

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ

Материалы 12-й Международной  
научно-технической конференции

В 4 томах

Том 3

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72я431

Н34

**Редакционная коллегия:**

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

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

*А. С. Калиниченко* – д-р техн. наук

В сборнике представлены материалы 12-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

**ISBN 978-985-550-627-1 (Т. 3)**

**ISBN 978-985-550-629-5**

© Белорусский национальный  
технический университет, 2014

**Технические и прикладные науки**

**Разработка месторождений  
полезных ископаемых**

## **Повышение эффективности разработки мощных залежей карбонатных пород**

Оника С.Г.

Белорусский национальный технический университет

С увеличением производственных мощностей предприятий цементной промышленности соответственно возрастает и потребление сырья; поэтому уже сейчас актуальным представляется совершенствование технологии разработки месторождений карбонатных пород с целью наибольшей экономии средств, при увеличении производительности существующих и при проектировании новых предприятий. Одним из передовых предприятий цементной отрасли республики является Белорусский цементный завод, разрабатывающий Коммунарское месторождение цементного сырья. Полезное ископаемое месторождения представлено «низкими» мергелями (содержание СаО до 30,8 %), и «высокими» мергелями и мелами (содержание СаО до 51,1).

При разработке участков месторождения «Высокое» и «Коммунары Западные» на основе практики эксплуатации месторождения и научных исследований кафедры горных работ БНТУ реализованы и внедряются в настоящее время ряд научно-инженерных решений, направленных на повышение эффективности разработки месторождения. Уже первый опыт эксплуатации участка «Высокое» заставил отказаться от идеи размещения вынутаго из забоя сырья в штабель при отработке высокого мергеля. Это связано с тем, что мергель является из-за своей трещиноватой структуры чрезвычайно гигроскопичным материалом и на практике при штабелировании не теряет влагу, а, наоборот, притягивает ее. В периоды дождей, когда вода практически не испаряется, происходило увязание экскаваторов ЭКГ-10 в мергеле, и они теряли способность передвигаться самостоятельно. Поэтому было решено грузить сырье в средства транспорта шагающими экскаваторами драглайнами ЭШ-6,5/45 и МЗШ 6,5/45, обеспечивающими существенно меньшее давление на грунт, что особенно актуально для влажного грунта. В настоящее время штабелирование сырья ведется только для «низкого» мергеля с целью усреднения его химического состава и влажности. При разработке уступа «низкого» мергеля происходит извлечение породы с различным содержанием СаСО<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> после чего она укладывается в штабель и перемешивается экскаватором с последующей отгрузкой. На участке «Коммунары Западные» при научном сопровождении кафедры горных работ внедряется современная технология отработки полезной толщи

высокими подступами с единым транспортным горизонтом, что упростило схему вскрытия и повысило полноту отработки залежи.

УДК 622.236

## **Технологии анализа пространственно распределенных данных месторождения на базе сеточных моделей**

Оника С.Г.

Белорусский национальный технический университет

При решении задач определения объемов горных работ или работ при горнотехнической рекультивации, важна информация о пространственном поле высот уступов, мощности вскрышных пород, рабочих отметках насыпи или выемки и других параметров с высоким разрешением. Плотность покрытия разведочными выработками района месторождения обычно невелика. Недостаток информации о поле параметров разведочных выработок в пунктах, где отсутствуют прямые измерения, можно восполнить путем использования численных моделей.

В основе моделирования лежит база данных по месторождению с указанием геодезических координат пунктов, с имеющимися массивами пространственно распределенных данных. Для построения сеточных моделей поверхностей, в границах которых определяются объемы горных работ или работ по горнотехнической рекультивации, используются методы геостатистики, наиболее используемыми из которых являются метод обратных расстояний и метод Криге.

В методе обратных расстояний значение функции в каждой точке определяется следующим образом:

$$P_i = \sum_{j=1}^G P_j / D_{ij}^n / \sum_{j=1}^G 1 / D_{ji}^n,$$

где  $P_i$  – определяемое значение в точке  $i$ ;  $P_j$  – значение поля в узловой точке  $j$ ;  $D_{ij}$  – расстояние между  $i$ -ой и  $j$ -ой точками;  $G$  – количество узлов интерполяции;  $n$  – степень, в которую возводятся расстояния  $D_{ij}$ , равное 1, 2 или 3.

В методе Криге, являющимся методом локальной интерполяции значение  $Z(x)$  вычисляется как средневзвешенное известных значений в ближайших точках (скважинах):

$$P_i = \sum_{j=1}^G \omega_j P_j,$$

где  $\omega_i$  — поправочные коэффициенты значений  $P_j$ , учитывающие близость каждого узла к точке  $i$ .

Для вычисления объемов используются способ сечений, при котором площади сечений определяются методом трапеций (Trapezoidal Rule), методом Симпсона и методом Симпсона 3/8.

УДК 622.363.2

### **Актуальные задачи исследований при реконструкции шламоохранилищ калийного производства**

Кологривко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Эксплуатируемое шламоохранилище 4РУ ОАО «Беларуськалий», с учетом расчетного объема шламовых отходов 0,7 млн.м<sup>3</sup>/год до 2015 года и 0,9 млн.м<sup>3</sup>/год с 2015 года, будет заполнено к 2016 году. Реконструкция северной карты с получением дополнительной емкости 9,9841 млн.м<sup>3</sup> для складирования шламов обеспечит 4РУ емкостями до 2027 года. Таким образом, реконструкция обусловлена необходимостью обеспечения поддержания производственных мощностей 4РУ после 2015 года, когда ожидается заполнение существующих карт шламоохранилища 4РУ до проектной отметки. Шламоохранилище будет располагаться на площади 127,7 га, в том числе на вновь отведенной – 67,0 га. Складирование в шламоохранилище 4РУ отходы – глинисто-солевые шламы (ж : т = 1), содержание солей NaCl, KCl от 200 до 220 г/л. В жидкой фазе содержание шлама составляет до 8,5 % KCl, до 13,5 % NaCl и до 1 % CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>. В твердой фазе шлама – 70-75 % нерастворимого остатка (карбонаты, сульфаты, полевой шпат, кварц и др.).

Для предотвращения загрязнения грунтовых вод рассолами в проектируемом шламоохранилище предусмотрен противофильтрационный экран из полиэтиленовой пленки марки В (ГОСТ 10354-82) с минимально принятой ее проектной толщиной 0,20 мм. Отметим, что в шламоохранилище предполагается хранение глинисто-солевых шламов и рассолов, относящихся к четвертому классу опасности (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 31.12.2010 № 63).

После 2036 года шламоохранилище будет подрабатываться горными работами Второго калийного горизонта (гор. -440 м) столбовой системой разработки с валовой выемкой руды лавами длиной ~250 м с вынимаемой мощностью ~2,3 м и Третьего калийного горизонта (гор. -670 м) столбовой системой разработки с валовой выемкой руды, лавами длиной от 100 до

200 м с вынимаемой мощностью ~2,2 м. Участок подвержен вредному влиянию деформаций земной поверхности на конец процесса сдвижения.

В этой связи особую актуальность приобретают задачи исследований, связанные с геоэкологической оценкой возможности применения противодиффузионного экрана из полиэтиленовой пленки в условиях прогнозируемого воздействия на него пригрузки от шламов и деформаций от подработки горными работами для обеспечения геоэкологической безопасности реконструируемых шламохранилищ калийного производства, в частности – района эксплуатации северной карты шламохранилища 4РУ.

УДК 622.236

### **Эффективность замены морально изношенного оборудования горных предприятий**

Мелешко В.К.

Белорусский национальный технический университет

Моральный износ или моральное старение представляет собой процесс обесценивания основных фондов, главным образом, в результате непрерывного развития технического прогресса. Сущность морального износа заключается в том, что некоторые основные фонды, физически еще пригодные для производственной деятельности, могут стать в конкретных условиях невыгодными для дальнейшего их использования по причине наличия более совершенных и экономически эффективных основных фондов, либо фондов, обеспечивающих более комфортные и безопасные условия труда. Поэтому моральный износ может влиять на сокращение сроков службы основных фондов, а также стимулировать их замену до наступления срока физического износа.

Вопрос о степени влияния наступившего морального износа на целесообразность дальнейшей эксплуатации имеющегося на предприятии и устаревшего, с этой точки зрения, оборудования решается экономическими расчетами строго применительно к каждому конкретному случаю. При этом возникает целый ряд проблем, которые можно объединить в следующие группы: приобретение, эксплуатация и техническое обслуживание, изменения в технологическом процессе и выпускаемой продукции.

Сложность решения указанных выше проблем состоит в том, что не все они поддаются точным экономическим расчетам. Часть из них можно было бы решить, обработав данные об эксплуатации и обслуживанию аналогичного оборудования в прошлом, что не всегда возможно.

При выполнении конкретных экономических расчетов, все указанные факторы будут давать положительные или отрицательные результаты, сопоставление которых позволит решить вопрос о целесообразности замены морально устаревшего оборудования. Кроме того, при выполнении всех расчетов необходимо учитывать фактор времени, т.е. величины денежных затрат следует приводить в сопоставляемый вид.

УДК 622.236

### **Особенности определения затрат на горно-подготовительные работы в условиях инфляции**

Мелешко В.К., Стасевич В.И.

Белорусский национальный технический университет

Для предприятий, ведущих добычу полезных ископаемых открытым способом, существуют следующие основные варианты горно-подготовительных работ (ГПР) и, соответственно, вложение средств: 1. Вести ГПР в соответствии с объемами добычи полезного ископаемого и относить на себестоимость добытого полезного ископаемого все затраты за соответствующий период (например, за год); 2. Вести ГПР с опережением добычи и соответственно вкладывать средства в расходы будущих периодов и относить их на себестоимость продукции в последующие годы; 3. Комбинированный вариант.

В силу ряда факторов технологического характера первый вариант применим только на небольших карьерах. На средних и крупных предприятиях применяется, в основном, второй вариант. Общим во всех вариантах является различное распределение затрат и результатов во времени – так называемый фактор времени.

Учет фактора времени обусловлен тем, что любые денежные средства, даже при отсутствии инфляционных процессов, должны находиться в непрерывном денежном кругообороте. Деньги, вложенные в банк, в производство или в другие виды коммерческой деятельности, должны давать эффект ежегодно и даже ежемесячно, нарастающий по закону сложных процессов.

С учетом только фактора времени остаточная стоимость на начало текущего года определяется по формуле:

$$C_0 = C_{\text{Обп}} + \sum_{t=1}^T \Delta C_t (1 + E)^t,$$

где  $C_{\text{Обп}}$  – остаточная стоимость затрат на ГПР на начало базового года, тыс.руб.;  $\Delta C_t$  – прирост затрат на ГПР в  $t$ -ом году, тыс.руб.;  $T$  – рассматриваемый период, лет;  $E$  – норма дисконта.



