повышения их боеготовности.

Опыт показывает большую эффективность применения проблемных задач. Проблемные задачи разрабатываются самими преподавателями и накапливаются ими в процессе всего периода своей работы. Основой для таких задач является личный опыт преподавателя по решению боевых задач, управлению частями и подразделениями, анализ опыта войсковых учений, командно-штабных игр, опыт боевого применения подразделений в локальных войнах.

## **Перспективы развития тактики и информационного обеспечения боевых действий**

Бартошевич А.В.

Белорусский национальный технический университет

Военно-политическая обстановка в мире, процесс строительства Вооруженных Сил, предъявляют новые требования к профессиональной подготовке офицерского состава, особенно выпускников высших военно-учебных заведений, к знаниям ими новых образцов вооружения и военной техники. Современные взгляды на подготовку и ведение войн и вооружённых конфликтов, обновление, модернизация материально-технической базы армии, изменения в ее организационной структуре неизбежно порождают новшества и расширяют рамки тактики, в том числе тактики общевойсковых воинских частей и соединений. Основными факторами, определяющими развитие тактики, являются: изменения в вооружении и технике, личном составе армии. Кроме того, на развитие тактики оказывают влияние: характер операций и войны в целом; требования оперативного искусства и стратегии к тактике; противник и его вооружение и техника, организация войск и способ ведения боя; организационная структура соединений, частей и подразделений, уровень развития военной науки. Наиболее решительное влияние на характер общевойскового боя, способы его подготовки и ведения, на развитие тактики в целом оказывает появление более совершенных видов вооружения и военной техники. К наиболее важным перспективным средствам вооруженной борьбы следует относить: высокоточные системы вооружения, самонаводящиеся боеприпасы (ракетные, авиационные, зенитные и артиллерийские); оружие кинетической и направленной энергии (электронные, магнитные пушки, высокочастотные РЛС, боевые лазеры), а также роботов военного назначения (БПЛА, саперы, разведчики и др.). С внедрением в войска оружия на новых физических принципах система поражения обогатится новыми видами ударов с использованием лазерного, лучевого, СВЧ, кинетического, инфразвукового оружия. Наряду с созданием зон огневого поражения появятся возможности создания энергетического поражения. Новые качества обретает маневр. В перспективном бою он будет играть господствующую роль. Увеличится значение, и расширятся функции защиты. Она будет носить "всеобъемлющий" характер. Таким образом, современная тактика непрерывно совершенствуется исходя из целей и задач предстоящих конфликтов, предполагаемых участников, их оснащённости новыми видами вооружений, организационного состава сил и средств и т.д.



**Тенденции развития теории моделирования боевых действий**

Бартошевич А.В.

Белорусский национальный технический университет

Творческая деятельность командира в управлении войсками, в процессе принятия решения на бой по напряжённости, сложности и многообразию не уступает деятельности учёных и других творческих работников. К. Клаузевиц писал: «...на высшем посту главнокомандующего умственная деятельность принадлежит к числу наиболее трудных из тех, которые только выпадают на долю человеческого ума...». А известный советский психолог Б.М. Теплов подчёркивал, что «...ум Петра Первого (имеется в виду его деятельность) ничем не ниже, не проще, не элементарнее, чем ум Ломоносова...». В вооружённой борьбе подчас трудно построить более или менее точную и полную математическую модель исследуемого процесса, например боя, операции, хода управления войсками. При этом всякое упрощение такого процесса, его идеализация, попытка абстрагироваться в целях последующего использования адекватного математического аппарата часто упрощают сущность исследуемого процесса, снижая этим ценность его результата. Это, на наш взгляд, одна из причин, по которой для решения задач управления войсками в бою и операции электронные вычислительные машины используются ещё недостаточно широко. Основной целевой функцией решения командира является определение оптимальной зависимости потерь от затраченных ресурсов, целесообразное распределение имеющихся сил и средств, организация взаимодействия, обеспечения и управления для эффективного выполнения поставленных боевых задач. На основе понятий об операции, ее целях, эффективности, критериях оценки результатов, можно определить задачи исследования операции (боя) и общий подход к методологии исследования. Методологическая последовательность в исследованиях ведет к достижению оптимальных (наиболее целесообразных) решений, которые могут быть описаны математическими методами. Все многообразие факторов, влияющих по нашему мнению на адекватность создаваемых моделей, учесть достаточно сложно, однако частичное решение этой проблемы видится в последовательном учете предлагаемых решений. Практическими рекомендациями в рассматриваемой области знаний представляются: организация применения штабных математических моделей, определение места и роли математического моделирования в процессе выработки и уточнения решения на бой, общая последовательность использования штабных математических моделей.

**Польские лагеря для военнопленных на территории Беларуси  
в 1919–1920 гг.**

Бураков В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Польско-советская война разразилась в результате столкновения Войска Польского с Рабоче-Крестьянской Красной Армией после установления советской власти в Беларуси и на Украине. Первое боевое столкновение произошло в Березе-Картузской 13.02.1919 г. [1, с. 30].

Боевые действия длились 20 месяцев, до 18.10.1920 г., когда на польско-советском фронте вступило в силу подписанное за 6 дней до этого перемирие. И лишь 19.03.1921 г. в Риге был заключен мирный договор.

Согласно имеющимся в открытых источниках данным количество пленных составило около 110 тыс. красноармейцев. У руководства Польши возник вопрос размещения данной категории людей.

В данный период на оккупированных территориях и самой Польши действовали типовые учреждения и заведения для пленных.

Государственное управление по делам пленных, беженцев и рабочих (ГУПДПБР, ПБР); этапные пункты; распределительные станции; сборные пункты пленных; пересыльные пункты пленных; концентрационные станции (лагеря) военнопленных

На территории современной Республики Беларусь по установленным данным были созданы:

Сборные пункты в Молодечно, Минске, Пинске, Гродно, Слуцке, Смолевичах, Калинковичах и Бобруйске.

Лагери для военнопленных: в Бобруйске, Волковыске, Брест-Литовске. На территории Брестской крепости были созданы пункты содержания военнопленных. Установлено, что они размещались на Кобринском укреплении, в форте Граф Берг и на Граевских казармах. Некоторые историки говорят о шести подобных лагерях на территории Бреста. В самой же крепости их было четыре. Также в Бресте размещался госпиталь и распределительная станция. Подобный госпиталь имелся в Гродно.

В Молодечно размещалась этапная станция. В Минске и Калинковичах пересыльный пункт пленных. В Ружанах разместился лагерь для интернированных.

Согласно распоряжению Министерства военных дел Польши о порядке транспортировки, регистрации и отправки в лагеря военнопленных, интернированных, беженцев и реэмигрантов от 11.07.1919 г. все лица, содержащиеся в этих заведениях, делились на следующие категории: военнопленные, интернированные, реэмигранты и беженцы.

**Реализация контроля качества изучения дисциплины «Тактика»  
методом тестирования**

Валежанин В.А., Савлучинский В.В.  
Белорусский национальный технический университет

Тестирование является одной из форм массового контроля знаний обучаемых. Особенность контроля в форме тестирования – регулируемый временный контроль, имитирующий быстроменяющуюся войсковую обстановку. Наибольшее распространение в педагогической практике получили тестовые задания закрытой формы, когда предлагается несколько вариантов готовых утверждений (ответов), из которых нужно выбрать одно, являющееся истинным.

Тестовые задания открытой формы помогают обучаемым овладеть ключевыми словами учебных дисциплин. По этой форме курсанту дается предложение, в конце фразы делается пробел, в который тестируемый записывает произвольный ответ (задание на дополнение).

Эффективной формой является задание на соответствие. По этой форме необходимо установить соответствие элементов одного множества элементам другому. При таком методе тестирования оценивается либо каждый вопрос (что желательно), либо целиком полный правильный ответ.

Контроль в форме тестирования обладает целым рядом преимуществ перед традиционной формой диалога «преподаватель – обучаемый»: объективность – исключается фактор субъективного подхода со стороны экзаменатора; исключается фактор "лотереи" обычного экзамена; простота – тестовые вопросы конкретнее и лаконичнее обычных экзаменационных билетов и задач, достаточно выбрать правильный ответ и установить соответствие; демократичность – все тестируемые находятся в равных условиях; массовость и кратковременность, возможность за определенный установленный промежуток времени охватить итоговым контролем большое количество обучаемых; технологичность – проведение контроля в форме тестирования позволяет использовать машинную обработку.

Также имеются и недостатки: относительная трудность создания качественного теста: возможность угадывания ответов при использовании закрытой (без показа правильных вариантов ответов) формы тестовых заданий; необходимость создания или приобретения дорогостоящих технических средств для использования тестов при машинном контроле.

Проблема применения метода тестирования в основном состоит в планировании занятия и необходимости чередования рабочих мест обучаемых с переходом их в аудиторию с установленными в нем ПЭВМ или спецаудиорию с техникой и вооружением.

**Перспективы развития землеройной инженерной техники**

Витковский А.М.

Белорусский национальный технический университет

Средства механизации земляных работ предназначены для выполнения задач по фортификационному оборудованию позиций, рубежей, районов, занимаемых войсками, районов развертывания пунктов управления, подготовке и содержанию путей движения и маневра войск. На сегодняшний день техническое состояние состоящей на вооружении землеройной и дорожной техники пока позволяет выполнять весь объем работ. Современный парк инженерной техники Вооруженных Сил Республики Беларусь укомплектован техникой производства Советского Союза, при этом возникают большие сложности для поддержания работоспособного состояния землеройной техники из-за отсутствия запасных частей, производство которых прекращено. Сегодня целью строительства и развития инженерных войск является дальнейший рост возможностей и способности соединений и воинских частей инженерных войск в любых условиях военно-политической и стратегической обстановки гарантированно выполнить задачи в соответствии с предназначением. Приоритеты при этом будут отданы модернизации существующих образцов и разработке новых современных с переходом на базовые шасси белорусского производства многофункциональных образцов землеройной техники, позволяющих сократить номенклатуру инженерной техники и обеспечить повышение защиты и живучести войск, а соответственно, и потенциальных возможностей по выполнению задач по предназначению воинских частей. Основными чертами перспективных образцов средств инженерного вооружения должны являться их унификация и стандартизация, достижение блочно-модульного построения, простота и удобство в эксплуатации. При формировании конструкции инженерной техники необходимо исходить из требований, сформулированных на основе возможностей реализации современных технологий машиностроительного производства Республики Беларусь. Мощность энергетических средств в составе этих агрегатов должны быть более 110 кВт (150 л.с.), при этом базовые шасси должны иметь передний и задний валы отбора мощности, переднюю и заднюю навесные устройства, реверсный пост управления, многопарные гидравлические выходы с задним и передним расположением, развесовку по осям и др. Исходя из этого можно сделать вывод, что с использованием потенциала промышленности Республики Беларусь можно выпускать необходимую землеройную технику для Вооруженных Сил Республики Беларусь.

## Аутсорсинг бухгалтерских услуг в Вооруженных Силах

Выбодовский А.А.

Белорусский национальный технический университет

Вооруженные Силы Республики Беларусь нуждаются в качественном тыловом обеспечении. Для энергичного улучшения всех видов обеспечения военнослужащих требуется постоянное вложение инвестиций. А в текущем экономическом положении нашего государства дополнительные денежные средства на модернизацию тылового обеспечения найти довольно проблематично.

В сложившейся ситуации необходимо искать дополнительные резервы для финансирования проектов усовершенствования тылового обеспечения. Одним из выходов может быть применение в Вооруженных Силах аутсорсинга бухгалтерских услуг.

Практически в каждой воинской части в службах тылового обеспечения работают бухгалтера из числа лиц гражданского персонала. Объем работы и оплата труда таких работников не равны.

Качественно подготовленный начальник финансового органа может контролировать все операции, связанные с движением денежных средств в воинской части.

Проведя организационно-штатные мероприятия по сокращению не эффективно работающих бухгалтеров в службах тыла Вооруженных Сил можно извлечь дополнительные денежные средства на улучшение обеспечения военнослужащих, в том числе и на увеличение их денежного довольствия.

Создав при Министерстве обороны Республики Беларусь организацию по учету всех приходно-расходных операций, всех задач, которые выполняют бухгалтера в службах тыла, можно не сомневаться в качестве работы ее сотрудников. Финансовые нарушения в этом случае уйдут в прошлое. При этом необходимо создать единую базу данных для всех Вооруженных Сил.

Начальники служб тылового обеспечения смогут оперативно передавать информацию в организацию при Министерстве обороны, занимающуюся аутсорсингом бухгалтерских услуг. Затем они получат качественное разрешение финансовых вопросов, не сомневаясь в законности их использования.

Данная проблема требует качественной проработки на высшем уровне. Однако эффективность внедрения организации по аутсорсингу бухгалтерских услуг намного выше затрат, связанных с содержанием бухгалтеров в службах тыла еще на неопределенный срок.