С учетом инфляционных процессов остаточная стоимость ГПР на начало текущего года определяется по формуле:

$$C_0 = C_{\text{обп}} + d_H \sum_{t=1}^T \Delta C_t (1 + E)^t,$$

где  $d_H$  – нарастающий дефлятор за период  $T$  лет.

УДК 622.331

### **Выбор трактора для работы с опытным образцом машины МТК-1,6 фрезформовочного способа производства коммунально-бытового топлива**

Андриевский М.П., Случко В.С., Стасевич В.И.  
Белорусский национальный технический университет

В Белорусском национальном техническом университете совместно с ОАО «Амкодор», ПРУП «Красное знамя» разработана документация и изготовлен комплекс современного оборудования для добычи, сушки, уборки кускового торфа для работы с тракторами МТЗ. Наибольшие энергозатраты приходятся на формование торфа машиной МТК-1,6, для которой рассчитаны удельные энергозатраты и осуществлен выбор тягача. Мощность, необходимая для работы МТК-1,6 определена как:

$$N = N_{\text{аг}} + N_{\text{фр}} + N_{\text{шп}},$$

где  $N_{\text{аг}}$  – мощность необходимая для перемещения МТК-1,6 и трактора тягача, кВт;

$N_{\text{фр}}$  – мощность необходимая для работы дисковых фрез, кВт;

$N_{\text{шп}}$  – мощность необходимая для работы пресса.

Расчет мощности для  $N_{\text{аг}}$ ,  $N_{\text{фр}}$ ,  $N_{\text{шп}}$  проведен в соответствии с [1-3]. Для расчета приняты следующие характеристики залежи: влажность фрезеруемого слоя – 88%; плотность – 770 кг/м<sup>3</sup>; производительность пресса – 80 м<sup>3</sup>/ч; пнистость залежи – 1%. Характеристики МТК-1,6 приняты по конструкторской документации. В соответствии с проведенными расчетами получили  $N_{\text{аг}}=3,25$  кВт,  $N_{\text{фр}}=22,34$ кВт,  $N_{\text{шп}}=63,7$  кВт. Таким образом, суммарная мощность для перемещения и работы МТК-1,6 с тягачом составляет от 90 до 105 кВт. В соответствии с [4] для агрегатирования с МТК-1,6 можно рекомендовать трактора Минского тракторного завода марки МТЗ-1523 (различных модификаций) с номинальной мощностью двигателей от 114кВт до 118кВт.

#### Литература:

1. Казаченко Г.В., Кислов Н.В., Басалай Г.А. Энергетический баланс дисковой фрезы.

2. Кислов Н.В. Деформации и напряжения в горных породах: Учебно-методическое пособие.– Минск: БНТУ. – 2006.

3. Разработка высокопроизводительного оборудования для производства кускового торфа / Жданович Ч.И., Чистый И.Н., Стасевич В.И. Х/д №280/08 №20082101. – Минск, 2008.

4. [www.belarus-tractor.com](http://www.belarus-tractor.com)

УДК 553.6.041.611(476)

### **Новые способы модификации бентонита с пониженным содержанием монтмориллонита**

Ильин В.П.<sup>1</sup>, Игнатенко С.П.<sup>1</sup>, Бабец М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно- производственный центр по геологии Минприроды Беларуси,

<sup>2</sup> Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь не располагает месторождениями высококачественных бентонитовых глин, вследствие чего ежегодно для различных целей импортирует около 20 тыс. тонн бентонитовых глиноматериалов. В тоже время в республике разведаны значительные запасы бентонитоподобных глин, качество которых существенно уступает истинным бентонитовым глинам (месторождения Городок, Городное, Острожанское и др.). Массовая доля монтмориллонита в этих глинах не превышает 40 %. Однако, при улучшении их свойств, они могут оказаться пригодными для «легкого» литейного производства, производства буровых растворов, в качестве сорбентов и для других целей.

В рамках работ по «Программе освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011-2015 годы и на период до 2020 года» нами были выполнены исследования бентонитоподобных глин Острожанского (Гомельская обл., Лельчицкий район) на предмет их использования как сырья для производства модифицированных глинопорошков для буровых растворов. В лабораторных условиях получен положительный результат в виде опытной партии глинопорошка для буровых растворов с качественными характеристиками. В частности, выход бурового раствора увеличен с 3 м<sup>3</sup>/т до 8-20 м<sup>3</sup>/т в зависимости от состава и количества модификаторов. В качестве модификаторов использовались карбонат натрия, оксид магния, полученный из карналлитового рассола путем осаждения гидроксида магния растворами щелочей и последующего его термического разложения, а также различные полимерные добавки. Изучено влияние полимерных добавок, получаемых из местного сырья, как производственным путем, так и имеющих исключительно природное

происхождение. Модификаторы использовались как по отдельности, так и в комплексе. Исследовано влияние таких веществ как крахмал картофельный различных марок (ОАО «Пищевой комбинат «Веселово» Борисовского района), реагент ОВП-2 (ОАО «Завод горного воска» Пуховичского района), акриловое волокно марки «Нитрон» (ОАО «Нафтан», г. Новополоцк), бурые угли Бриневского месторождения (Петриковского района) и Лельчицкого месторождения.

УДК 622.244.14.

### **Контроль качества буровых промывочных жидкостей**

Халявкин Ф.Г., Бабец М.А.

Белорусский национальный технический университет

При бурении скважин на нефть, газ, воду и твердые полезные ископаемые широко применяются промывочные жидкости, качество которых контролируется специально созданными приборами на основании математических и гидравлических расчетов и моделей. Наибольшее применение нашла обобщенная модель Кэссона-Шульмана, которая включает в себя четыре параметра, подлежащих определению при контроле качества этих жидкостей: вязкость разрушенной структуры, мера консистенции, показатель нелинейности и коэффициент деградации. Определение этих параметров предполагает полное приборное обеспечение буровых работ.

В настоящее время в Республике Беларусь при бурении скважин применяются различные глинистые растворы и органогенные жидкости на основе торфа и сапропеля. При этом из реологических параметров определяют три основных показателя: условную вязкость, кинематический и динамический коэффициенты. Применяемые вискозиметры для определения этих показателей ЛГР-3, СПВ-5 морально устарели и отечественной промышленностью не изготавливаются, их приходится закупать за границей.

Определение времени истечения жидкости из конических и призматических резервуаров вискозиметров, имеющих диаметр капилляра 0,5 см, среднюю скорость опускания уровня 0,53 см/с, позволило установить, что для обеспечения равномерности истечения жидкости из конических вискозиметров типа СПВ необходимо уменьшить конусность резервуара, вплоть до применения призматического резервуара.

Проведенные исследования и расчеты показали, что для контроля качества буровых жидкостей в полевых условиях непосредственно на буровой можно изготовить простой по конструкции вискозиметр с призматическим резервуаром из пластиковой бутылки емкостью 1,5-2,0 л.

При устройстве такого вискозиметра дно у бутылки обрезают и полученную емкость с ввернутым вместо крышки на резьбе капилляром переворачивают и закрепляют на штативе. Предварительно нанесенные на прозрачный пластик риски с отметками позволяют зафиксировать время истечения стандартных объемов без мерных сосудов. Испытания и калибровка такого вискозиметра показали, что его применение вполне приемлемо.

УДК 622.271

### **Анализ методов добычи твердых полезных ископаемых с помощью скважин**

Халявкин Ф.Г., Былицкий С.Ф.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время все большее распространение при разработке месторождений полезных ископаемых получают геотехнологические методы, сущность которых заключается в переводе твердого полезного ископаемого в пульпообразное, жидкое или газообразное состояние, либо в химический раствор. При этом чаще всего применяют скважинный способ, с помощью которого можно добыть путем растворения различные соли, выщелачиванием – медь и уран, гидрорыхлением - фосфориты и урановые руды, подземной выплавкой – серу и озокерит, подземной перегонкой – сланцы, термическим методом – нефть, газификацией – уголь и т.д. Важным преимуществом применения данного способа является возможность добычи полезных ископаемых из-под воды.

Широкое применение в промышленных масштабах получил метод растворения месторождений каменной соли, каолина и других подобных им полезных ископаемых. Растворителем для этих веществ является вода. Технология добычи сравнительно проста. К пласту полезного ископаемого бурят скважину. В нее вводят обсадную трубу, в которую вставляют колонну труб. По этим трубам под давлением подают воду. Вода растворяет полезное ископаемое, которое в виде рассола откачивают на поверхность.

Примерно по такой же технологии добывают серосодержащие полезные ископаемые. Отличие состоит в том, что для их расплавления по трубам к залегаемому пласту подают под давлением 10-15 атмосфер при температуре не ниже 160 °С перегретый пар. Вспененная серонасыщенная жидкость при этом откачивается на поверхность.

При добыче фосфоритов применяют подземное гидрорыхление. Размыв производят с помощью гидромониторов, управляемых

дистанционно с помощью телескопического устройства. Разрыхленный струей воды материал поднимают на поверхность эрлифтным методом.

Многие минералы не растворяются в обычной воде. Поэтому их добычу осуществляют методом выщелачивания, в основе которого лежит способность многих минералов и металлов растворяться под действием кислот и щелочей.

Все вышеизложенное позволяет сделать следующее заключение. При выборе способов и методов добычи полезных ископаемых одно из ведущих мест будет отдано скважинному методу.

УДК 550.361+550.36.004.14

### **Использование высокоточной термометрии для решения геотехнологических задач**

Ильин В.П.

Научно- производственный центр по геологии Минприроды Беларуси

Термометрия с точностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  , и , реже,  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ .входит в комплекс стандартных геофизических исследований в буровых скважинах (ГИС) . Исследования скважин с точностью замеров до сотых долей градуса Цельсия проводились с научными целями аналоговой аппаратурой уникального исполнения. Нефтегазопромысловая практика показала эффективность применения высокоточной термометрии с точностью до  $0,05^{\circ}\text{C}$  и выше для диагностики технического состояния скважин. В настоящее время также актуален вопрос мониторинга ПХГ, являющихся важным звеном газотранспортной инфраструктуры и системы энергообеспечения страны. Использование для этой цели многоканального каротажного оборудования «нефтяного класса», т.е. предназначенного для глубин до 3000м. и более, по экономическим показателям, габаритам и весовым параметрам часто не является приемлемым. Имеющиеся на рынке СНГ, на настоящее время, скважинные термометры повышенной точности либо являются автономными регистрирующими «операторского» класса, т.е. не обеспечивающими задач каротажных замеров «в режиме реального времени», либо имеют диапазон рабочих глубин, при мобильном, переносном исполнении комплекта поверхностного и погружного оборудования, не более 500- 600м.НПЦ по геологии Минприроды Беларуси совместно с лабораторией физики полупроводников ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» разработан переносный скважинный термометрический каротажный комплект (миникомплекс) который, с использованием проводного цифрового канала связи, обеспечивает термометрию скважин с точностью  $\pm 0,04^{\circ}\text{C}$  до глубины 1300м.(что является рабочим диапазоном глубин отечественных ПХГ) и

совместим с компьютерным обеспечением. Миникомплекс (опытный образец) прошел, в полном объеме, заводские и промышленные испытания и на настоящее время может быть задействован для решения практических задач. При опытно-серийном изготовлении он может быть конкурентен на рынке СНГ в области рудничной термометрии, на объектах проектирования использования низкопотенциального тепла недр, хранения и утилизации отходов опасных производств.

УДК 622.236

### **Технологии построения сеточных моделей для горно-геометрического моделирования залежей полезного ископаемого**

Ганцовский Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Для принятия эффективных решений по разработке месторождений необходимо точное визуальное описание условий залегания залежи. Горно-геометрическое моделирование требует высокой достоверности результатов, которые необходимы для оценки и подсчета запасов, обоснования границ и порядка отработки, горно-геометрического анализа карьерного поля, определения объемов горно-капитальных работ, составления календарного плана горных работ.

Снизить трудоемкость горно-геометрического моделирования можно использованием в процессе проектирования современных компьютерных технологий. Компьютерное моделирование позволяет достаточно точно отображать пространственное размещение и геологическое строение залежи полезного ископаемого.

Цифровая модель поверхности в основном представляется в виде значений в узлах прямоугольной регулярной сетки, дискретность которой определяется в зависимости от конкретной решаемой задачи.

Возможны три варианта получения значений в узлах сетки: 1) по исходным данным, заданным в произвольных точках области (в узлах нерегулярной сетки) с использованием алгоритмов интерполяции двумерных функций; 2) вычисление значений функции, заданной в явном виде; 3) переход от одной регулярной сетки к другой.

Методы построения сеточных функций можно разбить на два класса: интерполирующие и сглаживающие. Интерполирующие и сглаживающие методы используются в тех случаях, когда экспериментальные данные измерены в узловых точках не точно, а с некоторой погрешностью. Существует несколько алгоритмов интерполяции: Криге (Kriging), Степень обратного расстояния (Inverse 7 Distance to a Power),

Минимизация кривизны (Minimum Curvature), Радиальные базовые функции (Radial Basis Functions), Полиномиальная регрессия (Polynomial Regression), Модифицированный метод Шепарда (Modified Shepard's Method), Триангуляция (Triangulation) и др.

Применение компьютерных технологий при горно-геометрическом моделировании способствует оптимизации геометрических и физико-механических параметров горных выработок, а также позволяет ускорить процесс проектирования горных выработок.

УДК 622.271

### **Компьютерные технологии моделирования для оценки устойчивости откосов уступов**

Семёнова М.В.

Белорусский национальный технический университет

Практика открытых горных работ и многочисленные исследования в этой области показывают, что параметры устойчивых откосов уступов, бортов карьеров, склонов и отвалов, получаемые известными расчетным методами, требуют корректировки. В настоящее время существует множество методик, позволяющих решать задачи оценки устойчивости, но они основаны на «ручных» вычислениях, требующих значительного времени и определенной подготовленности специалиста.

Решение таких задач является комплексным и трудоемким, поэтому очевидна необходимость в применении современных средств для оперативного анализа и прогноза устойчивости. На современном рынке программ в сфере геомеханики и геоинформационных технологий лидером признана программа GeoStudio.

С помощью программного модуля GeoStudio–GeoSlope, было проведено исследование возможности увеличения допустимых углов откосов рабочих уступов на месторождении цементного сырья «Коммунарское». В процессе работы проводились вычислительные эксперименты и исследование степени устойчивости бортов карьеров в зависимости от различных геологических условий.

Вычислительные эксперименты имели цель нахождения максимальных углов откосов уступов, при которых удовлетворяются условия безопасности, для каждой исследуемой высоты и категории пород, с учетом их структурного ослабления трещиноватостью. Для выявления максимально допустимых значений углов откосов уступов последовательно исследовались их различные значения, удовлетворяющие условию устойчивости для вариантов без статической нагрузки от

экскаватора и с учетом статической и динамической нагрузки от работы оборудования.

Таким образом, были разработаны рекомендации по допустимым углам откосов в зависимости от категории пород по трещиноватости для месторождения цементного сырья «Коммунарское».

Внедрение в технологический процесс научно-практических рекомендаций на месторождении цементного сырья «Коммунарское» позволило повысить полноту извлечения полезного ископаемого из недр, что отразилось положительно на экономических показателях горнодобывающего предприятия.

УДК 502.3

### **Влияние деятельности «Белоруськалия» на экологию г. Солигорска**

Король В.А.

Белорусский национальный технический университет

В районе солеотвалов и хвостохранилищ Солигорских калийных комбинатов глубина зоны хлоридно-натриевого загрязнения превышает 100 м, а минерализация подземных вод достигает 300 г/л. Загрязнение подземных вод наблюдается в районах размещения водозаборных скважин. При добыче калийной руды и ее переработке в окружающую среду выбрасывается огромное количество газов и аэрозолей. Труд в подземных условиях имеет ярко выраженную специфику: стесненные условия, кислородная недостаточность, загазованность воздуха, запыленность, недостаток освещения и т.д. Самые распространенные заболевания легочные, которые шахтеры приобретают в хронической форме. Средняя продолжительность жизни солигорского шахтера – 49 лет. Добываемая сильвинитовая руда состоит из двух солей – хлористого калия и хлористого натрия. Промышленный интерес представляет хлористый калий, но его концентрация в руде составляет всего 25-30%. Он извлекается на обогатительных фабриках, а все остальное становится отходами обогащения. К отходам относятся твердые галлиты, на 95% состоящие из обычной поваренной соли (NaCl), и жидкие глинистые солевые шламы. Первые образуют высоченные солеотвалы вокруг города, вторые – рассольные озера. Скорость изменения промышленного ландшафта напрямую зависит от объемов добычи руды и ее концентрации. В составе солеотвалов – "вся таблица Менделеева", причем эти горы высотой 120-150 м ежегодно оседают примерно на 5 м. За десятилетия эксплуатации месторождения калийных солей в Солигорске, на поверхности накопилось более полумиллиона тонн отходов на площади свыше тысячи гектар. Стоит



отдать должное руководству «Беларуськалия» за шаги в улучшении экологии региона. В наследство от Союза достался завод, трубы которого выбросили в атмосферу более 21 тысячи тонн загрязняющих веществ. С переводом рудников на газ, количество вредных выбросов уменьшилось втрое. Свою лепту в загрязнение окружающей среды вносили отделения дробления и сушки, грануляции и ремонтно-строительные цеха. На них установлены около трехсот пыле-газоочистных и аспирационных установок, степень очистки которых достигает 99,9%. Из анализа экологического состояния района добычи, следует необходимость расширения спектра природоохранных мер.

Автор выражает благодарность доценту, к.б.н. Поликарповой Н.Н. за помощь в написании данной работы.

УДК 577.359

### **Значение дисциплины «Биофизика горных пород» для развития литотерапии**

Поликарпова Н.Н., Зенович А.С.

Белорусский национальный технический университет

Многочисленными исследованиями установлена теснейшая взаимосвязь всех обитающих в биосфере организмов с литологическими условиями места их обитания. Это привело к становлению научного направления, «медицинская геология», которое зародилось ещё в древности и в наши дни переживает второе рождение. Медицинская геология изучает воздействие геологических объектов естественного (горные породы, минералы, продукты вулканической деятельности, воды и др.) и техногенного происхождения (продукты переработки рудного и нерудного минерального сырья, строительные материалы и т.д.), а также геологических процессов и явлений на различные живые организмы и прежде всего человека.

На кафедре «Горные работы» БНТУ в течение ряда лет ведется разработка дисциплины «Биофизика горных пород», которая фактически является естественным разделом геомедицины, поскольку ставит своей целью изучение механизмов взаимодействия геологических и биологических систем на уровне горных пород и минералов. Известно, что все горные породы различаются по происхождению, минералогическому и химическому составу, имеют различные структурные особенности, залегают в земной коре в виде обособленных тел, имеющих различную форму. Они характеризуются различной пористостью и трещиноватостью, влагосодержанием, тепло- и электропроводностью и целым рядом иных физических и химических свойств, определяющих их

индивидуальность. Еще в большей степени индивидуализм проявляется на уровне минералов. Кристаллы минералов отличаются друг от друга степенью деформации, своей энергетикой и др. Они проходят зародышевую стадию, растут, размножаются, т.е. ведут себя аналогично живым организмам, которые способны к процессам взаимодействия с другими субъектами. Нами была проведена серия экспериментов, с целью обнаружения связей физической природы между горными породами (минералами) и биологическими организмами. Образцы горных пород и минералов помещали в закрывающиеся пластиковые контейнеры так чтобы максимально заполнить их объем (0,5 л.). Семена овса, кабачков, дыни, (от 50 до 250 штук) помещенные на увлажненную фильтровальную бумагу в пластиковых поддонах, размещали поверх контейнеров с образцами. Анализ ростовых процессов используемых культур однозначно указывает наличие полевого воздействия минеральных субъектов на биологические. Природа его требует специального изучения.

УДК 577.359

### **Нетрадиционные свойства воды**

Поликарпова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Вещество под названием *вода* изучалось с древних времен и продолжает изучаться сегодня, но далеко не все свойства воды известны ученым. К концу двадцатого века благодаря работам лаборатории С.В. Зенина было установлено наличие кластерного строения воды. В 2002-2004гг. в экспериментах Багирова Э.М. и Шаркова В.Ф. были надёжно зафиксированы циклические изменения кластерных структур в воде и водных растворах как под воздействием традиционных энергоисточников, так и под влиянием «чисто информационных» потоков, например, таких, как космоэнергетические каналы (крещенская вода). Изменения структуры воды приводят к существенным переменам в ее физико-химических свойствах: увеличивается ее растворяющая способность по отношению к солям, изменяются ее жесткость, вязкость, теплоемкость, значения водородного показателя (рН), коэффициента поверхностного натяжения и ряд других свойств. В настоящее время широко проводятся исследования безреагентного преобразования свойств воды для управления ее биоактивностью с целью повышения ее прикладных качеств. Например, электроактивированные водные растворы применяют для стимуляции и обеззараживания семенного материала, что является актуальным для сельскохозяйственной практики.