## **Техническое обеспечение воинских частей и подразделений быстрого реагирования, проблемы и пути их решения**

Гаман М.И., Безлюдько А.В.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях вопрос развёртывания воинских частей и подразделений быстрого реагирования имеет особую важность, так как, кто раньше сумеет, создать необходимую группировку войск (сил) на избранных направлениях, тот и будет иметь инициативу, а от этого, несомненно, будет зависеть успех ведения боевых действий в целом.

Основными проблемами технического обеспечения воинских частей и подразделений быстрого реагирования в ходе ведения боевых действий будут: восстановление вооружения и военной техники (ВВТ) в отрыве от главных сил отдельной механизированной бригады имеющимся составом сил и средств технического обеспечения; необходимость эвакуации большого количества повреждённых ВВТ на большие расстояния; не соответствие возможных темпов выхода из строя ВВТ, темпам возвращения в строй; невозможность развернуть ремонтно-восстановительные органы непосредственно в районах больших потерь ВВТ; отсутствие штатных сил и средств технической разведки в частях (подразделениях), вследствие чего, задачи разведки возлагаются на силы и средства ТехО, как дополнительные.

Решение проблем технического обеспечения воинских частей и подразделений быстрого реагирования напрямую зависит от следующего:

– возможностей сил и средств технического обеспечения по восстановлению ВВТ;

– создания эшелонированной системы восстановления по глубине и направлениям с выбором мест развёртывания сил и средств ТехО, обеспечивающих их необходимую живучесть и вместе с тем минимальные затраты времени на сосредоточение ремонтного фонда;

– возвращения в строй неисправной и поврежденной боевой техники в ходе ведения боевых действий в объеме и темпе, максимально приближенным к объему и темпу выхода ее из строя;

– повышения профессиональной подготовки личного состава ремонтных подразделений, совершенствование организационно-штатной структуры ремонтных подразделений.

Таким образом, только комплексный, научно обоснованный подход к построению и совершенствованию технического обеспечения позволит повысить эффективность сил и средств ТехО и как следствие, сохранение

в ходе боевых действий боеспособности частей (подразделений) близкой к максимальной.

УДК 355.2.199

### **Методические основы организации учебных занятий с военнослужащими**

Валежанин В.А., Кадинец Р.Л.

Белорусский национальный технический университет

Процесс подготовки военнослужащих, который строится на основе избранной командиром психолого-педагогической теории и концепции обучения, включает в себя две стороны.

Организационная сторона процесса обучения определяется содержанием учебного материала, возможностями подразделения для проведения того или иного занятия, подготовленностью командира к эффективному использованию всех методов и организационных форм обучения.

Методическая сторона определяет модель, алгоритм и технологию учебного процесса, в том числе личной работы командира, подготовки к учебному занятию и его проведению.

Содержание методической стороны учебного процесса составляет практика задействования в нем дидактического инструментария.

В своей конкретике он представляет собой методику подготовки и проведения занятия с личным составом подразделения, а в целостной взаимосвязи - методическую основу учебного процесса.

Для того, чтобы подготовиться и провести занятие с личным составом необходимо знать содержание учебного материала и структурно-функциональный состав педагогической деятельности, которая складывается из прогностического, конструкторского, организаторского и коммуникативного компонентов.

Педагогическое и методическое мастерство командира как учителя, организатора формируется в его практической деятельности по подготовке и проведению учебных занятий с военнослужащими в подразделении, основываясь на глубоких знаниях профессии, военной психологии и педагогики, социологии и других общественных дисциплин.

От профессионального мастерства преподавателя, общей и педагогической культуры в прямой зависимости находится эффективность обучения, воспитания, развития, информирования и психологической подготовки воинов.

**К вопросу распределения сил и средств медицинской службы  
тактического звена в районе боевых действий**

Грубеляс В.В., Сыч С.Е., Федоренко В.В.  
Белорусский национальный технический университет

Обеспечение непрерывного и своевременного оказания первой медицинской помощи раненым, сбор и вывоз их из района боевых действий неразрывно связаны с решением вопроса о том, где должны быть сосредоточены силы и средства медицинской службы, предназначенные для этого. На наш взгляд, возможны три варианта.

1. Все санитарные транспортеры включаются в штаты подразделений. В этом случае розыск и сбор раненых будут обеспечены при максимальных санитарных потерях в данных подразделениях, но при этом потребуется значительное количество транспортеров, приписанных непосредственно к подразделениям, в то время как максимальные санитарные потери будут встречаться не часто.

2. Подразделения вообще не имеют санитарных транспортеров, последние выделяются лишь по мере необходимости из резерва вышестоящего начальника медицинской службы. Это снижает потребность в транспортерах по сравнению с первым вариантом. Отрицательными являются большая потеря времени на перераспределение сил и средств, плохое знание обстановки экипажами санитарных транспортеров, а также то, что командование подразделений отстраняется от ответственности за своевременный розыск и вывоз раненых. Для применения этого варианта необходимо иметь постоянно обновляемую информацию о состоянии санитарных потерь в подразделениях, совершенные и надежные средства связи, подвижные подразделения легкоуправляемых санитарных транспортеров.

3. В подразделениях может быть такое количество санитарных транспортеров, которое обеспечит розыск и сбор раненых при средних санитарных потерях. Однако на случай появления значительного количества раненых у старшего медицинского начальника должен быть резерв сил и средств.

Оптимальным, на наш взгляд, является третий вариант. Силы и средства тактического звена медицинской службы, предназначенные для розыска, сбора раненых, оказания им первой медицинской помощи и вывоза из района боевых действий, должны быть сосредоточены в подразделениях и по своей организационно-штатной структуре обеспечивать эффективное выполнение поставленных задач.



**Условия деятельности медицинской службы в современном бою**

Грубеляс В.В., Бойко Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

Современный бой характеризуется решительностью целей, высокой маневренностью войск, быстрой изменчивостью обстановки, массовостью и неравномерностью появления санитарных потерь, неопределенностью складывающихся ситуаций. Для того чтобы четко ориентироваться в боевой и медицинской обстановке, уметь в кратчайшие сроки принять адекватное решение, из множества вариантов выбрать оптимальное, обеспечивающее наиболее рациональное использование сил и средств, которыми располагает медицинская служба на данный момент, необходимо глубокое изучение и максимальный учет условий деятельности медицинской службы.

Под условиями деятельности медицинской службы понимается комплекс факторов боевой, тыловой и медицинской обстановки, а также медико-географические и климатические особенности театра военных действий, оказывающие влияние на организацию медицинского обеспечения.

В ходе проведенного исследования установлено, что среди многообразия факторов, влияющих на медицинское обеспечение в современном бою, можно выделить ряд основных, характерных для любых военных конфликтов и оказывающих наиболее существенное влияние на деятельность медицинской службы постоянно, а также дополнительных (специфических), влияние которых значительно в определенных видах военных конфликтов. По взаимосвязи между собой и причинно-следственному влиянию на медицинское обеспечение эти факторы распределены по группам.

На организацию медицинского обеспечения существенное влияние окажут следующие группы общих факторов: способы развязывания вооруженного конфликта, его продолжительность, интенсивность, масштабы и средства ведения; тактика и способы ведения боевых действий; величина и структура санитарных потерь; медико-географические условия; организационные формы медицинского обеспечения. Общие факторы могут содействовать или затруднять выполнение задач, стоящих перед медицинской службой по организации медицинского обеспечения. Выявление, изучение и анализ этих факторов, определение степени и характера их влияния на деятельность медицинской службы позволяет находить и внедрять наиболее целесообразные организационные формы и методы в систему медицинского обеспечения.

Евдоров В.А.

Белорусский национальный технический университет

Экономика войскового звена – это система взаимодействующих элементов (материального содержания и социально-экономической его формы), система, обладающая способностью производить военную услугу и потреблять экономические ресурсы.

Выделение указанных аспектов тыла позволяет разрешить довольно сложный вопрос. Его можно сформулировать так: какое отношение военно-экономическая деятельность войскового звена имеет к производительности общественного труда? Или иначе: как эта деятельность воздействует на эффективность общественного производства, национальной экономики?

Могут возразить, утверждая, что труд сферы войскового хозяйства достаточно удален от сферы материального производства и потому, мол, не может положительно влиять на уровень производительности труда в обществе.

Однако это далеко не так. Блистательные умы виднейших ученых подсказывают верный ответ на поставленный вопрос.

Такой результат получается потому, что военные люди, хорошо освоившие свое специальное дело, умело справляются с задачами обеспечения военной безопасности и тем самым освобождают всех других членов общества от несения военной службы, позволяют им вполне беспрепятственно и с полной отдачей отдаваться своему мирному труду, памятуя о том, что защитники Отечества как настоящие профессионалы достойно выполняют свой воинский долг.

Стало быть, итог таков: сложившееся общественное разделение труда и разумно организованная специализация его способствуют повышению уровня производительности общественного труда, росту эффективности общественной экономики.

Такой результат повышает цену ратного труда, роль военной деятельности.

Таким образом, познавательная ценность научного вывода о двойственной природе экономики войскового звена как системы взаимодействующего материального содержания войскового хозяйства и свойственной ему социально-экономической формы вполне определилась.

Остается лишь показать значение этого теоретического постулата для практики экономического обеспечения войскового звена.

**Советские моряки в Объединенной Арабской Республике (Египет)**

Жайворонок А.Б.

Белорусский национальный технический университет

С ноября 1967 г. по декабрь 1969 г. в Объединенной Арабской Республике (Египет) работала большая группа советских военно-морских советников, среди которых были В.И. Зуб, Е.И. Медведев, Е.Г. Зенин, В.А. Рыбин и др. В это время ОАР находилась в состоянии войны с Израилем. После известной «шестидневной войны» летом 1967 г., в которой Египет потерпел поражение, необходимо было поднять моральный дух его армии и особенно офицерского состава. Боевая готовность, техническое состояние оружия кораблей оставляли желать лучшего, а подготовка ведущих специалистов флота Египта находились на низком уровне.

Благодаря усилиям наших советников были фактически заново сформированы бригада эскадренных миноносцев, бригада подводных лодок и бригада торпедных катеров. Они составляли достаточно сильный флот, способный успешно решать сложные боевые задачи на море.

Основная работа советских советников состояла в восстановлении боевой готовности египетских ВМС, включая моральный дух и уверенность в боевых возможностях наших кораблей, их вооружения и технических средств. Часто личным примером они вели за собой матросов и офицеров, показывая образцы мужества и героизма. Многие из них были награждены орденами и медалями ОАР. Так ордена «За личное мужество» получили советские офицеры В.К. Чирсов, Ю.Н. Иванов, В.П. Коротенков, Е.Г. Шкутов и др. Медалью «За храбрость» были награждены матросы В.А. Селиванов, А.С. Павлович, П.К. Хомутов, М.И. Воложин и др.

В целом за указанный период боевых действий под руководством советских военных специалистов ВМС ОАР уничтожили 9 эскадренных миноносцев, 4 подводные лодки, 27 торпедных катеров израильтян, 18 их самолетов, а также более 20 складов с боеприпасами, 18 крупных опорных пунктов береговой обороны.

Следует учитывать и такой фактор, как официальное неучастие в боевых действиях советских военнослужащих. «В плен не попадать», – такой была установка министра Обороны СССР в отношении наших солдат и офицеров. Поэтому в море они выходили безымянными, в матросской робе, без погон и документов. По возвращению на родину каждый из них давал специальную подписку о неразглашении, а их личные дела сдавались в секретный архив. Имена наших героев мы стали узнавать только в годы горбачевской перестройки.

## **Инженерное оборудование стационарного блок-поста**

Жариков Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет

Блок-посты обычно устанавливаются в районах напряженности, в целях проведения контртеррористических мероприятий. Они бывают постоянными или временными и организуются с целью проверки транспортных средств, проходящих сквозь них, а также блокирования дороги в целях прекращения ее дальнейшего использования. Блок-пост предпочтительно устраивать за углами зданий, на поворотах дороги, или за склонами холмов, чтобы использовать элемент неожиданности.

Стационарные (постоянные) блок-посты размещаются на дорогах или на основных путях, обычно на пересечении дорог или на въезде в контролируемый район. Такие блок-посты обслуживаются круглосуточно, и личный состав на них живет постоянно.

Вокруг блок-поста должны быть предусмотрены следующие препятствия:

колочая или свитая спираль проволоки должна защищать блок – пост со всех сторон за исключением одного узкого прохода. Этот проход должен защищаться легким пулеметом. Высота проволочного ограждения не должна превышать уровня наблюдения;

колочую или свитую спираль проволоку нужно предусмотреть на дороге и вокруг внешнего периметра блок-поста, чтобы предотвратить враждебные действия изнутри комплекса;

для блокирования движения должен быть предусмотрен большой тяжелый, но в тоже время быстро опускаемый шлагбаум (подвижной барьер);

между линией ожидания машин и главной дорогой нужно предусмотреть ограждение из колочей проволоки;

большие бетонные блоки должны быть размещены на каждом направлении движения по дороге; по периметру КПП должны быть расположены сигнальные ракеты, запускаемые устройствам натяжного действия, и другие аналогичные средства предупреждения; на близлежащем расстоянии должна быть удалена растительность; также засыпаны ямки и ложбинки или залиты отработанным маслом или мазутом; для остановки транспорта должны быть предусмотрены настилы с торчащими шипами и выступами дорожного покрытия, создаваемыми для ограничения скорости; прожекторы не должны освещать или ослеплять личный состав; в городских условиях блок–пост должен иметь группу прикрытия, расположенную на крыше близлежащих строений.