Дистанционное воздействие воды, проявляющееся, например, в изменении свойств под влиянием другой воды, с которой нет прямого контакта, свидетельствует о способности воды получать и сохранять информацию. Недостаточная изученность механизмов безреагентной биоактивации воды требует особого внимания к этой проблеме. На кафедре «Горные работы» в течение ряда лет проводятся эксперименты по выявлению безреагентного воздействия горных пород на воду. О наличии такого эффекта свидетельствует различная скорость испарения воды, находящейся в открытых стеклянных или пластиковых стаканах объемом 100 мл, размещенных на закрытых контейнерах объемом 500 мл, заполненных соответственно различными видами горными породами и минералов (порядка 20). Процесс испарения воды в течение двух недель контролировался по изменяющейся массе с помощью электронных весов. Все эксперименты проводились в стандартных условиях (шкафы со стеклянными дверцами). Существенно, что процесс испарения воды в вариантах с различными горными породами в абсолютном большинстве экспериментов происходил менее интенсивно по сравнению с контрольным (пустой контейнер) вариантом.

УДК 577.359

### **Влияние горных пород на испарение воды**

Телеш А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Вода, – это самый важный компонент на Земле, без которого не было бы жизни ни в какой форме. У воды множество свойств, среди которых – парадоксальные, противоречащие законам физики или необъяснимые с научной точки зрения. На кафедре «Горные работы» под руководством доцента Поликарповой Н.Н. нами была проведена научная работа, направленная на изучения такого рода свойств. В серии экспериментов изучалось полевое воздействие горных пород на испаряемость воды. Были выбраны образцы следующих пород: бурый уголь (272,8 г), (217 г); каменный уголь (337,5 г); кремень (530,3 г), (589,3 г); песчаник (685,4 г), (534,4 г), (475,7 г); голубая глина (384,9 г), (439,9 г), (440,5 г), (406,7 г), (422,8 г); сильвинит (506,1 г), (514,7 г), (569,3 г), (408 г); сульфидные руды (863,4 г), (821,6 г); мрамор (571,7 г), (543,6 г), (521,4 г), (554,3 г); кварц (522,6 г); кристаллы галита (451 г); известняк-ракушечник (387,0 г); змеевик (490,2 г). В предварительно взвешенные пластиковые стаканы, одинакового объема и формы, взятые в количестве, равном числу испытуемых горных пород и контроля (пустой контейнер) наливали равное количество водопроводной воды (100 мл.). Стаканы с водой

взвешивали на электронных весах, а затем размещали сверху на картонные крышки заполненных породой контейнеров (объемом 0,5 л), которые размещались в одинаковых условиях в шкафу с закрывающимися стеклянными дверцами. Через две недели определяли массу испарившейся воды в каждом варианте и в контроле.

Анализ полученных результатов показал, что в вариантах с горными породами, как правило, количество испарившейся воды было меньшим, чем в контроле. Существенно, что процесс испарения воды, не имеющей непосредственного контакта с породой, в различных вариантах происходил по-разному, что может свидетельствовать о бесконтактном воздействии породы на воду. О механизмах этого воздействия однозначного ответа нет. Интересным фактом является отсутствие зависимости процесса испарения от массы образцов.

УДК 622.73

### **Расчет производительности центробежно-ударных дробилок**

Федотова С.А., Мулярчик В.В., Чеботаренок А.П.  
Белорусский национальный технический университет

Основное применение центробежно-ударных дробилок (ЦУД) связано с переработкой горной массы в щебень с низким содержанием лещадных зерен (до 10 %). Для проектирования технологических линий с применением ЦУД необходима инженерная формула расчета их производительности, получить которую представляется возможным на основе энергетического подхода к рассмотрению процесса дробления.

Анализ баланса мощности с учетом экспериментальных данных по дроблению различных материалов с различными разгонными элементами позволил вывести расчетную формулу производительности ЦУД по установленной мощности электродвигателя

$$\Pi = \frac{N_{уст} - N_x}{\frac{(m_{f=0} V_{ок})^q}{7200}},$$

где  $N_{уст}$  – установленная мощность электродвигателя, кВт;  $N_x$  – мощность, расходуемая на холостой ход дробилки, кВт;  $m_{f=0}$  – отношение скорости вылета частиц к скорости вращения ротора при коэффициенте трения  $f$  материала о металлические лопасти ротора, равный нулю (теоретический случай);  $V_{ок}$  – окружная скорость вращения ротора, м/с;  $q$  – показатель степени, изменяется от 2 до 2,15.

При расчете производительности ЦУД можно предположить и допустить, что величина  $m_{f=0} \cdot V_{ок}$  есть необходимая для дробления скорость вылета частиц  $v_{кр}$ . Мощность, необходимая для холостого хода дробилки можно замерить опытным путем. Для оценки возможности расчета производительности ЦУД на основе баланса мощности ею можно пренебречь.

Расчет производительности ЦУД выполнен для условий гранулирования гранита на РУП ПО «Гранит» (г. Микашевичи, Республика Беларусь). Горная порода имеет следующие характеристики: средняя плотность  $2700 \text{ кг/м}^3$ , предел прочности при сжатии 190-220 МПа, при растяжении – 18,8 МПа. В расчете было принято, что прочность зерен лещадной и игольчатой формы примерно в 6 раз меньше прочности кубовидных зерен. Необходимо, чтобы среди зерен размером 4-16 мм слабых зерен практически не осталось. Производительность дробилки составила 127,2-250,5 т/ч, что согласуется с данными производителя.

УДК 622.73

### **Особенности эксплуатации щековых дробилок на РУПП «Гранит»**

Федотова С.А., Томашевский А.Н., Федоров Р.П.

Белорусский национальный технический университет

Свежие породы месторождения «Микашевичи» (сырьевая база РУПП «Гранит») имеют предел прочности при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии 83-284 МПа. Напряжения, возникающие в деталях головных щековых дробилок с простым качанием щеки, при переработке пород с  $\sigma_{сж} > 250 \text{ МПа}$  превышают предельно допустимые значения, после чего механизм или деталь выходят из строя, что приводит к простоям машины из-за ремонта. К таки узлам относится узел шатунных подшипников главного вала дробилки и сам шатун.

Повышение долговечности подшипникового узла можно осуществить путем замены подшипника на подшипник более тяжелой серии. Если принять к установке подшипник серии 30037/600Г вместо подшипника серии 30-30031/600Х, то долговечность его возрастет с 2,5 лет до 10 лет. Вторым элементом, призванным увеличить ресурс дробилки, является замена манжетных уплотнений подшипниковых узлов лабиринтными. Достоинством бесконтактных уплотнений по сравнению с контактными является отсутствие трения и износа в соединении, что определяет минимальные энергетические затраты и практически неограниченную долговечность уплотнительных устройств, созданных на базе уплотнений этого вида. Затраты на эксплуатацию сводятся к обеспечению подачи смазки в подшипниковый узел. В исходной щековой дробилке шатун

состоит из двух частей: корпуса и крышки. Части соединяются между собой при помощи 12 болтов М90. При дроблении горных пород с  $\sigma_{сж} > 250 \text{ МПа}$  часто происходит разрыв болтов, что приводит к неплановым остановкам и ремонту дробилки. Для предотвращения поломок шатуна предлагается изготавливать его неразъемным. В связи с этим для возможности сборки главного вала одна из шатунных втулок выполняется без бурта и фиксируется полукольцами.

Таким образом, замена шатунного подшипника серии 30-30031/600X на подшипник серии 30037/600Г, а также замена манжетных уплотнений подшипниковых узлов на лабиринтные уплотнения и неразъемный шатун позволяет увеличить межремонтный цикл щековой дробилки, повысить эффективность использования оборудования. Изменение конструкции дробилки отразится и на экономических показателях производства. Показателю чистого дисконтированного дохода. Чистый дисконтированный доход составит 97,55 млн. руб. в расчете на одну дробилку. Срок окупаемости инвестиций составил 3,8 лет.

УДК 622.243

### **Исследование искривления скважин**

Мороз Н.И., Шумарев А.С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время возникла необходимость не только регистрации искривлений скважин, но и изучения причин, вызывающих искривление, а также – управления искривлениями.

Основным способом разведки полезных ископаемых является бурение скважин. На основании получаемых данных судят о качестве полезного ископаемого, о его пространственном расположении, а также получают другие сведения, которые позволяют произвести оценку месторождения и подготовить проект эксплуатационных работ. При этом необходимо знать место отбора каждого конкретного образца, а, следовательно, – пространственное положение ствола скважины.

При бурении скважин, как правило, ствол отклоняется от заданного направления – скважины искривляются. Непреднамеренное искривление называется естественным, а искривление скважин с помощью различных технологических и технических приемов – искусственным.

Искривлению подвергаются почти все скважины при любом способе бурения. Необходимо отметить, что искривление скважин может привести к значительным ошибкам в оценке месторождений, если отклонение скважин от заданного направления не замеряется. В результате того, что

искривление скважин не будет учтено, может быть завышена мощность пласта полезного ископаемого.

Искривление скважин вызывает большие осложнения и создаёт технические трудности в процессе бурения, ухудшает качество геологической документации, снижая достоверность получаемых данных. Поэтому с искривлениями скважин необходимо бороться. Однако в ряде случаев искривление скважин позволяет значительно снизить затраты средств и времени при разработке месторождений нефти и газа. Таким образом, если искривление скважины нежелательно, то его стремятся предупредить, а если оно необходимо, то его развивают. Этот процесс называется направленным бурением, которое может быть определено как бурение скважин с использованием закономерностей естественного искривления и с помощью технологических приемов и технических средств для вывода скважины в заданную точку. При этом искривление скважин обязательно подвергается контролю и управлению.

В докладе рассматриваются основные закономерности искривления скважин, способы и приборы, применяемые для измерения искривлений скважин.

УДК 622.771

### **Тяжелая нефть**

Шумарев А.С., Мороз Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Работа посвящена разработке основ способов комплексной переработки тяжелых нефтей, нефтяных остатков и отходов, и получению ценных продуктов.

В связи с растущим потреблением нефти и нефтепродуктов, постепенным истощением эксплуатируемых нефтяных месторождений тяжелое углеводородное сырье становится востребованным в мировой экономике. Основные запасы углеводородов сосредоточены именно в тяжелых нефтях. По данным экспертов, мировые запасы тяжелых нефтей составляют более 800 млрд. т.

Известно, что при переработке нефти получают до 30 % тяжелых нефтяных остатков: мазут, полугудрон, гудрон. Кроме того, при добыче, транспортировке и переработке нефти образуются отходы – нефтешламы, амбарная нефть, нефтезагрязненные почвы. Все эти нефтяные остатки и отходы лишь частично (10-15 %) применяются в экономике.

Рациональное использование тяжелого углеводородного сырья, как источника энергии и сырья для производства моторных топлив, смазочных

масел, битума, кокса и множества нефтехимических продуктов, является важнейшей государственной задачей.

Энергетические и экологические проблемы переработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков, сложность их состава обуславливают необходимость поисков новых технологических приемов их переработки. Актуальным остается вопрос о вовлечении в переработку неиспользуемых, более дешевых и доступных видов сырья, в том числе отходов нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли.

Цель работы – разработка научных основ способов комплексной переработки тяжелых нефтей, нефтяных остатков и отходов в ценные технические продукты. Предметами исследования являются процессы окисления, биоокисления, термической переработки, термополиконденсации, коксования и обжига тяжелых нефтей, нефтяных остатков и отходов.

Научная новизна состоит в установлении общих закономерностей процессов окисления и термической переработки тяжелых нефтей, нефтяных остатков и отходов в присутствии активных добавок, серы, штаммов микроорганизмов, газообразной и инертной среды.

УДК 662.64

### **Прессование смесей из горючих сланцев, бурых углей, торфа, древесных опилок и соломы для получения бытового топлива**

Куптель Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Приоритетной задачей для Республики Беларусь является вовлечение широкого диапазона местных видов топлива в решение энергетической проблемы и реализации государственной программы «Торф». Из всех видов твердых горючих ископаемых наибольшее распространение получил торф, используемый как топливо. Первоначальные запасы торфа (геологические) оценивались в 5,4 млрд. т; ныне – 4,0 млрд. т, в том числе пригодные для топливно-энергетических целей – 3,3 млрд. т. Программой предусматривается довести производство топливных брикетов к 2020 году до 1 млн. 355 тыс. тонн в год. Это может быть достигнуто и за счет вовлечения других горючих ископаемых и отходов производства (опилок, резаной соломы). Общие прогнозные запасы сланцев оценены в 8,83 млрд. т, реальные промышленные – 3,6 млрд. т. Основное количество сланцев сосредоточено на Любанском (0,9 млрд. т), Туровском (2,7 млрд. т) месторождениях. Горючие сланцы месторождений Беларуси по своим показателям не соответствуют качеству топлива для сжигания в исходном виде, но пригодны, как показали исследования, проведенные на кафедре



«Горные работы», для получения топливных брикетов в смеси с другими горючими ископаемыми. Прогнозные общие массы бурых углей Беларуси составляют около 2 млрд. т. Наиболее перспективными для промышленного освоения являются Житковское, Бриневское, Тонежское и Лельчицкое (с прогнозными запасами 250 млн. т) месторождения. Бурые угли Лельчицкого месторождения по содержанию углерода в органической части приближается к каменным углям. Брикетирование угля предпочтительно с торфом для получения топливных брикетов известно. Однако, прессованием именно бурых углей никто в Беларуси не занимался. Широкие исследования проведены в лаборатории кафедры по прессованию образцов бурого угля Бриневского месторождения, имеющего высокую зольность  $A^c = 25 \%$ , в смеси с торфом низинного типа месторождения «Усяж»; Старобинского месторождения торфа; с добавлением опилок хвойных пород зольностью  $A^c = 2,6 \%$ ; с добавлением резаной соломы  $A^c = 6,0 \%$ ; с добавлением льняной костры с варьированием ее в широких пределах (от 0 до 45 %). Во всех опытах физико-механические характеристики получаемых брикетов определялись по стандартным методикам. По полученным результатам определены оптимальные составы шихты, что позволит внести дополнения в стандарты на топливные брикеты на основе торфа СТБ 1919-2008.

УДК 622.7(075.8)

### **Влияние хлорида магния на процесс обогащения калийных руд**

Аммаев С.А. Сарыев М.Д.

Белорусский национальный технический университет

В сильвинитовых рудах примесь хлористого магния находится, как правило, в форме карналлита  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , и на стадии растворения руды полностью переходит в раствор, включая и кристаллизационную воду.

Хлористый магний оказывает большое влияние на растворимость хлоридов калия и натрия

На основе выполненных расчетов выявлены следующие общие закономерности с повышением хлористого магния в сильвините:

- возрастает концентрация  $MgCl_2$  в насыщенном и в маточном щелоках;
- также в рассоле возрастают удельные потоки насыщенного и маточного щелоков;
- с увеличением удельных потоков насыщенного щелока несколько возрастает суммарное количество испаренной воды на ВКУ;

- с повышением концентрации хлористого магния в щелоках ухудшается водный баланс фабрики и снижается коэффициент извлечения хлористого калия;
- с повышением концентрации  $MgCl_2$  в щелоках возрастают удельные потоки щелоков, в том числе маточного щелока, возвращаемого на подогрев и на растворение. Возрастание удельных потоков щелоков всегда отрицательно влияет на удельный расход тепловой энергии, т.е. удельный расход тепловой энергии увеличивается.

Таким образом, исследования по обогатимости руды Гарлыкского месторождения с повышенным содержанием  $MgCl_2$  (более 1,5 %), выполненные ВНИИ галургии и ОАО «Белгорхимпром» показали, что наиболее технологичным и экономичным методом для обогащения такой руды является флотационный способ.

Калийные удобрения содержанием  $KCl$  95% и выше не могут быть получены в данном случае из за высокого содержания в исходной руде хлорида магния. В будущем мы будем заниматься этими вопросами и получим требуемую калийные удобрения для наших земель.

Авторы выражают благодарность доценту к.т.н. Куптелю Г.А. за помощь в написании данной работы.

УДК 629.735

### **Актуализация проблемы захоронения радиоактивных отходов в соляных шахтах**

Косякин А.В., Борисов А.С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в мире наиболее актуальной является проблема поиска более "чистых" источников энергии. Большая часть электроэнергии на сегодняшний день получается из угля, нефтепродуктов и природного газа. Получение энергии из этих источников сопряжено с нанесением большого ущерба окружающей среде.

Современная наука пришла к выводу о то, что использование ядерной энергии является наиболее рентабельным и "чистым" в пересчете на 1 кВт мощности при учете всех процессов получения этой энергии: добыча полезного ископаемого, обогащение, его транспортировка, переработка и утилизация отработанного продукта.

В докладе рассматривается мировой опыт использования "мирного атома", как положительный, так и отрицательный. На базе этого сделано заключение, что безопасная эксплуатация атомных электростанций возможна при соблюдении всех мер предосторожности, т.к. все зарегистрированные проблемы были вызваны человеческим фактором.

В Республике Беларусь начато строительство атомной электростанции, что позволит производить большой объем электроэнергии по сравнительно малой стоимости. Большую часть стоимости "атомного электричества" формирует утилизация отработанного топлива и радиоактивного мусора, которые могут транспортироваться и утилизироваться за границей, либо на территории республики.

На основании работ МАГАТЭ по разработке принципов безопасности и технических требований было определено, что наиболее пригодны для сооружения могильников радиоактивных отходов необводненные слабопроницаемые геологические формации такие, как плотные скальные породы, глины и каменные соли. Оборудование таких могильников рекомендовано в районах с низкой или отсутствующей сейсмичностью и минимальными геологическими нарушениями.

В работе предложена схема подземного хранилища, рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и поставлены задачи для дальнейшего исследования.

УДК 553.632.04 (476)

### **Перспектива вовлечения в отработку забалансовых запасов калийных солей сосредоточенных в границах действующих шахтных полей**

Лукша Е.М., Иголка Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Производство калийных удобрений в связи с увеличением населения планеты, истощением пахотных земель и постепенным переходом на биологическое топливо становится все более актуальным. Республика Беларусь является крупнейшим поставщиком калийных удобрений – доля поставок на мировой рынок составляет около 16%.

Добычу калийных солей, а также их переработку и производство конечного продукта – минеральных калийных удобрений – осуществляет ОАО «Беларуськалий».

В связи с интенсивным погашением балансовых запасов на действующих рудниках ОАО «Беларуськалий» для поддержания рудной базы объединения в ближайшие 10–15 лет потребуются ввод в эксплуатацию новых мощностей. Одним из таких источников могут стать забалансовые запасы I и IV калийных горизонтов сосредоточенные в границах действующих шахтных полей объединения.

На Первом калийном горизонте предлагается вести очистные работы столбовой системой разработки с селективной выемкой из верхнего пласта силвинитовых слоев 3, 4 и 5 и закладкой галитовых прослоев 3-4 и 4-5 в выработанное пространство лавы. Данная технология разработки

позволяет достичь наилучших качественных показателей извлекаемой руды, обеспечить благоприятное распределение нагрузки на забойную крепь вдоль линии забоя лавы и снизить вероятность динамических проявлений при обрушении пород кровли.

На участках, где отработка Первого калийного горизонта столбовой системой разработки не представляется возможной, предлагается к применению комбайн барабанного типа. Конструкция используемого комбайна позволяет отрабатывать калийный пласт в диапазоне от 1,5 м до 2,4 м, что позволяет установить кондицию на минимальную мощность продуктивных калийных пластов при камерной системе разработки в размере 1,5 м.

Для обеспечения высокого качества добываемой руды и минимально возможного оседания земной поверхности на подрабатываемых площадях, выемку Четвертого калийного горизонта предлагается осуществлять селективным способом с применением частичной закладки ("бутовые полосы") выработанного пространства лавы.

УДК 504.55.054

### **Диоксины: последствия их воздействия на здоровье человека**

Римша Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Диоксины представляют собой смеси полихлордибензодиоксинов и полихлордибензофуранов, имеют высокую токсичность и длительный период полураспада, способны накапливаться в больших концентрациях в атмосфере, почве, продуктах и остатках процесса сжигания.

Действие диоксинов, находящихся в природной среде в небольших концентрациях, опасно еще и тем, что они практически не обнаруживаются обычными способами анализа. Источниками диоксинового загрязнения являются мусоросжигательные установки твердых и больших отходов из-за их неполного сжигания, а также побочные продукты ряда производственных процессов.

Несмотря на локальное образование диоксинов их можно обнаружить в любой части мира практически в любой среде. Самые высокие уровни этих соединений обнаруживаются в почвах, осадочных отложениях и пищевых продуктах, особенно в молочных, мясе, рыбе, моллюсках.

Кратковременное воздействие на человека высоких уровней диоксинов может привести к патологическому изменению кожи, изменениям функций печени. Длительное воздействие приводит к поражению иммунной системы, формирующейся нервной системы и репродуктивной функции. Накапливаясь в живом организме, диоксины являются причиной

многих онкологических заболеваний. В связи с повсеместным распространением диоксинов приемлемый уровень ежегодного поступления в организм человека не должен превышать 70 пикограмм/кг.