**К вопросу оптимизации работы подвижных ремонтных мастерских**

Искаков С.Т.

Национальный университет обороны  
Министерства обороны Республики Казахстан

Необходимость дальнейшего совершенствования существующих образцов бронетанкового вооружения обусловлена тем, что они, как показала практика боевого применения, не в полной мере отвечают решаемым задачам. Необходимость выполнения большого объема восстановительных работ по возвращению неисправной техники в строй вызвана значительным выходом из строя вооружения и военной техники в современных тактических действиях. Задачи по техническому обслуживанию и ремонту вооружения и военной техники возложены на ремонтные органы, которые, в соответствии с уровнем выполняемых работ, подразделяется на ремонтные взвода, роты и ремонтно-восстановительные базы. Содержание деятельности ремонтных органов в мирное время включает в себя:

**основные процессы** – технологические процессы текущего и среднего ремонта, технического обслуживания, РТО; работа по обеспечению боевой подготовки и хозяйственной деятельности войск; хранение подвижных технических средств ремонта и эвакуации;

**вспомогательные процессы** – техническая и специальная подготовка ремонтников; обслуживание и ремонт стационарных средств технологического оснащения (СТО), изготовление инструмента и приспособлений; технический контроль при ремонте В и Т;

**обеспечивающие процессы** – обеспечение различными видами энергии (электричество, газ, вода, пар, сжатый воздух и др.), запасными частями и материалами (ЗИП); охрана труда, противопожарная охрана (ППО), охрана секретных образцов вооружения и техники и ремонтного органа в целом.

Ремонтные органы в своем составе имеют стационарные и подвижные технические средства, последние из которых в мирное время содержатся на хранении и резервируются для использования по прямому назначению с возможным началом боевых действий. Использование их в мирное время допускается лишь в интересах специальной подготовки специалистов ремонтников (на тактических, тактико-специальных учениях, полевых выходах и др.). В этой связи, представляется весьма важным само состояние и дальнейшее совершенствование подвижных технических средств ремонта как основы производственной базы системы восстановления в военное время.

**Военно-научная деятельность курсантов как фактор успешного обучения в военном вузе**

Калиев А.К., Нилов А.В., Воробьев А.В.

Военный институт Внутренних войск

Министерства внутренних дел Республики Казахстан

Обучение в военном вузе (ВВУЗе) необходимо строить так, чтобы после окончания учёбы молодые офицеры быстро адаптировались к сложным условиям служебно-боевой деятельности, могли сочетать полученные теоретические знания с умением решать практические вопросы, без промедления, как это требует время, были готовы к созданию новых технических решений, в том числе высшей их формы – изобретений. Поэтому в ВВУЗе участие курсантов в научной и изобретательской работе является одним из обязательных компонентов учебного процесса.

По опыту работы с курсантами при внедрении в учебный процесс мероприятий, обеспечивающих техническое творчество, необходимо исходить из того, что каждый курсант способен к творчеству, и это должно стать его убеждением подобно аксиоме, которая не требует никаких доказательств.

Однако воспитывать творческую активность огромного числа курсантов можно только комплексом мероприятий и, как правило, системой непрерывной подготовки на протяжении всего периода обучения, используя абсолютно все учебные дисциплины.

Лекции и практические занятия, курсовое проектирование должны в обязательном порядке содержать элементы, формирующие у курсантов творческий подход к решению различного рода конкретных изобретательских задач.

В тех случаях, когда курсант не в состоянии самостоятельно поставить и решить изобретательскую задачу, ему должны оказать помощь преподаватели, которые сами должны: хорошо знать и владеть теорией изобретательства и методикой поиска новых технических решений; свободно применять вышеуказанное на практике; знать психологию изобретательского творчества; регулярно отслеживать открытия и изобретения в своей области; также иметь достаточный личный опыт изобретательской работы и внедрения изобретений.

Главное в организации технического творчества состоит в том, чтобы научить курсантов творчески использовать свои знания при решении конкретных практических задач, что выработает у них устойчивую уверенность в своих силах, которая в дальнейшем станет основой мотивации успешного обучения в ВВУЗе.

## **Организация инженерного обеспечения 6 гвардейского танкового корпуса в боях за Киев**

Кутафин Н.В.

УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

В первых числах ноября 1943 года 6 гв. танковый корпус после большого перехода Городище – Лебедев хутор, был сосредоточен на правом берегу реки Днепр севернее города Киев.

Противник сосредоточил крупные силы и стремился ликвидировать этот плацдарм. Оборона противника представляла мощные инженерные сооружения, прикрытые многочисленными минными полями.

Для обеспечения продвижения танковых частей через естественные препятствия и инженерные заграждения противника 52 и 53 гв. танковым бригадам 3 ноября были приданы две саперные роты 120 гв. саперного батальона. Остальные две роты и взвод разведки находились в резерве командира корпуса, для связи и ведения инженерной разведки переднего края, для ремонта и устройства переправ на путях движения корпусных и приданных частей. Сапёры обеспечивали беспрепятственное продвижение танковых частей. С прорывом обороны противника сапёры с передовыми танковыми частями вошли в глубокий прорыв и участвовали при захвате города Фастов. Две роты батальона в течение всего дня 6 ноября отбивали многочисленные атаки вооружённых подразделений противника, сами ходили в решительные атаки громили и пленили вражеские части. Только за этот день было истреблено до 100 солдат и офицеров противника, уничтожено 10 автомашин, 4 орудия и пленили 60 солдат и офицеров.

Стремясь снова овладеть Киевом, немцы сосредоточили в районе Фастова крупные мотомеханизированные соединения и 9 ноября перешли в контрнаступление. В районе Фастова сапёры 120 гв. батальона в кратчайшие сроки прикрыли минными полями танкоопасные направления, основные дороги, высоты и т.д. Все мосты в районе возможного появления противника были подготовлены к подрыву, а улицы и подходы были прикрыты подвижными минными группами. Противник понёс большие потери в танках от огня артиллерии и на минных полях. Но некоторые из них были повреждены незначительно, и противник стремился эвакуировать их к себе в тыл и быстро отремонтировать, но сапёры под покровом темноты зарядами ВВ уничтожили 10 танков. В боях за Киев и Фастов саперы провели большую работу по инженерному обеспечению боевых действий 6 гв. танкового корпуса, что в конечном итоге способствовало тому, что дальнейшее продвижение противника было приостановлено.

## **Задачи инженерной разведки, решаемые с применением беспилотных летательных аппаратов**

Карпович И.М.

Белорусский национальный технический университет

Начало XXI века отмечено возросшим интересом к беспилотной авиационной технике практически во всех развитых странах. Благодаря революционному развитию ряда технических направлений, в последнее десятилетие беспилотные летательные аппараты (БЛА) являются эффективным средством для решения широкого спектра задач военного и гражданского характера. БЛА перспективно применять в тех областях, где отсутствие пилота на борту позволяет сделать летательный аппарат более компактным и дешёвым, а также при выполнении работ, связанных с риском для жизни и здоровья человека. В настоящей работе под термином БЛА понимается летательный аппарат без экипажа на борту, оснащенный двигателем и поднимающийся в воздух за счет действия аэродинамических сил, управляемый автономно или дистанционно, способный нести некоторую полезную нагрузку. К задачам инженерной разведки, решаемым с применением БЛА, следует отнести: определение характера и степени инженерного оборудования позиций и районов расположения противника; установка места расположения, характер и типы заграждений и разрушений (при этом особое внимание обращается на обнаружение минно-взрывных заграждений); определение наличия защитных и маскирующих свойств местности в расположении своих войск и противника; определение наличия и состояния дорог, мостов и возможность их использования для войск; определение проходимости местности вне дорог для боевой техники с учетом климатических и погодных условий; определение характера водных преград и других препятствий, способов их преодоления; определение местонахождения и состояния источников воды; определение наличия местных строительных материалов и других средств, а также возможность их использования для инженерного обеспечения предстоящих боевых действий; проводимые инженерные мероприятия по маскировке. Ведение инженерной разведки с применением БЛА способствует повышению автономности применения инженерных разведывательных подразделений, полному охвату ими всей полосы (района) на всю глубину проведения боевых действий, и, что особенно важно, достижению высокой степени оперативности обеспечения информацией о местности командиров и штабов с достоверностью, позволяющей им принимать решения в условиях, близких к полной определенности.



**Подготовка разведчиков для партизанских формирований Беларуси  
в годы войны**

Козел Д.А.

Белорусский национальный технический университет

5 сентября 1942 г. был издан приказ наркома обороны И. В. Сталина № 00189 «О задачах партизанского движения», который стал программным документом в дальнейшей организации борьбы в тылу врага. В приказе говорилось о том, что «партизаны должны вести эффективную разведывательную работу в интересах Красной армии» [1, л. 1–3]. Для решения этой сложной задачи нужны были, прежде всего, квалифицированные кадры разведчиков. Для их подготовки на базе школы № 1 была создана особая спецшкола № 105 с переменным составом в 200 человек, которая начала свою работу в декабре 1942 г и действовала до марта 1943 г (начальник школы полковник Немков). Эта школа по двухмесячной программе (500 учебных часов) готовила заместителей командиров партизанских отрядов по разведывательной работе. После расформирования школы задача подготовки разведывательных кадров возлагалась на вновь созданное для этой цели отделение в Центральной школе подготовки партизанских кадров (спецшкола № 2, начальник школы подполковник Кутейников) [2, с. 204]. Подготовка разведчиков для партизанских формирований Беларуси с 15 декабря 1942 г проводилась также в Белорусской школе подготовки партизанских кадров (начальник школы Н.И. Прохоров), а после ее расформирования 18 сентября 1943 г. – на учебно-резервном пункте Белорусского штаба партизанского движения (далее БШПД). Всего за указанные периоды времени в школах подчиненных Центральному ШПД было подготовлено 370 разведчиков, из них 130 человек было направлено в распоряжение БШПД для последующей отправки на оккупированную территорию БССР. В Белорусской школе подготовки партизанских кадров было подготовлено 90 и в учебно-резервном пункте 32 разведчика.

Литература:

1. Приказ народного комиссара обороны № 00189 от 5 сентября 1942 г. О задачах партизанского движения // Национальный архив Республики Беларусь (НА РБ). – Фонд 1450. – Оп. 3. – Д. 173.

2. Алибегова, Ж. Г. Центральный штаб партизанского движения в документах РГАСПИ / Ж. Г. Алибекова // Единство фронта и тыла в Великой Отечественной войне (1941–1945): Материалы Всероссийской научно-практ. конф., М., 21-22 апр. 2005 г.; Отв. ред. А. А. Чернобаев. – М., 2005. – С. 199 – 207.

## **Использование авиаланеров для доставки боевых грузов партизанам Беларуси**

Козел Д.А.

Белорусский национальный технический университет

В годы Великой отечественной войны по доставке боевых грузов партизанам Беларуси работали: авиация дальнего действия (1-я АТД ГВФ, 101 АП ДД, 102, 110, 112 АП 7-го АК ДД, 4-й ГАК ДД); фронтовая авиация Калининского и 1-го ПБФ (полк ГВФ – командир полка Клуссон, полк ВА – командир полка Черкасов), Западного и 3-го БФ (дивизия ГВФ – командир дивизии генерал-майор Молоков, полк подполковника Сулимова), 2-го БФ полк самолетов У-2 – командир полка майор Жигарьков), 1-го БФ (дивизия У-2 ГВФ – командир дивизии полковник Борисенко, полк У-2 ГВФ – командир полка подполковник Трутаев); авиаланерные средства Воздушно-десантных войск; 19-й отдельный авиаотряд БШПД; 1-я АТД ГВФ – командир дивизии генерал-майор авиации Казьмин; 101 авиационный полк АДД – командир полка полковник Гризодубова.

На вооружении Воздушно-десантных войск Красной армии состояли планеры следующих типов А-7, Г-11, КЦ-20.

Планер А-7 имел грузоподъемность 900 килограммов или семь пассажиров. Высота полета при буксировке в среднем составляла 2000–3000 метров. Планер Г-11 – грузоподъемность 1200 килограммов или 11 человек, высота полета 2500–3500 метров. Планер КЦ-20 – грузоподъемность 2000 килограммов или 20 пассажиров, высота полета 3000–4000 метров.

Все планеры буксировались на ближние точки самолетами Р-6 и СБ, на дальние – ДБ-3Ф, пилотировались одним пилотом, вооружения не имели.

При помощи планеров в 1943 году было проведено две операции по переброске на оккупированную территорию Витебской, Вилейской и северную часть Минской областей боевых грузов и людского состава. Всего за две операции было произведено 299 успешных боевых вылетов и переброшено партизанам 214,5 тонны боевых грузов и 472 человека.

В 1944 году авиаланерными средствами было произведено 165 боевых вылетов и переброшено 82,13 тонны грузов. За весь период работы потери составили шесть планеров и шесть буксировавших их самолетов (ЛИ-2 – 3 ед., СБ – 3 ед.).

### Литература:

1. НА РБ – Фонд 1450 – Оп. 3 – Д. 83.

## Модернизация войсковых фильтровальных станций

Кондратьев С.В.

Белорусский национальный технический университет

В целом фильтровальные станции ВФС-2,5 и ВФС-10, применяемые на пунктах водоснабжения, соответствуют своему назначению, и применение их в современных условиях актуально и сегодня.

Однако одной из проблем, связанных с эксплуатацией этой техники, является ее содержание, обслуживание и ремонт.

В первую очередь это обусловлено отсутствием запасных частей, узлов и агрегатов на базовые шасси, водоочистное оборудование, а также ремонтной базы, грамотных, подготовленных специалистов.

Поддержание фильтровальных станций в работоспособном состоянии с каждым годом еще более усложняется.

Учитывая большие затраты на содержание фильтровальных станций, отсутствие запасных частей на базовые автомобили (ГАЗ-66, ЗиЛ-131), специализированной ремонтной базы, невозможность ремонта водоочистного оборудования, назрела необходимость модернизации имеющейся техники.

Основными направлениями модернизации фильтровальных станций является:

создание фильтровальной станции нового поколения производительностью не менее 5 м<sup>3</sup> на базе колесного шасси с хорошими эксплуатационно-техническими показателями, используя производственный потенциал Минского автомобильного завода;

проведение ремонта любой сложности на специализированных предприятиях Республики Беларусь с использованием запасных частей отечественного производства;

модернизация основного водоочистного оборудования с целью повышения его эффективности и надежности;

применение более мощного и экономичного автономного источника электрической энергии;

использование новых современных реагентов и сорбентов для очистки воды для достижения высоких показателей качества воды.

Создание современной фильтровальной станции на шасси отечественного производства с учетом новых тенденций по очистке воды, новейших инновационных технологий, позволит обеспечить военнослужащих качественной питьевой водой из поверхностных источников.

**Пути повышения объемов и качества восстановления  
неисправной автомобильной техники в ходе ведения боевых действий**

Корзун О.В., Куракин В.В.

Белорусский национальный технический университет

Одной из ключевых задач при подготовке и входе ведения боевых действий является своевременное восстановление автомобильной техники при выходе ее из строя.

На территории Республики Беларусь довольно широко развита сеть организаций и предприятий, имеющих материальную и производственную базу для выполнения отдельных видов ремонта вооружения и средств подвижности. Большинство организаций местной промышленной базы способны проводить ремонты на готовых агрегатах, а также провести ремонт самого агрегата при наличии запасных частей. Основная производственная база – это мастерские, имеющиеся в автохозяйствах, автоколоннах, сельхозтехниках, автосервисах и так далее. В этих мастерских, как правило, имеются условия, необходимые для проведения ремонта.

По предварительным подсчётам, возможности местной промышленной базы могут составить 45 %–51 % от возможностей войсковых ремонтных органов Вооруженных Сил Республики Беларусь. Однако максимальные производственные возможности местной промышленной базы могут быть реализованы только в мирное время, когда предприятия и организации полностью укомплектованы работниками (ремонтниками и другим персоналом). В военное время возможности по ремонту местной промышленной базы могут составить не больше 20 % от её возможностей в мирное время, что составит не более 11 % от возможностей войсковых ремонтных органов.

Следующим направлением по совершенствованию восстановления автомобильной техники в ходе ведения боевых действий будет создание специализированных выездных бригад (ремонтно-эвакуационных групп) по территориальному принципу.

В зонах ответственности воинских частей из расчета планируемых потребностей в ремонте предлагается создать на предприятиях, расположенных в зоне ответственности, выездные бригады (ремонтно-эвакуационные группы) для работы непосредственно в своем районе и подчинении их начальнику автомобильной службы зоны территориальной обороны, осуществляющему взаимодействие с начальником автомобильной службы объединения.

## **Особенности управления движением мобильных роботов и требования к их системам управления**

Куракин В.В., Корзун О.В.

Белорусский национальный технический университет

Система управления движением (СУД) мобильными роботами (МР) предназначена для изменения его положений в условиях недетерминированной внешней среды с целью выполнения его основной транспортной задачи – перемещения по оптимальной траектории движения из одной точки поверхности в другую. Для этого система управления должна выполнять ряд функций, связанных с восприятием информации, ее оценкой, выработкой решений и выдачей команд на исполнение решений. Для управления МР применяют одно- и многоуровневые СУД. Задачи СУД МР – управление скоростью движения, управление пространственным положением, управление исполнительными механизмами. Несмотря на взаимосвязь этих задач, методические, алгоритмические и технические основы их решения отличаются. Решение задачи регулирования скорости движения МР в общих чертах не имеет специфических особенностей, свойственных рассматриваемому классу транспортных средств. Учитывая характерные особенности управления роботом, основные требования к системам управления можно изложить в следующем виде:

возможно большая вероятность достижения конечной цели при наличии интенсивного возмущающего воздействия на МР со стороны местности; независимость действия системы управления от ориентации МР на местности, режимов работы его систем и направления движения;

обязательное дублирование устройств, обеспечивающих получение информации о рельефе местности на дальностях свыше 3...5 м, информационными устройствами ближнего действия;

максимальная гибкость тактического использования системы управления, обеспечивающая объезд возможно большего числа вариантов непреодолимых препятствий при различных их размерах;

возможно меньшая стоимость и сложность аппаратуры системы управления.

### Литература:

1. Корсунский В.А., Наумов В.Н. Перспективы развития военных мобильных робототехнических комплексов наземного базирования в России // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана: электронное издание. – 2012. (ISSN 2305-5626);

2. Кемурджян А.Л. Планетоходы. М.: Машиностроение. – 1993.

**Развитие и модернизация траншейной машины**

Котлобай А.Я., Тамело В.Ф., Быковский Д.В. Григоренко С.В.  
Белорусский национальный технический университет

На вооружении в частях инженерных войск используется траншейная машина БТМ-3, предназначенный для отрывки траншей и ходов сообщения в грунтах 1-4-й категории глубиной до 1,5 м прямолинейного и криволинейного начертаний с отвалом грунта в бруствер по обе стороны траншеи. По своим тактико-техническим характеристикам БТМ-3 соответствует современному уровню решения боевых задач. Опыт эксплуатации показал, что поддержание работоспособного состояния такой техники является сложной инженерной задачей из-за отсутствия запасных частей, производство которых прекращено.

Модернизация БТМ-3 может проводиться по двум направлениям.

*Первое направление* предполагает создание новой траншейной машины с сохранением, либо модернизацией применяемой технологии производства работ. При сохранении технологии производства работ модернизированное оборудование роторного экскаватора устанавливается на иные базовые тягачи производства предприятий Республики Беларусь. Может быть применена доработанная по стандартам Вооруженных Сил Республики Беларусь модификация трактора МоАЗ-49011. Привод рабочего органа роторного экскаватора и метателя грунта может осуществляться от ВОМ базового тягача.

*Второе направление* предполагает глубокую модернизацию существующей машины. Перспективным является применение электромеханической трансмиссии гусеничных машин различного назначения. В электромеханической трансмиссии установлен генератор на двигателе и тяговые электродвигатели, смонтированные на картерах бортовых передач. Тяговые электродвигатели хорошо приспособлены к нагрузке, изменяющейся в зависимости от условий использования машины.

Возможным направлением модернизации траншейной машины является разработка гидравлического привода роторного экскаватора и метателя, предполагающая установку насоса, двух гидромоторов привода лебедки и роторного рабочего органа и метателя. Следует отдавать предпочтение радиально-поршневым гидромоторам, не требующим применения понижающих редукторов. Применение гидравлического привода позволит оптимизировать режимы работы и повысит надежность рабочего оборудования.

**Модернизация гидравлического привода рабочих органов инженерной машины разграждения ИМР-2**

Котлобай А.Я., Быковский Д.В., Сухарев Д.В.  
Белорусский национальный технический университет

На вооружении в частях и соединениях инженерных войск находится инженерная машина разграждения ИМР-2, предназначенная для проделывания проходов, расчистке завалов и разрушений при инженерном обеспечении боевых действий войск. Основные конструктивно-технологические решения, заложенные в рабочем оборудовании ИМР-2, соответствуют современному уровню. В гидросистеме инженерной машины разграждения ИМР-2 применяются шесть насосов НШ-46У или НШ-50А2, при этом три насоса обеспечивают работу бульдозерного оборудования и колейного минного трала, два насоса – стрелового оборудования, и один насос – оборудования манипулятора. Все группы рабочего оборудования работают раздельно. Привод насосов обеспечивает раздаточная коробка. Резервом модернизации гидропривода рабочих органов ИМР-2 является применение моноагрегатной насосной установки, обеспечивающей исключение из системы привода раздаточной коробки.

Одним из направлений модернизации является применение моноагрегатной насосной установки, состоящей из трех шестеренных насосов с приводом от одного вала. Насосный моноагрегат – группа 4+4+3 необходимой комплектации ( $150+100+50 \text{ см}^3$ ) может быть произведен компанией «Гидросила» г. Кировоград, Украина и другими предприятиями. Реализация данного направления позволит упростить гидросистему.

Также, в рамках направления модернизации гидросистемы предлагается использование одного насоса переменной производительности. Рекомендована к использованию насосная установка, состоящая из насоса марки 313.3.160 с регулятором с пропорциональным электрогидравлическим управлением, и системы управления, включающей электронный блок управления, гидрораспределитель с пропорциональным электромагнитом, ступенчатый поршень изменения положения блока цилиндров насоса, датчик обратной связи. Номинальный объем насоса –  $160 \text{ см}^3$ , минимальный  $0 \text{ см}^3$ . Производитель ОАО «Пневмостроймашина» Российской Федерации.

Предложенная модернизация гидросистемы инженерной машины разграждения ИМР-2 позволит упростить систему приводов и систему управления, исключив из гидросистемы ряд электромагнитных кранов, используемых для ступенчатого регулирования подачи насосного агрегата.

**Информационные технологии в обучении**

Лахай Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Применение современных информационных технологий в обучении – одна из наиболее важных и устойчивых тенденций развития мирового образовательного процесса. На военно-техническом факультете (ВТФ) в БНТУ последние годы компьютерная техника и другие средства информационных технологий стали все чаще использоваться при изучении большинства учебных дисциплин.

Информатизация существенно повлияла на процесс приобретения знаний. Новые технологии обучения на основе информационных и коммуникационных позволяют интенсифицировать образовательный процесс, увеличить скорость восприятия, понимания и глубину усвоения огромных массивов знаний.

Применение компьютерных технологий позволяет сделать занятие по настоящему продуктивным, процесс учебы интересным, осуществляет дифференцированный подход к обучению, позволяет объективно и своевременно проводить контроль и подведение итогов.

В настоящее время идет активный процесс информатизации в области образования, который предполагает интенсивное внедрение и применение новых информационных технологий, использование всех средств коммуникаций, способствующих формированию интеллектуально развитой творческой личности, хорошо ориентирующейся в информационном пространстве, готовой к саморазвитию и применению этих знаний в будущей профессиональной деятельности.

В 2013 году на кафедре «Организация финансовой деятельности войск» ВТФ БНТУ выполняется НИР «Разработка и внедрение в образовательный процесс при подготовке курсантов, обучающихся по специальности «Экономика и управление на предприятии, форм и методов дистанционного обучения», шифр «Дистанция». Целью НИР является внедрение форм и методов дистанционного обучения, оптимизация образовательного процесса, использование результатов работы на кафедре и в профессионально-должностной подготовке финансовых работников.

Можно выделить две основных области применения информационных технологий при обучении на кафедре.

Первая, – это непосредственное применение информационных технологий в обучении курсантов.

Вторая, – это применение информационных технологий для организации самостоятельной работы курсантов вне аудиторных занятий.



## Осуществление государственных закупок с помощью электронных аукционов

Лахай Л.А., Борцов О.С.

Белорусский национальный технический университет

Электронные аукционы являются эффективным инструментом экономии бюджетных средств, выделяемых на государственные закупки. В настоящее время более 80 % торгов в России проводится путем аукционов в электронной форме. Экономия бюджетных средств составляет 30 %, в некоторых случаях – 60 % от начальной цены. Беларусь постепенно движется в том же направлении. Необходимо отметить, что среди преимуществ электронных аукционов можно назвать простоту самого механизма закупок, а также публичность и открытость информации, но самое главное преимущество состоит в том, что электронный аукцион является действенным механизмом снижения начальной цены практически до минимального уровня, что обеспечивается за счет анонимности участников. Разработано немало механизмов, которые не только помогают отслеживать и пресекать случаи, к примеру, необоснованного завышения или занижения цены, но и сопровождать сделки, контролировать выполнение обязательств сторон по договорам, более того, контролировать качество поставляемой продукции с помощью опытных и авторитетных экспертных компаний.