При использовании добавок при производстве корма для животных на основе бентонитовой глины в США в продуктах питания был обнаружен диоксин. Расследование загрязненной глины в месте ее добычи привело к заключению о естественном источнике диоксинов, появившемся в доисторические времена. Возникает вопрос: а не следует ли проводить контроль добываемых полезных ископаемых на наличие диоксинов?

Автор выражает благодарность доценту к.т.н. Куптелю Г.А. за помощь в написании данной работы.

УДК 622.777.4

### **Оценка возможности обогащения калийной руды Старобинского месторождения электрическим методом**

Паливода Э.Н., Куптель Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Разнообразие технологии обогащения сильвинитовой руды Старобинского месторождения ограничивается двумя методами: флотационный и галургический; в каждом из них есть свои достоинства и недостатки. Калийная руда Старобинского месторождения характеризуется большим содержанием нерастворимого остатка (Н.О.). А это значит, что при обогащении вышеперечисленными методами совместно с одной тонной полезного компонента перерабатывается около трех тонн пустой породы. Поскольку на снижение отрицательного влияния Н.О. на процесс флотации применяют многостадийное (5 стадий) обесшламливание, это усложняет технологию и, соответственно, увеличивает затраты на электроэнергию.

Также немаловажной проблемой является то, что предприятиями занимаются огромные территории под ведение шламохранилищ и солеотвалов, – что неблагоприятно сказывается на окружающей среде.

Поэтому предлагается освоить технологию, в основу которой положена возможность дробления сильвинитовой руды термическим методом в сочетании с электрическим обогащением. Термическая обработка сильвинитовой руды производится до температуры 400 °С, в результате чего происходит разрушение галитовой породы до 4-5 мм при сохранении в целостности кусков сильвинита богатых хлористым калием. Электрическое обогащение основано на контактной электризации с последующим разделением в электростатическом сепараторе либо реагентной обработке поверхности минералов с последующим

разделением их в электростатическом или коронном поле при температуре 40-80 °С.

Исходя из вышесказанного следует, что термическое дробление и электрическое обогащение можно осуществлять в подземных условиях, что позволит не подымать пустую породу на поверхность, а в результате уменьшить занимаемые площади под шламохранилища и солеотвалы.

Термическое дробление и электрическое обогащение позволяет снизить количество оборудования для последующих процессов переработки; так, например, в отделении флотации поступала бы руда с более высоким содержанием полезного компонента, что позволит исключить обесшламливание или уменьшить количество его стадий, сократить количество перечистных операций флотации, а также вакуум-фильтров для обезвоживания хвостов и сгустителей для осветления маточного щелока, диаметр которых достигает 30 м.

УДК 622.331

### **Особенности организации усреднительных складов на горном предприятии**

Ковалева И.М.

Белорусский национальный технический университет

Чтобы обеспечить поставку минерального сырья с заданными характеристиками, кроме надежной геологической информации, необходима четкая программа регулирования всех процессов горных работ, одним из элементов которой является усреднение. С целью стабилизации качественных характеристик минерального сырья в горных подотраслях промышленности строительных материалов применяют более 10 способов усреднения. Усреднение качества полезных ископаемых — это совокупность технологических и организационных мероприятий, проводимых с целью обеспечения необходимого постоянства качества твердых полезных ископаемых в процессе их добычи и первичной переработки.

Усреднительные склады бывают открытыми и закрытыми.

По способу складирования усреднительные склады делятся на железнодорожные, автомобильные и конвейерные

При проектировании усреднительного склада, помимо технологии организации склада, разрабатывается технология загрузки склада, схема последовательности разгрузки и перелопачивания породы в зависимости от значений качества поступающей породы.

Основное оборудование применяемое на усреднительных складах:

- ленточные конвейеры;

- укладчики;
- заборщики;
- усреднители;
- экскаваторы;
- погрузчики;
- вагоноопрокидыватели;
- дробильно-фрезерные машины;
- перегрузочно-усреднительные комплексы.

Правильно выбранный способ организации склада и средства механизации отвальных работ должны обеспечивать:

- необходимую приемную способность при складировании пород;
- безопасные условия работы людей и оборудования;
- низкую себестоимость работ и высокую производительность труда.
- простую и удобную организацию труда;
- максимальную автоматизацию.

УДК 567; 551.734.5 (476)

### **О позвоночных из речичских отложений верхнего девона на территории Беларуси**

Плакс Д.П.

Белорусский национальный технический университет

Первые упоминания о позвоночных из отложений речичского горизонта на территории Припятского прогиба относятся к Д.В. Обручеву. Здесь он определил пластинки антиарх *Bothriolepis* sp., а также чешуи и зубы саркоптеригий *Holoptychius* sp., *Onychodus* sp., не позволяющие достоверно датировать возраст этого стратиграфического подразделения (Стратиграфические..., 1978). В начале 90-х годов прошлого столетия И.И. Урьевым были возобновлены целенаправленные поиски крупных хорошо определимых скелетных элементов рыб в кернах по речичскому горизонту. Первая и единственная находка была сделана им во время полевого сезона 1991 г. в керне скважины Бабынец Р28, вскрывшей отложения речичского горизонта. Эта скважина расположена в северной части Припятского прогиба. Рыбы были найдены на границе двух керновых интервалов: 3965,7-3973,5 м и 3973,5-3985,8 м. Керн с крупными хорошо сохранившимися остатками рыб был передан В.Н. Каратаюте-Талимаа и Ю.Ю. Валюквичюсу в Литовский геологический институт, где ими было установлено, что все фрагменты панцирей принадлежат одному виду – *Bothriolepis maxima* Gross. Палеонтологическую характеристику речичских отложений по позвоночным дополнил анализ ихтиофауны из образца пестроцветного аргиллита скважины Антоновская Р1 (юго-восточная часть

Припятского прогиба, гл. 4029,4 м). Здесь были установлены остатки рыб: *Bothriolepis* sp., *Holoptychius* sp. cf. *H. nobilissimus* Ag., *Rhinodipterus* sp. и единичные чешуи акантодов *Devononchus laevis* (Gross) (Урьев и др., 1992; Esin et al., 2000). Дополнительные данные по ихтиофауне этого горизонта были получены автором данного сообщения. Представительный комплекс рыб был установлен им в скв. Жлобин 389 (инт. 184,0-201,7 м) в мергелях доломитизированных. Он представлен отдельными пластинками *Bothriolepis maxima* Gross и чешуями *Holoptychius* cf. *nobilissimus* Ag. (Плакс, 2008). Руководящим и зональным видом для этого комплекса является *Bothriolepis maxima* Gross.

В заключение стоит отметить, что отложения речичского горизонта франского яруса верхнего девона на территории Беларуси сравнительно хорошо охарактеризованы ихтиофауной. Они по плакодермам соответствуют зоне *Bothriolepis maxima*, что позволяет коррелировать их со снежским горизонтом Главного девонского поля (Девон..., 1981; Esin et al., 2000), а также с петинским горизонтом на территории Центрального девонского поля (Обручева, Обручева, 1977; Esin et al., 2000).

УДК 622.7.017.2

### **Современные тенденции технологии и техники обесшламливания высокоглинистых калийных руд**

Турко М. Р., Стромский А. С., Миськов Е. М.,  
Белькевич Т. И., Соловьева Л. А.  
ОАО «Белгорхимпром», г. Солигорск

В последнее время при обогащении руд Старобинского месторождения растет тенденция увеличения содержания глинисто-карбонатных минералов в руде и снижения содержания хлористого калия. В условиях изменяющейся сырьевой базы возникает необходимость совершенствования процессов обесшламливания сильвинитовой руды гидромеханическим и флотационным методами.

Схема переработки калийной руды усложняется, если содержание нерастворимых шламов превышает 1%, которые распределяются в рудном теле в виде тонких прослоев и вкрапленностей [1]. Содержащиеся в руде водонерастворимые примеси находятся в виде частиц крупностью 20-30 мкм, причем около 40% глинистых шламов имеют размер менее 1 мкм.

Водонерастворимые примеси представлены глинистыми (алюмосиликаты) и карбонатными (кальцит, доломит) минералами, легко шламуемыми в солевом растворе. Глинисто-карбонатные шламы активно сорбируют катионный собиратель, ухудшая флотацию соляных минералов. Отрицательное влияние шламов на катионную флотацию в



солевых растворах проявляется в большей степени, чем при проведении флотации в воде.

Из результатов анализа технологии и техники обесшламливания высокоглинистых калийных руд вытекает следующее:

- при флотационном обогащении высокоглинистых сильвинитовых руд широко используются комбинированные многостадийные (3–5 стадий) схемы обесшламливания гидромеханическим и флотационным методом с обработкой шламовых продуктов, для снижения потерь KCl, на противоточной промывке (ПТП) и регулируемой вакуум-кристаллизационной установке (РВКУ);
- флотация глинисто-солевых шламов осуществляется на различного типа флотомашинах (преимущество пневматических и пневмомеханических) с применением диспергаторов, флокулянтов и собирателей шламов;
- в последние годы проводятся испытания новых реагентов (флокулянтов и собирателей шламов) и исследования по разработке сухих методов обесшламливания сильвинитовых руд.

#### Литература:

1. Желнин, А. А. Теоретические основы и практика флотации калийных солей/ А. А. Желнин. – Л.: Химия, 1973. – 184 с.

УДК 622.7.017.2

### **Использование реагентов растительного происхождения при обогащении сильвинитовых руд флотационным способом**

Савеня А. Б., Коратченя Т. Н., Коробейников С. Е., Алешко А. М.  
ОАО «Белгорхимпром», г. Солигорск

Ассортимент реагентов, используемых во флотационном переделе рудного сырья, играет весьма значительную роль в эффективности работы флотационной фабрики и влияет на экономические показатели процесса обогащения. С целью снижения себестоимости производства калийной продукции производителями ведется поиск новых недефицитных и недорогостоящих реагентов, обеспечивающих эффективное разделение руды широкого диапазона крупности с высоким содержанием Н.О. В данном случае, к исследованиям по вопросу рациональности использования могут быть предложены реагенты, произведенные на базе растительного сырья.

Нами проведены исследования флотоактивности образцов аминов собирателей сильвина растительного происхождения производства компании «INDO AMINES LIMITED» (Индия) в сравнении с аминами аналогичного действия компаний «CLARIANT» (Германия) и «AKZO

NOBEL» (Нидерланды) [1], производящих реагенты на базе синтетических жиров.