Кроме экономии денежных средств у электронных аукционов есть бесспорные преимущества перед традиционными видами торгов. Среди них: конфиденциальность участников торгов; отсутствие территориальных ограничений; прозрачность и открытость процесса закупок; сокращение времени на подготовку документов, организацию и проведение торгов; высокий уровень безопасности и защиты информации.

Основной особенностью проведения электронных аукционов также является использование электронного документооборота (с применением технологии электронной цифровой подписи), позволяющего участникам аукционов покупать и продавать товары (работы, услуги) находясь на рабочем месте. Исходя из этого, основополагающим аспектом внедрения данной процедуры закупок является обеспечение всех финансовых отделов Вооруженных Сил компьютерной техникой и выходом в сеть «Интернет». Таким образом, электронные аукционы являются эффективным и прозрачным инструментом экономии бюджетных средств и времени при государственных закупках, обеспечивая при этом высокий уровень безопасности и защиты информации в масштабе как отдельной воинской части, так и Вооруженных Сил в целом.

**О построении модульно-рейтинговых систем обучения**

Луцевич О.И.

ГУО «Институт пограничной службы Республики Беларусь»

Модуль – основная организационно-содержательная единица модульных систем обучения, охватывающая учебный материал, имеющий относительно самостоятельное значение и включающий в себя, как правило, несколько близких по содержанию тем или разделов курса, заканчивающиеся контрольной акцией. Для модуля характерны такие признаки, как целостность, относительная независимость и логическая завершенность его содержания, гибкость структуры, оперативность контроля и оценки результатов обучения. Модули выступают обособленными учебными единицами сами по себе, но их логические связи создают основу для развития у обучающихся определенных квалификационных навыков и профессиональных компетенций. В модулях целесообразно выделять относительно самостоятельные и завершенные компоненты, называемые учебными элементами (по смыслу близко к привычному для преподавателя высшей школы термину «учебная тема»).

Необходимым условием модульного обучения обычно выступает рейтинговая система оценки знаний, предполагающая балльную оценку успеваемости обучающихся по результатам изучения каждого модуля (учебного элемента). При этом следует отметить, что рейтинг обучающихся в зависимости от степени его обобщения может быть разных уровней: рейтинг на занятии; рейтинг по каждому модулю; рейтинг по отдельной дисциплине; общий рейтинг.

На первоначальном этапе внедрения модульно-рейтинговых систем в действующих учебных программах следует выделить учебные элементы, модули и определить по ним виды и формы контроля. В дальнейшем модульный принцип необходимо закладывать при разработке учебных программ, при этом целевая установка модулей должна быть направлена на формирование у выпускника требуемых компетенций и учитывать междисциплинарные связи.

В структуру каждого учебного модуля должны входить следующие компоненты: введение в модуль (цели изучения учебного материала в рамках модуля (ожидаемые результаты обучения), технология организации изучения содержания, список рефератов, вопросы к зачету (экзамену) и т.д.); обучающий компонент (учебники, пособия, документы и задания, электронные программы и т.д.); тест-контроль (системы тестов, вопросы для самоконтроля и контроля знаний, проблемные задания).

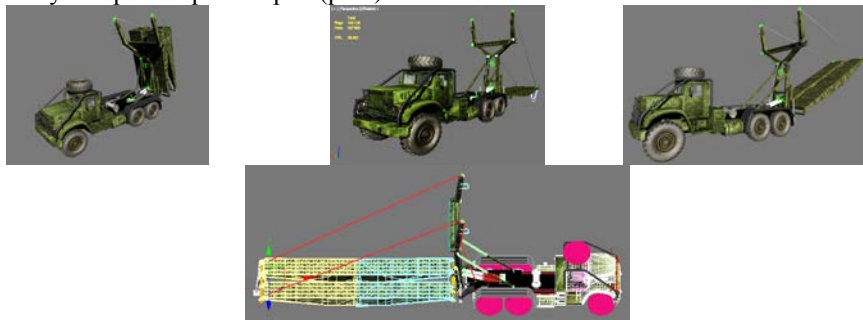
## Применение виртуальных тренажеров в обучении

Миронов Д.Н., Гончаренко В.П.

Белорусский национальный технический университет

Применение различного рода тренажеров в целом ряде отраслей человеческой деятельности получило чрезвычайно широкое распространение. Исторически сложилось так, что объектами моделирования на тренажерах становились в первую очередь процессы, в которых обучение на реальных объектах могло привести к тяжелым последствиям, воспроизведение которых при обучении затруднено или невозможно, требует больших материальных затрат. В современных условиях в первую очередь это относится к таким областям, как военное дело, авиация, атомная энергетика и т.д. В настоящее время в военных вузах наряду с традиционными внедряются новые информационные технологии обучения, в частности, с применением компьютерных виртуальных симуляторов. Обучаясь на виртуальных симуляторах, курсанты имеют возможность неоднократно просмотреть обобщенную и систематизированную учебную информацию, полученную из разных источников. При изучении и выполнении операций программные средства позволяют возвращаться к неусвоенным вопросам. Описание каждого действия сопровождается натурным изображением изучаемого объекта, что конкретизирует умозрительное понимание изученного материала.

Для достижения поставленных целей кафедра «Военно-инженерная подготовка» активно занимается разработкой подобных виртуальных симуляторов и тренажеров (рис.).



Таким образом, изучение материала с применением виртуальных симуляторов позволяет повысить у курсантов мотивацию, активность, самостоятельность, интерес у обучаемых к будущей специальности; формирует профессионально значимые качества личности.

**Методика формирования запасных частей входящих в ремонтный комплект к военной автомобильной технике**

Немов И.А., Москальцов О.В.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с указом Президента Республики Беларусь и программой перевооружения в Вооруженные Силы Республики Беларусь поступают новые образцы автомобильной техники МАЗ.

Основу комплектования воинских частей Министерства обороны Республики Беларусь составляют полноприводные автомобили МАЗ-531605, МАЗ-631705, МАЗ-642505.

В перспективе поступление автомобилей отечественного производства будет только увеличиваться.

В связи с этим задача по ремонту полноприводных автомобилей МАЗ в полевых условиях с применением подвижных ремонтных средств, приобретает все большее значение.

Одним из условий проведения восстановительного ремонта является применение ремонтных комплектов (далее – комплект).

Комплект представляет собой набор запасных частей, составленный по определенному перечню и в установленных количествах.

Таким образом, обоснование номенклатуры комплектов для полноприводных автомобилей МАЗ с учетом реализации государственной программы перевооружения, в настоящее время является актуальной задачей.

Создание данных комплектов позволит не только осуществлять текущие ремонты, но и проводить средние ремонты в полевых условиях с применением подвижных ремонтных средств.

В основе метода формирования количества запасных частей входящих в комплект используется параметр потока отказов или замен, который дает более достоверную оценку и позволяет прогнозировать для конкретного интервала наработки автомобиля.

Значение параметра потока отказов для агрегатов и автомобиля является главным критерием, объединяющим методы оценки надежности автомобиля.

Таким образом, формируемый комплект представляет собой совокупность узлов, деталей объединённых в одну группу (двигатель, электрооборудование и приборы, рулевое управление и т.д.)

Функциональность комплекта состоит во взаимозаменяемости данных деталей и узлов для различных модификаций полноприводных автомобилей МАЗ.

**Адаптация войскового хозяйства  
к рыночным условиям развития экономики**

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время наметилась устойчивая тенденция в использовании потенциальных возможностей регионов страны в интересах обеспечения войск дислоцирующихся на их территории. Активизация участия гражданского сектора национальной экономики в хозяйственной деятельности войск порождает в регионах принципиально новые военно-экономические отношения. Расширяются формы участия гражданских предприятий (организаций) различных форм собственности в материальном, медицинском, транспортном и других видах тылового обеспечения. Рыночные условия предоставляют возможность органам войскового хозяйства производить закупки многих материальных средств в местах дислокации войск на более выгодных условиях, чем в централизованном порядке. Характеризуя труд системы экономики войскового звена с позиций экономической науки, приходишь к выводу, что по своему конечному результату этот вид деятельности попадает под общее определение труда как целесообразной работы по созданию материальных благ и услуг, необходимых людям, обществу, отдельным его структурам. Иными словами прослеживается его производительный характер. Следовательно, специалист войскового хозяйства, осуществляя руководство хозяйственно-финансовой деятельностью войскового звена, в условиях реформирования Вооруженных Сил, утверждающихся рыночных отношений в стране должен быть компетентным в области экономических знаний, а в сложных и экстремальных условиях принимать нестандартные решения, требующие профессиональных умений на уровне должностной категории. Экономические процессы, происходящие в таком специфическом организме, каким являются Вооруженные Силы, никогда не были простыми. Но в последние годы они усложнились, стали социально значимыми. Все это породило новые и изменило уже существующие экономические отношения во всех сферах деятельности Вооруженных Сил.

Процесс улучшения результатов хозяйственной деятельности воинской части – трудная задача, требующая профессиональных знаний, понимание необходимости вложения ресурсов, особенно в повышение квалификации личного состава. Успешное решение задачи зависит от «мягкой» поэтапной организации процесса развития системы менеджмента качества совершенствования.

## **Совершенствование условий хранения созданных запасов материальных средств**

Пеньков Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Совершенствование условий хранения созданных запасов материальных средств в областях проводится в соответствии с требованиями «Инструкции о порядке хранения запасов материальных средств органов управления зон (районов) территориальной обороны и территориальных войск», утвержденной Постановлением Министерства обороны Республики Беларусь от 6 июля 2006 г. № 24.

Основные работы ведутся по обслуживанию и постановке на хранение технических средств продовольственной службы, ремонту кровель хранилищ, косметическому ремонту помещений, по оборудованию складских помещений стеллажами, обработке необходимой документации. В целом все спланированные мероприятия выполняются в установленные сроки.

В настоящее время, в соответствии с принятыми решениями местных исполнительных органов власти существует три варианта организации хранения запасов материальных средств.

Существующие на сегодняшний день варианты организации хранения запасов материальных средств имеют как положительные, так и отрицательные моменты.

На данный момент, вместе с выявленными недостатками, в системе обеспечения территориальной обороны мы видим проблему, суть которой сводится к очевидной нецелесообразности и нерациональности содержания в мирное время запасов определенных материальных средств на содержание и обновление которых, необходимо затрачивать миллионы рублей.

Наличие этапа заблаговременной подготовки государства к отражению агрессии и возможности местной экономической базы вполне позволяют произвести необходимое количество материальных средств в угрожаемый период.

Отказ от созданного в мирное время запаса вещевого имущества существенного влияния на обеспечение территориальных войск и создание положенных запасов материальных средств не повлияет.

Как один из вариантов обеспечения военнообязанных запаса вещевым имуществом – это использование имеющихся запасов вещевого имущества до их полного износа, с последующим обновлением по мере необходимости в нем.

## **Формирование территориальных войск: финансово-экономический аспект**

Пеньков Е.А., Бабичев А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Анализ изменившегося характера современных войн и конфликтов, оценка военно-политической обстановки в регионе свидетельствуют о необходимости повышения обороноспособности государства.

В связи с этим, возникает необходимость привлечения населения к вооруженной защите государства путем организации территориальной обороны. Формирование территориальных войск наряду с политическим имеет и финансово-экономический аспект. Территориальная оборона – составная часть оборонных мероприятий Республики Беларусь. Территориальная оборона организуется по территориально-зональному принципу. Существуют внутренние районы – это районы, которые не граничат с иными государствами. В них формируются только штаб и стрелковый батальон. На этапах формирования имеют место проблемные вопросы, в том числе связанные с финансовой деятельностью.

### Проблемы этапа мирного времени

1. Финансирование должно осуществляться за счет средств местных бюджетов, однако выплата заработной платы военнообязанным происходит за счёт средств МО.

2. Подготовка финансового отдела затрудняется в связи с отсутствием в штате мирного времени районного военного комиссариата специалиста по финансовым и экономическим вопросам.

3. В период подготовки финансового отдела территориальной обороны отсутствует Единая программа и тематика проведения занятий.

### Проблемы этапа военного времени

1. При создании воинской части территориальных войск местными распорядительными органами не запланированы средства на создание текущих счетов, что не позволяет осуществлять финансово-операционную деятельность.

2. В целях поддержания в боеспособном состоянии партизанских формирований организуется и осуществляется финансовое обеспечение:

- при подготовке к ведению борьбы – за счет средств местных бюджетов и других источников, предусмотренных в соответствии с законодательством;

- в ходе ведения вооруженной борьбы – посредством доставки необходимых денежных средств через линию фронта, а также за счет денежных средств, захваченных у противника.