Опыты по флотации КС1 из руды Палашерского участка Верхнекамского месторождения крупностью  $-1,4$  мм с использованием аминов, полученных из сырья растительного происхождения, показали, что из пяти представленных к испытаниям образцов наибольшая селективность флотационного процесса была достигнута при использовании амина марки *Стеариловый*. На основании анализа контролируемых в промышленности параметров аминов было установлено, что данный образец отличается высоким содержанием первичного амина и низким показателем йодного числа. Фракционный анализ данного амина показал наличие в основном фракции углеводородного радикала  $C_{16}$  и  $C_{18}$  (используется в основном для ведения флотации сильвина средней крупности). Соотношение  $C_{18}:C_{16}$  составляет 2,59.

Исследование собирательной флотационной активности амина *Стеарилового* показало, что данный образец может использоваться как индивидуально, так и в смеси с другими марками аминов, и может быть рекомендован к промышленному применению.

#### Литература:

1. Исследование реагентов растительного происхождения и отработка реагентных режимов при флотации сильвина из руды по проектной схеме: отчет о НИР / ОАО «Белгорхимпром»; рук. темы А. С. Стромский. – Минск, 2013. – 99 с.

УДК 622.363.2.001.57

### **К вопросу о применении многокритериального подхода для оптимизации задач горного производства**

Шпургалов Ю.А., Шпургалова М.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Не требует доказательства утверждение о том, что все имеющие практическое значение оптимизационные задачи горного производства являются многокритериальными. Вместе с тем, многие такие задачи формализуются, как однокритериальные. Это объясняется тем, что при разработке алгоритма численного решения многокритериальных задач, последние, как правило, сводятся к однокритериальным. Вместе с тем, многокритериальные задачи по своей сути (формулировке, формализации и полученным с их помощью результатам) существенным образом отличаются от однокритериальных оптимизационных задач. Поэтому в данной работе предложен метод решения задач оптимизации параметров

горного производства, как многокритериальных задач. Формализовать многокритериальные задачи горного производства предполагается в виде, разработанном в [1]. Алгоритм получения численного решения формализованных таким образом задач заключается в следующем. Первым шагом решения задачи является ее преобразование к виду, в котором в качестве критерия выбрана суперпозиция (с весовыми коэффициентами) имеющих одинаковый смысл критериев исходной задачи (стоимость, объем, вес). Вторая часть критериев исходной задачи, для которых инженер исследователь, исходя из эвристического инженерного опыта, может определить их приемлемое значение для решения оптимизационной задачи, переводятся в условия задачи. Оставшаяся часть критериев переводятся в ограничения новой задачи. Следующим шагом является аппроксимация линейными зависимостями целевой функции, условий и ограничений новой задачи и определение интервалов изменения переменных, для которых такая аппроксимация будет приемлемой. В результате такого преобразования появляется возможность сведения изначальной оптимизационной задачи к задаче линейного программирования. Следующий этап решения задачи заключается в разработке способа решения задачи линейного программирования с использованием специальных пакетов программ, таких как Excel. Mat Lab. Предложенный метод апробирован на решении задачи оптимизации параметров технологических схем для второго горизонта четвертого рудоуправления ОАО «Беларуськалий».

#### Литература:

Шпургалов, Ю.А. Компьютерное моделирование принятия решений в производственных задачах: монография / Ю.А. Шпургалов. – Минск: БНТУ, 2009. – 217с.

УДК 622.363.2.001.57

### **Совершенствование метода вариантов для оптимизации параметров отработки участков шахтных полей**

Шпургалов Ю.А., Гец А.К., Шпургалова М.Ю., Андриевский М.П.  
Белорусский национальный технический университет

Очевидно, что задача оптимизация параметров отработки участков шахтных полей является актуальной, сложной научной задачей.

В данной работе разработан и апробирован способ (алгоритм) определения квазиоптимальных параметров отработки участков шахтных полей Старобинского месторождения. Он отличается от известных тем, что объединяет в себе достоинства метода вариантов и метода имитационного моделирования. Представляет собой решение трех

взаимосвязанных, взаимозависимых задач. Первая – сформировать множество возможных вариантов решения проблемы, имеющих практическое значение. Вторая – разработать способ оценки каждого из вариантов и выбор наилучшего. Третья – автоматизировать процесс численного (имитационного) эксперимента (вычисления целевой функции и ограничений вариантов). Изначально, по разработанному алгоритму, формируется множество возможных вариантов отработки 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, что является использованием метода имитационного моделирования. Поскольку оптимальное решение задачи находится не в результате решения экономико-математической модели, а в результате проведения численного эксперимента на этой модели. Из всех вариантов выбирается тот, у которого значение целевой функции имеет экстремальное значение. Предложенный метод пригоден и для решения многокритериальных экономико-математических моделей. Метод апробирован на решении практической задачи обоснования выбора квазиоптимальных параметров отработки участка шахтного поля второго калийного горизонта четвертого рудоуправления. Полученные с помощью этого метода результаты соответствуют результатам, полученным на основе эвристического инженерного анализа. Окончательный вывод о достоверности предложенного метода можно сделать после проведения его опытной эксплуатации на практических задачах.

УДК 622.1:528.022.62

### **Ориентирование глубоких горизонтов рудников**

Кузьмич В.А.<sup>1</sup>, Кологривко А.А.<sup>1</sup>, Юсупова А.С.<sup>2</sup>, Сторожилов Ю.В.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Уральский государственный горный университет

Развитие горно-химической отрасли Республики Беларусь требует новых направлений в области ориентирования глубоких горизонтов рудников. С глубиной стволов свыше 500 м необходимо применять гироскопический способ ориентирования подземных маркшейдерских опорных сетей, так как данный способ единственный обеспечивает

необходимую точность и надежность. К эксплуатационным характеристикам гироскопических приборов предъявляются высокие требования. В связи с этим совершенствуются классические гироскопы, либо создаются совершенно новые гироприборы. В Российской Федерации (г. Екатеринбург) специалистами филиала ФГУП НПОА «ОКБ Автоматика» создан не имеющий в мире аналогов волоконно-оптический гирокомпас ВОГК-2. Прибор предназначен для определения дирекционного угла заданного направления при установке его на неподвижном относительно Земли основании.

Авторами был проведен геометрический анализ первоначальной информации, выдаваемой гирокомпасом ВОГК-2. В задачу исследования входило получить развернутую геометрическую характеристику первоначальной информации. Фундаментом для исследования данных взяты методические основы анализа динамических рядов, разработанные профессором А.В. Гальяновым (РФ, г. Екатеринбург, Уральский государственный горный университет). Проведенные исследования первоначальной информации, выдаваемой гирокомпасом ВОГК-2, позволяют сделать вывод о том, что данная информация оценивается как случайный процесс, что позволяет вести ее обработку по предложенной методике. Распределения полупериодов, амплитудное распределение, нормированная спектральная плотность и спектральная функция динамических рядов первоначальной информации подчиняются закону распределения (экспоненциальному и нормальному), что полностью гармонируют с методическими основами анализа динамических рядов. Отклонения сигнала от среднего значения колеблются в допустимых пределах. Гирокомпас ВОГК-2 отвечает требованиям точности ориентирования подземных горных выработок. Гирокомпас ВОГК-2 надежен и удобен в использовании, установка прибора и определение дирекционного угла производится в течение нескольких минут. Определение дирекционного угла гирокомпасом ВОГК-2 может быть рекомендовано при ориентировании глубоких горизонтов действующих и перспективных рудников ОАО «Беларуськалий».

УДК 528.512

### **Поправка на провес мерной ленты**

Багильдз Д.Ю., Лазовская О.Ю., Лыбко В.В.,  
Шумская Т.Г., Смоляков В.В.

Белорусский национальный технический университет

В маркшейдерско-геодезической практике мерной лентой измеряют расстояния на весу под постоянным натяжением динамометром. При этом

поправку на провисание мерной ленты  $\Delta l_{\text{П}}$  определяют опытным путем.

При определении поправки на провес мерной ленты ЭНКОР–ОК Н5013 динамометра в наличии не было. Работа проводилась следующим образом. На расстоянии друг от друга устанавливалось два штатива на одной высоте с контролем по горизонтальному визирному лучу теодолита 2Т-30. Через верх штативов натягивалась мерная лента, пять раз брались отсчеты по ленте и записывались в журнал. Затем пятикратно измерялось горизонтальное расстояние между штативами лазерным дальномером DLE 70 Professional. Стрелу провеса вычисляли по формуле

$$f = \frac{l^2 180^\circ}{8\pi^2 R},$$

где  $l$  – измеряемое расстояние;  $R$  – радиус Земли.

Стрелу провеса определяли для ряда длин провисания рулетки: 10, 20, 30, 40, 50 м. Далее рассчитывали для данного типа рулетки поправки на провисание участков различной длины. Результат вычислений представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Результат вычислений

Расстояние, м	Поправка на провисание мерной ленты $\Delta l_{\text{П}}$ , мм
10	0,0003
20	0,003
30	0,013
40	0,029
50	0,058

В результате измерений и вычислений поправки в измеряемые длины за провес рулетки получились пренебрежимо малы (меньше 1 мм). Можно сделать предположение, что во время измерений натяжение рулетки было неоправданно сильное.

Авторы выражают благодарность преподавателю кафедры «Горные работы» Кузьмич В.А. за помощь в написании данной работы.

УДК 622.7

### **Регулируемая вакуум-кристаллизационная установка и её использование в производстве хлористого калия**

Джуммиев Д.Б.

Белорусский национальный технический университет

Соединения калия находят широкое применение в различных областях народного хозяйства: черной и цветной металлургии, производстве строительных материалов, пиротехнике, электрохимии, фотографии,

текстильной, стекольной, фармацевтической, целлюлозно-бумажной, химической промышленности, в производстве хромита, каустика. Однако, только 5–6% выпускаемой калийной продукции используется в промышленных целях, остальное количество – соединения калия, вырабатываемые в виде растворимых солей, применяют в сельском хозяйстве в качестве минеральных удобрений.

Калийные соли, используемые в основном в качестве минеральных удобрений, имеют наибольший вес среди продукции галургических производств. В основе *галургического* (химического или гидротермического) метода лежит частичное растворение хлорида натрия и, по возможности, полное растворение хлорида калия из сильвинита в горячих щелоках с последующим выделением из них при охлаждении готового продукта. *Кристаллизацией* называется процесс образования и роста кристаллов из растворов, расплавов и из газовой среды.

Для кристаллизации в калийном производстве используются *регулируемые вакуум-кристаллизационные установки* (РВКУ). Вакуум-кристаллизаторы с регулируемым ростом кристаллов используют для получения крупнокристаллического продукта. В таких аппаратах создается циркуляция раствора с тем, чтобы не возникали условия для значительного пересыщения раствора и образования новых центров кристаллизации, а свежий раствор смешивают с большим количеством суспензии, содержащей кристаллы продукта. Кристаллизаторы данного типа снабжены отстойной камерой, а иногда и классификатором, благодаря чему получают крупные кристаллы. Данный способ перспективен тем, что можно получить концентрат желаемых размеров (3–4 мм) и тем самым уменьшить нагрузку на дальнейшие операции, добавив в действующий технологический процесс получения хлористого калия лишь 2–3 ступени в РВКУ.