Межгосударственные конфликты можно условно разделить на два типа. Первый из них – продолжительные конфликты, в ходе которых выработался своего рода саморегулирующийся механизм, а воздействие внешних сил не только взаимно нейтрализуется, но и исключает решающий военный успех одной из сторон. Понимание принципов кризисного управления конфликтами низкой интенсивности дает возможность понять порядок формирования и логику проведения информационных кампаний в средствах массовой информации, что является основой подготовки высокообразованного, стратегически видящего перспективу офицера. Прежде чем начать военную кампанию (военные действия), в течение длительного времени планируется осуществление экономической блокады, политической изоляции, целенаправленного информационного воздействия на население для создания определенного общественного мнения, нейтрализации сочувствующих и потенциальных союзников. Поводится ряд мер по ослаблению военного потенциала страны. Мощное информационное давление с использованием всех видов СМИ осуществляется не только на страну, в отношении которой планируется военная акция, но и на всю мировую общественность, в ходе которого навязываются штампы о необходимости борьбы с тиранией, восстановления демократии в стране. На самом же деле, главная цель вторжения установление единоличного контроля над сырьевыми ресурсами и территорией.

Согласно детально разработанному и финансово обеспеченному плану информационной операции вводится жесткий контроль над деятельностью всех СМИ. Вся информация проходит строгую цензуру. Непосредственно военной акции, под прикрытием ширококомасштабных информационных мероприятий, предшествуют разведывательные действия. При этом задействуются силы и средства разведки, которые, как правило, наращиваются для выявления и уточнения координат наиболее важных государственных и военных объектов, влияющих на жизнеустойчивость всего государства. С этой целью используются космическая, радио и радиотехническая, радиоэлектронная, агентурная и другие виды разведок.

Таким образом, в современных условиях сущностью начального периода в крупномасштабной войне может быть отрезок времени от момента принятия решения на применение военной силы Советом Безопасности ООН до начала боевых действий.



## **Тенденции развития средств инженерного вооружения и их боевого применения**

Селивончик Н.М.

Белорусский национальный технический университет

В ходе проведенных комплексных учений Вооруженных Сил инженерные войска показали способность выполнять задачи инженерного обеспечения в условиях новых форм и методов вооруженной борьбы, продемонстрировали высокий уровень боевой подготовки, полевой выучки. Тенденции развития вооруженной борьбы сделали средства огневого поражения более точными и мощными, что требует сокращения времени на выполнение задач. На основе осмысления этих факторов можно сделать вывод, что главным направлением развития инженерных войск Вооруженных Сил Республики Беларусь на ближайшие годы является повышение уровня технической оснащенности частей и подразделений. Для достижения поставленной цели необходимо определить перспективы развития и модернизации средств инженерного вооружения. Приоритетными направлениями развития средств инженерного вооружения мы видим: модернизацию существующих образцов с целью повышения их эффективности и надежности, переход на базовые шасси белорусского производства; создание многофункциональных средств инженерного вооружения, позволяющих сократить их номенклатуру; решение проблемы эффективной противоминной защиты войск. В военно-технической политике мы видим следующие тенденции развития средств инженерного вооружения:

- модернизация существующих, с целью повышения их боевой эффективности и надежности;
- создание принципиально новых, многофункциональных образцов и комплексов, предназначенных для инженерного обеспечения войск;
- оптимизация, прежде всего сокращение, номенклатуры средств инженерного вооружения и переход на базовые шасси и комплектующие отечественного производства;
- отбор и доработка средств производственно-технического назначения, отвечающих современным требованиям к использованию в войсках;
- использование техники двойного назначения.

Модернизация в ряде случаев наиболее целесообразный способ повышения технической оснащенности войск, так как позволяет при минимальном финансировании в короткие сроки создавать практически новые образцы инженерной техники. Огромная работа проводится по созданию и укомплектованию войск новыми средствами инженерного

вооружения как отечественного, так и зарубежного производства.

УДК 629.114

### **Основные концепции в совершенствовании гусеничных систем техники двойного назначения**

Юрко С.В., Усович В.В., Радченко П.В.  
Белорусский национальный технический университет

Одним из важнейших механизмов, определяющих тяговые качества, производительность, экономичность и надежность машин с гусеничным приводом является гусеничный движитель. Поэтому совершенствование конструкции движителя представляет ответственный этап при создании или модернизации гусеничных машин.

Одним из перспективных направлений развития гусеничных ходовых систем является техническое совершенствование гусеничной ленты. Применение резинотросовых цельнозамкнутых гусениц позволили потеснить использование колесных движителей. Скорость передвижения гусеничных машин стала близка к скорости колесных машин того же типа, машины перестали повреждать покрытие дорог, упростилась их эксплуатация, выросла комфортность условий работы.

С целью уменьшения давления на почву и более равномерного его распределения, а также для повышения проходимости были проведены работы по созданию резиновой пневматической гусеницы.

Другим направлением совершенствования гусеничных ходовых систем, является применение модульных гусеничных движителей на серийных колесных мобильных машинах различного назначения для повышения проходимости. С этой целью разработаны специальные модули, устанавливаемые на колесных машинах вместо ведущих колес.

Таким образом, основными направлениями развития и совершенствования гусеничных ходовых систем являются: совершенствование резинотросовых цельнозамкнутых гусеничных лент; разработка и совершенствование пневматических гусеничных движителей; совершенствование модульных гусеничных движителей.

#### Литература:

1. Аврора-Юг. Складское оборудование и техника современного склада [Электронный ресурс] / Резиновые гусеницы. – <http://www.sklad-kavkaz.ru/content/view/239/303/>. – Дата доступа: 25.03.2013.

2. ТРИЗ-профи: Эффективные решения [Электронный ресурс] / Журнал "ТРИЗ-профи: Эффективные решения" №2. Александр Скуратович. Не давите, мужики! Не давите!.. Обзор: Как выращивать растения и не утаптывать почву. - <http://www.triz-profi.com/magazin2.html>.

Сосновский С.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существенно изменяется структура конструкций автомобилей. По прогнозам специалистов в ближайшие десятилетия только 15...18 % изменений конструкции автомобилей будет отдано механике, основные изменения будут касаться электронных систем управления (ЭСУ) автомобилем. Вопросы обеспечения безотказности ЭСУ становятся все более актуальными. Существующая практика обеспечения работоспособности данных систем основывается на проведении диагностических работ, направленных на обнаружение отказа и замене неисправных элементов.

Впервые в мире еще в 30-е годы прошлого столетия создается многоступенчатая система профилактического обслуживания и ремонта автотранспортных систем (АТС), направленная на поддержание эксплуатационной надежности, которая остается актуальной и до настоящего времени. Основой ее являлись разновидности технических воздействий в зависимости от ремонтных пробегов. Г.В. Крамаренко предложил метод оптимизации режимов ТО и текущего ремонта по технико-экономическому критерию. Преимущество данного метода заключается в использовании полного ресурса деталей. А.М. Шейнин предложил метод по определению оптимального межремонтного ресурса основанный на параметрах безотказности, долговечности, ремонтпригодности. Данный метод позволяет нормировать два критерия оптимизации: технический ресурс  $L_p$  и удельные эксплуатационные затраты  $C(L_p)$ . Е.С. Кузнецов сформулировал метод совершенствования системы ТОиР, основанный на учете параметра потока отказов, который является основным из прогнозируемых параметров. Данная методология определяет требования ТКП 248-210. Данный документ определяет единую техническую политику на автомобильном транспорте, основой которой является плано-предупредительная система ТОиР. По мнению некоторых авторов при проектировании системы ТОиР для АТС с ЭСУ периодичность плановых регламентных работ целесообразно устанавливать кратнo отношений средней наработки на отказ электронного блока управления, системы приема и передачи данных, исполнительных механизмов:  $T_{э} > T_c > T_{и}$ . Для проверки данной гипотезы на военно-техническом факультете организованы и проводятся эксплуатационные наблюдения за надежностью АТС с ЭСУ по плану «NMT» для выбора оптимальных методов обеспечения надежности.

**О некоторых проблемах инженерного обеспечения  
боевых действий войск и путей их решения**

Тамело В.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Фортификационное оборудование (ФО) местности и система инженерных заграждений (СИЗ) в наибольшей степени влияют на обеспечение устойчивости и активности обороны. Опыт учений и научных исследований последних лет свидетельствуют о значительном увеличении объемов задач по ФО, а, следовательно – и сроков на их выполнение, исходя из возросших пространственных масштабов действий войск (сил). С целью уменьшения времени на ФО позиций и районов силами и средствами воинских частей и подразделений, а также повышения эффективности ФО предлагается: при заблаговременной подготовке обороны в угрожаемый период широко применять силы и средства территориальной обороны, при этом для организации работ по ФО позиций и районов создавать оперативные группы; сплошную систему траншей и ходов сообщений оборудовать только в пределах взводных и ротных опорных пунктов; на позициях отделений для всех штатных огневых средств иметь противоосколочные перекрытия; над окопами и укрытиями для боевой техники устраивать защитно-маскировочные экраны, для чего в каждой роте целесообразно иметь защитно-маскирующий комплект, включающий сборно-разборные конструкции экранов и маскировочные средства; для обеспечения защиты личного состава в каждой роте целесообразно иметь модульный универсальный комплект конструкций промышленного изготовления, позволяющий возводить различные сооружения, начиная от козырьков и экранов и заканчивая сооружениями закрытого типа; на позициях подразделений с целью обеспечения скрытого маневра и защиты танков, БМП от средств поражения противника устраивать земляные валы высотой 1,5 м, которые позволяют повысить защиту бронеекспонатов в 1,2 - 1,25 и, кроме того, являются эффективными заграждениями. При создании СИЗ одним из проблемных вопросов является содержание узлов заграждений и подготовленных к разрушению объектов. Создание современной системы гидравлических приводов рабочего оборудования должно развиваться в направлении использования гидрообъемных передач на основе современной элементной базы ведущих мировых товаропроизводителей гидравлической аппаратуры, и формирования моноагрегатных насосных установок на базе использования многопоточных насосов и широкого применения объемных делителей потока рабочей жидкости насоса.

**Мобильная мастерская шлифовки коленчатых валов**

Тарасенко П.Н.

Белорусский национальный технический университет

Анализ мастерской шлифовки коленчатых валов ремонтно-восстановительного батальона по капитальному ремонту агрегатов автомобильной техники показал, что как её металлический кузов-фургон объемом 26,7 м<sup>3</sup>, установленный на неполноприводный автомобиль КраЗ-257, так и сам автомобиль морально и технически устарели и находятся на хранении более 20 лет. В кузове-фургоне имеется кругло шлифовальный специализированный станок, мод. 3А423, изготовленный в 60-70 годы прошлого столетия и предназначенный для перешлифовки шатунных и коренных шеек коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей (потребляемая мощность – 9,9 кВт; размеры 4600×2100×1580 мм; масса 5750 кг).

Перспектива развития вооружения и военной техники Вооруженных Сил Беларуси требует создания мобильных мастерских нового поколения на базе отечественной промышленности с высокой степенью их унификации по базовым шасси и кузовам-контейнерам, а также оснащения их высокопроизводительным оборудованием.

На основании проведенных исследований предложено:

1. В качестве базового шасси проектируемой мобильной мастерской шлифовки коленчатых валов использовать автомобиль МАЗ-631705-261 с установкой на него съемного кузова-контейнера производства ООО «Мидивисана», что позволит использовать базовое шасси в мирное время в народном хозяйстве, а в военное время для подвоза материальных средств и ремонтного фонда.

2. Применить кузов-контейнер отечественного производства с объемом 33,8 м<sup>3</sup> (вместо кузова-фургона - 26,7 м<sup>3</sup>), что позволит увеличить количество оборудования мастерской и улучшить условия работы личного состава.

3. Оснастить предлагаемую мастерскую новым высокопроизводительным станком для быстрой шлифовки шеек коленчатых валов К 1200 НРР общее время обработки коленчатого вала, на котором составляет менее 4 мин, потребляемая мощность – 7,66 кВт, вес 3500 кг, габаритные размеры 3080×1700×1475 мм. Это позволит установить в предложенный кузов-контейнер с внутренними размерами 6058×2440×2170 мм кроме данного станка пресс АМС-SCHOУ СР 1800 для быстрого и точного исправления изгиба коленчатых валов любой техники.

**Эвакуационная машина на базе трактора «Беларус-3023»**

Тарасенко П.Н.

Белорусский национальный технический университет

Интенсивное развитие средств и способов ведения боевых действий предъявляет повышенные требования к системе технического обеспечения войск, в том числе к комплексу подвижных средств восстановления (ПСВ) вооружения и военной техники. Однако основную массу ПСВ в войсках составляет комплект машин 70-80-х годов прошлого столетия. Поэтому назрела необходимость в разработке конструкции новых эвакуационных средств, базирующихся на шасси отечественных производителей.

Так, Минский тракторный завод разработал и выпускает широкую гамму колесной техники. На выставке «Агротехника-2009» в Ганновере РУП «Минский тракторный завод» был удостоен серебряной медали за разработку трактора «Беларус-3023». В этой машине шестицилиндровый дизельный двигатель Deutz с 223 кВт/303 л.с. передаёт вращательное движение электрогенератору, работая в оптимальном по топливной эффективности режиме все время, а тяговый электродвигатель приводит в движение все четыре колеса. Генератор вырабатывает электрический ток с напряжением 850В, которое через бесступенчатую электромеханическую коробку передач тяговым электродвигателем приводит в движение трактор со скоростью до 40 км/ч.

Габаритные размеры трактора, мм: длина – 6400, ширина – 2630, высота – 3250, база – 3260. Порожний вес – 12500 кг, максимально допустимая масса – 18 т, полезная нагрузка – 5500 кг. Шины в основной комплектации: передние – 540/65 R 30, задние – 580/70 R 42.

Анализ технической характеристики трактора «Беларус-3023» свидетельствует о том, что при определенной доработке его можно использовать в качестве эвакуационного средства поврежденной ВАТ.

В качестве предложений по доработке трактора «Беларус-3023» нами предложено установить:

- в передней части трактора навесное оборудование в виде земляного отвала для расчистки путей подвоза и эвакуации, а также на раме - планетарную гидравлическую лебедку RAMSEY RPH 50000 с тяговым усилием 226,7 кН, позволяющую вытаскивать застрявшую технику массой до 20 т;
- в задней части рамы механизм, позволяющий транспортировать поврежденную технику не только прямым буксированием, но и частичной погрузкой.

Кадинец Р.Л.

Белорусский национальный технический университет

Сложившаяся в настоящее время система обучения позволяет достаточно успешно решать задачи по подготовке офицеров. Однако современное состояние войск не может быть признано безукоризненным, постоянно растет объем информации, который вынужден воспринимать курсант. Для выхода на качественно новый уровень в подготовке специалистов необходимо перейти от оценки усвоения учебного материала по принципу «знает - не знает» к более высокому «знает и может применять знания на практике», в том числе при решении нестандартных задач. При таком подходе к обучению без внедрения в учебно-воспитательный процесс (УВП) новых форм и методов обучения, способных существенно активизировать мыслительную деятельность обучаемых, нам не обойтись. Однако, как всегда на пути нового возникают различные преграды. Для внедрения новых форм и методов обучения необходимо разрешить целый ряд проблем. Среди них проблемы, связанные с подготовкой профессорско-преподавательского состава, с уровнем подготовки обучаемых, проблемы организационно-методического плана и материально-технического обеспечения. Реализация перечисленных требований к преподавателю, формирования в нем новых качеств требуют пересмотра всего, что связано с подготовкой и переподготовкой преподавателей: от набора в магистратуру, адъюнктуру и требований к их выпускникам, до перестройки планов профессионально-должностной подготовки. Без должного уровня общей и специальной подготовки курсантов новые формы обучения ожидаемого эффекта не принесут. Важно научить обучаемых учиться, то есть вооружить их передовыми методами организации умственного труда. Эффект для внедрения в учебный процесс ЭВМ будет получен только в том случае, когда каждый курсант научится свободно обращаться с вычислительной техникой. Одной из организационно-методических проблем, требующих своего решения, является отсутствие сбалансированных, достаточных по объему и содержанию курсов изучаемых дисциплин, практически каждый год меняются программы обучения и тематические планы. Проблемы, связанные с материально-техническим обеспечением необходимо решать на основе компьютеризации всего учебного процесса, начиная с отбора абитуриентов при их поступлении в вуз и кончая научным обоснованием их назначения на должность после окончания учебы, проблема не будет решена, пока ЭВМ не будет в избытке на каждой кафедре.

## **Современные направления использования мультимедийных средств в огневой подготовке**

Тарчишников А.А., Позняк С.А.

Белорусский национальный технический университет

Компьютерные технологии прочно стали составной частью нашего мира. Одной из них является мультимедиа технология, открывающая совершенно новый уровень отображения информации и интерактивного взаимодействия человека с компьютером.

Понятие «мультимедиа» подразумевает совокупность программных средств, с помощью которых можно объединять аудиовизуальную информацию, графику, анимацию и текст. Для отображения информации используются компьютер, проектор, интерактивные доски, графопостроители и что самое важное – программное обеспечение.

Новое поколение программных продуктов позволяет выполнить мультимедийные работы, создать презентацию, создать объемную (3D) модель с минимальными затратами времени, не требует специальных знаний, навыков и подготовки. Интерфейс программ интуитивно понятен, содержит стандартные наборы операций. От человека, работающего с мультимедийными приложениями, требуется проявить творчество, вложить информативную и наглядную часть.

Более полно позволяют изучить какие-либо процессы, получить определенные навыки виртуальные тренажеры. Их использование позволяет без учета амортизации реальных образцов техники, оборудования (в военном деле – без использования вооружения, военной техники, боеприпасов) получить значительную экономию, приобрести знания и виртуальные навыки, практическая отработка которых требует значительных материальных средств: полигонов, специальной материальной базы – а порой может быть сопряжена с опасностью и риском для жизни.

Использование мультимедийного обеспечения в учебном процессе имеет большие перспективы. При работе с подготовленной моделью руководитель наращивает обстановку, а обучаемые тренируются в ее оценке и принятии решения. После чего руководитель имеет возможность провести разбор целесообразности принятого решения, вернуться в исходное положение и показать наиболее целесообразные решения.

Возможен вариант группового действия на различных рабочих местах в соответствии с поставленной задачей, своеобразная групповая игра, с отличием в том, что руководитель ставит общие задачи, моделирует ситуацию, контролирует, направляет и оценивает действия обучаемых.



Тарчишников А.А.

Белорусский национальный технический университет

Для выхода на качественно новый уровень в подготовке специалистов необходимо перейти от оценки усвоения учебного материала по принципу «знает - не знает» к более высокому «знает и может применять знания на практике», в том числе при решении нестандартных задач. При таком подходе к обучению без внедрения в учебно-воспитательный процесс (УВП) новых форм и методов обучения, способных существенно активизировать мыслительную деятельность обучаемых, нам не обойтись. Для внедрения новых форм и методов обучения необходимо решить ряд задач. Среди них задачи, связанные с подготовкой профессорско-преподавательского состава, с уровнем подготовки обучаемых проблемы организационно-методического плана и материально-технического обеспечения. Переход к ним требует активного переосмысливания всех звеньев учебного процесса, в первую очередь титанических усилий со стороны преподавателей. Возникающие при этом трудности преодолены далеко не всеми и не сразу, так как они требуют от преподавателя перестройки в первую очередь на уровне психологии. Пришло время начать реальные дела, чтобы исключить рутинный труд курсантов (переписывание и т.д.) и самих педагогов. Эту проблему необходимо решать на основе компьютеризации всего учебного процесса, начиная с отбора абитуриентов при их поступлении в вуз и кончая научным обоснованием их назначения на должность после окончания учебы. Очевидно, проблема не будет решена, пока ЭВМ не будет в избытке на каждой кафедре, в каждой учебной и научно-исследовательской лаборатории. Рассматривая задачи, обусловленные уровнем подготовки обучаемых, следует подчеркнуть, что без должного уровня общей и специальной подготовки курсантов новые формы обучения обречены на провал и ожидаемого эффекта не принесут. При этом важно научить обучаемых учиться, то есть вооружить их передовыми методами организации умственного труда. Компьютерные технологии прочно стали составной частью нашего мира. Наша повседневная жизнь уже не представляется без использования технических средств, созданных с использованием компьютерных технологий. Уходя от простого декламирования и начитки текстовой информации, современные технологии позволяют совместить аудио- и визуальную информацию, организовать оперативный контроль усвоения материала с целью корректировки и повышения качества преподавания учебных дисциплин.

## **Территориальный финансовый центр - новая единица в структуре Вооруженных Сил**

Тропец В.А.

Белорусский национальный технический университет

Преобразование Вооруженных Сил в соответствии с требованиями современности невозможно без пересмотра действующей организационно-управленческой структуры. Одним из решающих факторов, определяющих организационную структуру войсковых формирований, является экономика. Действующая система финансового обеспечения войск в этих условиях требует определения конкретного состава, структуры, перечня функций органов финансово-экономического блока, правил и принципов взаимодействия составляющих элементов и обеспечивающих органов. Решение такой задачи представляется возможным при условии создания территориальных финансовых центров (ТФЦ) войск. Их главная особенность заключается в том, что на них будут возложены функции по финансовому обеспечению воинских частей, иных воинских формирований, расположенных в границах определенного территориального образования. Применение территориального принципа финансирования войск влечет за собой изменения не только в порядке поступления и расходования бюджетных ассигнований, исполнения бюджетных смет, но и коренным образом изменяет количественный и качественный состав довольствующих и финансовых органов, тыловых служб, военных организаций и учреждений. Однако в то же время перевод на такую систему финансирования может создать целый комплекс других проблем, также требующих решения.

Успешная реализация данной системы финансового обеспечения строится на перечне условий, которые должны быть соблюдены: определение критериев и принципов перевода воинских частей на обеспечение в ТФЦ; разработка соответствующей нормативно-правовой базы, определение юридического статуса финансовых центров; четкое и однозначное определение структурной подчиненности центров; разработка и утверждение перечня процессов и функций ТФЦ; разработка организационно-штатной структуры ТФЦ; полная комплексная автоматизация учета и документооборота (объединение компьютеров в единую локальную сеть, использование электронного документооборота и цифровой подписи документов); создание эффективной системы защиты информации; разработка порядка движения документов между ТФЦ и обслуживаемыми воинскими частями; порядок обеспечения денежным довольствием и заработной платой; организационно-технические аспекты обеспечения финансовых центров.

## **Использование электросиловой установки боевой машины при проведении сварочных работ**

Усович В.В

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях ведения боя возникает необходимость использования боевых машин в отрыве от основных сил, а также от ремонтно-восстановительных средств. В этих условиях возникает необходимость проведения работ с использованием дорогостоящего сварочного оборудования для быстрого восстановления неисправных образцов вооружения, военной и специальной техники с последующей постановкой их в строй, что должно обеспечить необходимый уровень постоянной боевой готовности. В полевых условиях или во время боя это почти невозможно, поэтому предлагается пример решения данной проблемы с использованием стартер-генератора СГ-10-1С танка Т-72Б. Основные причины проблемы:

1) Экономическая: необходимы немалые материальные затраты при транспортировании образца в ремонтное подразделение или на ремонтный завод даже с мелкими дефектами такими, как оторванные борта, козырьки, крюки тросов и т.п., которые в принципе и в полевых условиях могли бы силами экипажа исправиться без использования подвижных средств ремонта и эвакуации;

2. Необходимость в использовании квалифицированных ремонтников:

3. Сложность в эксплуатации сварочного оборудования среди личного состава и его громоздкость по сравнению с использованием штатного образца.

Проблема решается следующим образом: В разрыв цепи на обмотку возбуждения генератора вместо реле регулятора подключается реостат, которым и регулируется сила сварочного тока. Данная проблема решалась, но имеет ряд недостатков, так как оборудуется одна боевая единица или все, что в первом случае не обеспечивает полный охват, во втором достаточно дорого. Для успешного решения всего вышесказанного необходимо в электрическую цепь электрооборудования танка подключать выносной блок, который при необходимости можно подключить к любой боевой единице без переделки ее электрооборудования. Следует отметить, что при использовании штатного электрооборудования нужно отключать штатное реле регулятор от бортовой цепи для защиты потребителей от перенапряжения, на время сварки работа контрольно-измерительных приборов машины обеспечивается от аккумуляторных батарей. Подведя итог можно сказать, что мы получили очень простой, недорогой сварочный аппарат,

который работает от ДВС танка и не требует сторонних источников электрической энергии.

УДК 355.237

### **Дистанционное обучение в образовательном процессе при подготовке военных кадров**

Тропец В.А.

Белорусский национальный технический университет

Управление качеством образовательного процесса, вопросы формирования компетентности современного военного специалиста в условиях интенсивного развития общества, техники выходят на лидирующие позиции при организации образовательного процесса. Сегодня необходимо не только провести набор курсантов, но и создать такие условия, чтобы обучаемый не только стал отличным специалистом, но и развивался как личность. Одним из таких путей решения этого вопроса видим индивидуализацию элементов обучения с применением креативной педагогики. Для этого в образовательном учреждении требуется создать необходимые условия.

Проникновение современных информационных технологий в сферу образования позволяет педагогам качественно изменить содержание, методы и организационные формы обучения. Целью этих технологий в образовании является усиление интеллектуальных возможностей обучаемых в информационном обществе, а также повышение качества обучения.

Подготовка военных специалистов непосредственно связана с использованием служебного материала, а иногда и секретных данных. Поэтому использование всех возможностей Интернета при организации образовательного процесса не представляется возможным. Одним из путей мы видим использование локальной сети и сети Intranet. При организации сети Intranet необходимо, обеспечить защиту информации от несанкционированного ее использования. Локальные сети и построенные на их основе системы «клиент-сервер» позволяют организовать групповую работу над информацией и распределение ее между пользователями. В целях внедрения методик дистанционного обучения в образовательный процесс при изучении военно-специальных дисциплин необходимо сформировать соответствующую программную оболочку, которая будет заполняться преподавателями, ведущими дисциплины. Таким образом, внедрение в образовательный процесс подготовки военного специалиста форм дистанционного обучения с применением инновационных средств позволит более качественно формировать профессиональные компетенции и творческую личность, а также умение применять эти знания при последующем обучении.

## **Особенности эффекта переноса тренированности и сопряженного формирования силовых качеств и техники**

Фольинсков И.А., Кончик Н.А, Бойко Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

Сопряженное формирование физических качеств и техники движений начинается с эффекта переноса тренированности, который образуется в результате занятий вспомогательными упражнениями.

В практике спорта очень часто используют вспомогательные упражнения. К примеру: прыгуны в длину используют в тренировке спринтерский бег, а метатели – занятия со штангой и т.п. Поэтому применение вспомогательных упражнений не только способствует росту быстроты, силы, технической подготовленности, но и одновременно улучшает результат в основном виде. Это явление было названо эффектом переноса тренированности. Особый интерес представляет вопрос переноса тренированности на примере быстроты движений, так как данное качество является «базовым» во многих видах спортивной деятельности. Перенос быстроты проявляется лишь в сравнительно простых движениях. В то же время не отмечено прямо пропорциональной зависимости между такими компонентами быстроты, как скорость движения, латентное время реакции и т.п. При выполнении скоростных упражнений длина пути ограничивается условиями их выполнения и техникой движения. В таких условиях наращивание скорости движения должно идти за счет увеличения скорости сокращения мышц. Упражнения сопряженного воздействия в облегченных, затрудненных или усложненных условиях – это наилучшие примеры применения метода сопряженного воздействия; при акценте на выполнение упражнений с повышенным отягощением стимулируется развитие силы отдельных групп мышц; при акценте на выполнение упражнений в облегченных условиях, наоборот, в большей мере совершенствуется мышечная координация. Сочетание этих упражнений с обычными условиями позволяет формировать рациональную структуру движений на основе контрастных ощущений, полученных в различных условиях выполнения спортивного упражнения.

Взаимосвязь физической и технической подготовки является ведущим принципом спортивного совершенствования. Он заключается в том, что целенаправленное воспитание физических качеств должно одновременно содействовать совершенствованию спортивной техники. Такой подход к повышению спортивного мастерства спортсменов является наиболее правильным и составляет принципиальную основу так называемого метода сопряженного воздействия.

**Влияние физической подготовки на снижение последствий  
информационного воздействия на военнослужащих**

Фольинсков И.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из основных путей влияния физической подготовки на поддержание и восстановление боеспособности войск является использование физических упражнений для поддержания физической и умственной работоспособности военнослужащих.

Значительные, зачастую максимальные физические нагрузки и психические напряжения, которые приходится испытывать личному составу в процессе современных боевых действий, приводят к существенному снижению военно-профессиональной работоспособности военнослужащих. Наиболее отчетливо это проявляется в ухудшении показателей ведения огня и совершения маневра на поле боя, в снижении скорости и точности действий при использовании боевой техники и оружия. Степень снижения данных показателей боеспособности военнослужащих в ходе выполнения боевых задач определяется величиной и характером испытываемых нагрузок и напряжений, специальной выучкой, уровнем физической подготовленности, физического развития, состоянием здоровья и другими факторами. При прочих равных условиях важное, а в ряде случаев и решающее значение для сохранения боеспособности воинских подразделений имеет уровень физической подготовленности военнослужащих, достигаемый в процессе занятий по физической подготовке. Так, например, в обычных условиях (в неутомленном состоянии) различий в стрельбе из автомата у военнослужащих, отлично и слабо физически подготовленных, как правило, не наблюдается. Однако под влиянием физических нагрузок и психических напряжений, эти различия достигают значительных величин.

Физическая подготовка успешно влияет на сохранение не только физической, но и умственной работоспособности военнослужащих. Это имеет особенно большое значение потому, что объем умственной деятельности личного состава всех родов войск постоянно увеличивается, а у военнослужащих многих специальностей действия, связанные с умственной работоспособностью, составляют основу их боевой работы.

Следовательно, физическая подготовка позволяет значительно повысить устойчивость физиологических и психических функций военнослужащих и обеспечить в условиях физических нагрузок и психических напряжений сохранение их физической и умственной работоспособности.

**Роль физического состояния военнослужащих в обеспечении их готовности к боевой деятельности**

Сыч С.Е.

Белорусский национальный технический университет

Научные данные, опыт войн и повседневной деятельности войск показывают, что физическое развитие, функциональное состояние организма и физическая подготовленность военнослужащих положительно влияют на многие показатели боеспособности военнослужащих, эффективности профессиональной деятельности. Основные составляющие физического состояния (физическое развитие, функциональное состояние, физическая подготовленность) тесно взаимосвязаны и проявляются в функциональных возможностях военнослужащего по обеспечению конкретной деятельности.

Так, установлено, что отлично физически подготовленные военнослужащие мотострелковых подразделений в обычных условиях выполняют действия, связанные с маневром на поле боя, почти на 20% быстрее, чем слабо физически подготовленные. В ходе наступления под влиянием нагрузок и напряжений эта разница резко увеличивается и достигает 35% и более.

Хорошо физически подготовленные военнослужащие, артиллерийских подразделений по скорости, точности и сноровке действий у орудий значительно превосходят слабо физически подготовленных (приведение орудий в боевое походное положение, наводка и зарядка орудий, подноска боеприпасов на огневую позицию, посадка на тягач и высадка с него). За время, которое затрачивают слабо физически подготовленные орудийные расчеты для приведения орудия из походного в боевое положение, хорошо физически подготовленные расчеты могут не только выполнить этот маневр, но и дополнительно произвести до трех прицельных выстрелов. Под влиянием физических нагрузок эта разница увеличивается более чем в два раза. При ведении огня на предельных режимах хорошо физически подготовленные номера расчета способны произвести в среднем на 20% больше заряданий, чем слабо физически подготовленные. Уровень физической подготовленности существенно сказывается на боеспособности танкистов и водителей боевых и транспортных машин. Отлично физически подготовленные танкисты значительно быстрее, чем слабо физически подготовленные, выполняют приемы, связанные с ведением огня. Таким образом, большое значение различных показателей физического состояния военнослужащих в структуре их готовности к боевой деятельности неоспоримо.

## **Педагогические аспекты подготовки по преодолению препятствий**

Федоренко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Теоретической и научно-методической базой подготовки военнослужащих по преодолению препятствий служат положения общей и военной педагогики, принципы и методы обучения и воспитания.

При рассмотрении различных методик подготовки по преодолению препятствий необходимо акцентировать внимание на теориях поэтапного формирования способностей, программированного обучения и функциональных резервах.

Согласно теории поэтапного формирования способностей многократное выполнение какого-то приема по преодолению препятствий, сочетаемое с внешнеречевым выражением этого приема, способствует более быстрому его усвоению и прочному закреплению. Ориентировочная основа должна определять оптимальный путь достижения поставленной учебной цели. Программированное обучение преодолению препятствий предполагает постановку конечных и промежуточных задач, переход к освоению нового программного материала только после твердого усвоения предыдущего, активирование внимания на наиболее оптимальных способах усвоения учебного материала и усилении активности военнослужащих в обучении.

В программированном обучении используются следующие положения: оптимизация учебного материала; разделение программного материала на определенные дозы и разработка оптимальной последовательности их усвоения в соответствии с внутренней логикой данного материала; акцентирование внимания на наличии четкой обратной связи в системе обучающей программы; повышение самостоятельности обучаемых; более высокая индивидуализация их обучения, увеличение плотности занятий; широкое применение современных технических средств. При решении задач воспитывающего обучения необходимо опираться на принципы: научности; воспитания в процессе воинской деятельности, а также в коллективе и через него; сочетание высокой требовательности с уважением личного достоинства подчиненных и заботой о них; единства.

Методами обучения в ходе обучения преодолению препятствий являются: убеждение, упражнение, поощрение, принуждение.

Такое разнообразие принципов и методов, применяемых при обучении военнослужащих приемам преодоления препятствий, позволяет более успешно развивать у них необходимые физические качества и прикладные навыки.



## **Эксплуатация боевой машины пехоты БМП-2, проблемы и пути их решения**

Шарипов Р.И., Янковский И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Одной из причин выхода из строя боевых машин пехоты (далее – БМП) и бронетанковых базовых машин на базе БМП в ходе эксплуатации, является неисправность двигателя в результате водяного гидравлического удара (далее – гидроудар).

Попадание воды в ходе эксплуатации БМП и бронетанковых базовых машин на базе БМП возможно при нарушении правил эксплуатации техники, в частности: при преодолении водной преграды; мойке машины, попадании воды в воздухоочиститель, во впускной коллектор и далее в цилиндры двигателя; постановке БМП и бронетанковых базовых машин на базе БМП на открытую стоянку (и, соответственно, вода, в ходе длительной стоянки при незакрытых клапанах защиты двигателя от попадания воды через эжектор попадает, во впускные и выпускные коллектора двигателя).

Сущность гидроудара заключается в следующем: при попадании воды в цилиндры двигателя в такте сжатия оба клапана закрыты, а поршень движется вверх, сжимая топливоздушную смесь. Вода по своим физическим свойствам не имеет возможности сжиматься, в отличие от смеси горючего и воздуха. Наличие воды в цилиндре делает процесс нарастания давления более быстрым. Последствия, как правило, приводят к поломке двигателя различной степени (трещина блока цилиндров, деформация шатунно-поршневой группы двигателя и др.), тем самым обуславливая выход образца техники из строя. Наиболее щадящим последствием гидравлического удара является нарушение герметизации газового стыка между блоком цилиндров и головкой блока цилиндров двигателя.

Одним из вариантов предотвращения возникновения гидроудара в ходе эксплуатации БМП и бронетанковых базовых машин на базе БМП, является установка в эжектор устройства для защиты двигателя от гидроудара, в котором через переходник устанавливается рядом с клапаном слива воды из эжектора датчик наличия воды, имеющий электрическую связь через усилитель с механизмом остановки двигателя, световым и звуковым сигнализаторами выведенными в отделении управления машины.

Итак, внесение рассмотренного изменения в конструкцию эжектора позволяет предотвратить поломку двигателя в результате гидроудара, выход образца техники из строя и повысить боеготовность подразделения.

## **Развитие многофункциональных средств подвижности вооружения**

Янковский И.Н., Юрко С.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из основных направлений модернизации Вооруженных Сил Республики Беларусь является создание и освоение производства гаммы универсальных средств подвижности – многоцелевых гусеничных шасси.

Многоцелевые гусеничные шасси – это большая группа быстроходных транспортно-тяговых машин, используемых в качестве базы для создания гусеничной техники различного функционального назначения. Многоцелевое шасси обычно является базовой модификацией семейства, то есть машиной, выполняющей вероятные транспортно-тяговые функции и было конструктивно приспособлено для монтажа на нем различного рабочего (технологического) оборудования, систем и механизмов, обеспечивающих прямое функциональное и вспомогательное назначение.

Анализируя возможность производства многоцелевых гусеничных шасси на базе предприятий Республики Беларусь отметим, что для производства необходимо возобновить производство шасси промежуточной категории по массе на базе механосборочного производства ПО «МТЗ», имеющего опыт создания и производства базовых гусеничных машин ГМ-575, ГМ-352, ГМ-355 и других зенитно-ракетных комплексов «Шилка», «Тунгуска», а также наладить кооперационные связи по поставке комплектующих с предприятиями ВПК России.

В настоящее время, данное подразделение МТЗ выпускает гамму гусеничных тракторов различного назначения. Примером может служить сельскохозяйственный трактор «Беларус 2102».

Организация производства деталей и узлов для многоцелевых гусеничных шасси также возможна на машино- и приборостроительных предприятиях Республики Беларусь.

В то же время, для разработки и создания гаммы гусеничных базовых машин средств вооружений необходимо обосновать основные параметры назначения, и исходя из них, сформулировать основные технические требования к создаваемым образцам. При разработке образцов гусеничных базовых машин нужно восстановить утраченные связи с производителями основных комплектующих в России, Украине и других странах. Опыт разворачивания производств необходимой техники показывает, что на первом этапе возможна организация сборки машин на специализированном предприятии с большим объемом покупных комплектующих, и дальнейшим увеличением объема собственного производства.

Научное издание

**НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ**

Материалы Одиннадцатой Международной  
научно-технической конференции

В 4 томах

Том 3

Ответственный за выпуск *В. С. Лазарев*

Подписано в печать 13.11.2013. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 24,41. Уч.-изд. л. 19,09. Тираж 160. Заказ 1044.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.