Автор выражает благодарность доценту, к.т.н. Куптелю Г.А. за помощь в написании данной работы.

УДК 622.1:528.022.62

### **Исследование точностных характеристик электронных тахеометров**

Гальянов А.В.<sup>1</sup>, Юсупова А.С.<sup>1</sup>, Кузьмич В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Уральский государственный горный университет,

<sup>2</sup> Белорусский национальный технический университет

Программа исследований предусматривала 50-ти кратное единовременное измерение углов одним полным приемом инструментами

с паспортной характеристикой точности измерения углов 5" (Leica TCR805, Vega TEO5) и 2" (Stonex STS 2RP, Trimble 3601DR) в лабораторных условиях на коллиматоре универсальном УК-1, что исключало погрешности центрирования и взятия отсчетов. На погрешность измерения углов оказывала в основном ошибка визирования. Характер распределения этой ошибки представлен в виде корреляционных полей при совместном рассмотрении результатов отсчетов "замыкания" при круге лево (КЛ) и круге право (КП). По полученным результатам была составлена сводная таблица фактических и теоретических точностных характеристик исследуемых инструментов (таблица 1).

Таблица 1 – Значения теоретических и фактических точностных характеристик полученных при исследовании

Инструмент	Средняя квадратическая погрешность измерения угла				Интервал изменения ошибки измерения	
	паспортная		фактическая		Горизонт. угол	Верт. угол
	Горизонт. угол	Верт. угол	Горизонт. угол	Верт. угол		
Trimble 3601DR	1,5"	„ 1,5	1,07"	1,5"	±3"	±4"
Stonex STS 2RP	2"	2"	1,8"	„ 1,55	±6"	±6"
Leica TCR 805	5"	5"	1,8"	1,6"	±5"	±5"
Vega TEO 5	5"	5"	2,2"	2,8"	±6"	±8"

В результате, для инструментов с точностью измерения углов 2" и заявленной как средняя квадратическая погрешность (СКО), полученные фактические значения средней квадратической погрешности принимают значения совпадающие или близкие к паспортным. Для приборов с паспортной точностью измерения углов 5" фактические результаты СКО оказались в два раза меньше паспортных. Однако для инструментов с точностью измерения углов 5" наблюдается совпадение значений интервалов распределения ошибок измерения с паспортными значениями.



**Инновационные  
технологии в геодезии  
и картографии**

## О возможности расширения практического применения спутниковых систем позиционирования

Подшивалов В. П., Селезнев С. В., Куксик Е. А.  
Белорусский национальный технический университет

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) представляют самые широкие возможности в координировании различных объектов, независимо от их назначения, формы и размеров. Вместе с тем ГНСС генерируют геоцентрические общеземные системы координат, которые могут быть преобразованы в общегосударственные системы координат на плоскости геодезической проекции, например, для стран СНГ – проекция Гаусса-Крюгера. При геодезическом обеспечении различных отраслей хозяйственной деятельности, как правило, используют локальные системы координат с целью уменьшения искажений отображенных на плоскости геометрических образов и удобства их практического применения. Нами разработана общая теория и общий алгоритм вычислений для класса конформных проекций, с одной стороны, объединяющие как частные случаи, известные в мировой практике геодезические проекции, с другой стороны, – допускающие формирование новых проекций, удовлетворяющих требованиям критерия Чебышева-Граве для отображаемых территорий произвольной формы и размеров. В этом случае получается проекция с минимально возможными искажениями для изображаемой территории. Это существенно упрощает практическое применение систем плоских координат на практике. В общем алгоритме вычислений одно-единственное уравнение, которое мы назвали характеристическим уравнением, определяет конкретный вид проекции. Оно выражает уравнение изображения осевого меридиана в виде гармонического ряда по степеням разложения приращений изометрических координат от центральной точки изображаемой территории.

Формирование проекции, удовлетворяющей требованиям теоремы Чебышева-Граве для изображаемой территории, производится на основе композиции конической Ламберта и поперечно-цилиндрической Гаусса-Боага проекций. Уравнение изоколы (линии равных искажений) имеет выражение

$$\frac{d_1 x^2 + d_2 y^2}{2m_0 (m - m_0) R_0^2} = 1 \quad d_1 + d_2 = 1$$

Здесь  $d_1$ ,  $d_2$  – композиционные коэффициенты, допускающие различные значения и характеризующие степень участия в композиции конической и поперечно-цилиндрической проекций.

## Уравнивание спутниковых измерений с учётом закона распределения ошибок

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

До начала 90-х годов определение закона распределения ошибок было сложным и трудоёмким процессом, поскольку его выполнение необходимо было осуществлять с помощью статистических таблиц, таких как таблицы стандартного нормального распределения и распределения хи-квадрат. Однако, по мере развития компьютерных технологий, необходимость в этих таблицах отпала.

Традиционно считается, что распределение ошибок в геодезических измерениях соответствует нормальному закону распределения. Однако, как показывают результаты последних зарубежных исследований, спутниковые измерения, выполненные даже в благоприятных условиях, зачастую имеют то или иное отклонение от нормальности. Например, в опубликованной работе немецких учёных [Mayer. M. On the probability distribution of GNSS carrier phase observations / M.Mayer, B.Heck, X.Luo. – GPS Solutions. 2011. – v. 15, issue 4. – P. 369-379] выявлено соответствие нормальному закону лишь в 20% измерений базовых линий, выполняемых немецкими исследователями на протяжении трёх лет.

В случае отличия закона распределения от нормального, для нахождения оценки математического ожидания необходимо использовать уже не среднее арифметическое, а например, для распределения Лапласа – медиану, для равномерного распределения – среднее между минимальным и максимальным значением в выборке случайных величин (при параметрическом уравнивании – в векторе свободных членов  $L$ ).

Для уравнивания GNSS-измерений с учётом закона распределения ошибок, можно использовать метод  $L_p$ -оценок, называемый в зарубежной литературе IRLS (Iteratively reweighted least squares). Данный метод позволяет производить уравнивание при различных степенях  $1 < p < 2$ . Данный метод является устойчивым к наличию в исходных данных небольшого числа грубых измерений и даёт в отличие от метода наименьших модулей уникальное решение. Однако, при показателе степени  $p$  близком к единице, для сходимости метода, требуется увеличивать количество итераций, что на современном уровне развития вычислительной техники не является большой проблемой. Данное обстоятельство открывает большие перспективы для использования метода  $L_p$ -оценок в геодезическом производстве.

## **Анализ современных методов определения возмущающего потенциала в эллипсоидальной аппроксимации**

Ларионов А. А.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

В современных условиях значительно повышаются точностные требования определения возмущающего потенциала  $T$ . Поскольку большинство существующих методов его определения основано на сферической аппроксимации, важным является исследование и анализ решений, которые предусматривают эллипсоидальную коррекцию.

Как известно, возмущающий потенциал является гармонической функцией на поверхности геоида, что позволяет для его определения во внешнем пространстве использовать метод краевых задач. Классическим решением является формула Стокса, представляющая собой решение третьей краевой задачи на сфере, что обуславливает абсолютную ошибку определения высот геоида до 0,2 м в глобальном масштабе.

Условно все подходы, можно разделить на три категории: 1) методы, основанные на построении функции Грина для эллипсоидальной Земли (решение Молоденского); 2) коррекция значений на граничной поверхности (метод Морица); 3) применение эллипсоидальных функций (решение Мартинеца и Графаренда). Все методы позволяют найти эллипсоидальную поправку для решения Стокса, при этом в результате абсолютная ошибка определения высот геоида не превышает 2 мм.

Наиболее простым можно назвать подход Морица (1974), в котором предусматривает эллипсоидальная коррекция аномалий силы тяжести. Решение ведется в терминах геодезических координат. Наиболее сложным и комплексным является решение Мартинеца и Графаренда (1997), в котором результате решения дифференциального уравнения Лапласа с использованием эллипсоидальных функций, формулируется краевое условие для поверхности эллипсоида, а возмущающий потенциал выражается в терминах эллипсоидальных координат.

Для сравнительной численной оценки рассматриваемых методов использовался синтетический набор данных, созданный с использованием глобальной модели геопотенциала EGM96 и представленный в виде сетки  $30' \times 30'$ . Проведенные исследования показали, что решение Мартинеца и Графаренда характеризуется наибольшей точностью, в то время как остальные подвержены ошибкам аппроксимации, связанными с поверхностными сферическими гармониками первой степени.

**Геодезическое обеспечение землеустройства и кадастра на основе развития спутниковых технологий на территории Республики Беларусь**

Ларионова Е. В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Современные тенденции развития кадастра и землеустройства выдвигают повышенные требования к точности, актуальности и оперативности получения геодезических данных. Требования основываются на расширении круга задач, решаемых с использованием спутниковых технологий.

Поддержание необходимого уровня системы геодезического обеспечения землеустроительных и кадастровых работ связано с ее постоянным совершенствованием на основе новейших достижений науки и техники. Так, на базе системы спутниковой сети точного позиционирования (ССТП) Минского региона создана и развивается ССТП Республики Беларусь, которая обеспечивает высокоточное определение координат и высот в режиме реального времени (RTK) на основе применения принципа спутниковой дифференциальной системы. Этот принцип основан на использовании систем дифференциальной коррекции, которые обеспечивают некоторую территорию информацией о дифференциальных поправках. Поправки представляют суммарный эффект от разных источников ошибок, действие которых усиливается с увеличением расстояния от опорной станции. Поправки могут вводиться в режиме реального времени или учитываются после измерений в ходе вычислений координат (режим постобработки).

На 1 марта 2014 г. ССТП Республики Беларусь состоит из 63 постоянно действующих пунктов. В качестве базовых станций используют геодезические пункты с известными с заданной точностью координатами. При обработке информации для определения координат объектов с высокой точностью используется сетевое решение относительно ближайших референцных станций. Сетевое решение обеспечивает получение координат потребителя RTK режима с уровнем ошибок в плане порядка 2-3 см, а в режиме постобработки – на уровне 5 мм.

Создание и функционирование сети постоянно-действующих базовых станций обеспечивает: 1) повышение качества выполняемых работ за счет использования высокоточных исходных данных, 2) упрощение организации и увеличение экономической эффективности работ по развитию съемочного обоснования при выполнении землеустроительных, топографических и других работ. Геодезическая информация о базовых станциях может быть использована в качестве основы в ГИС различного уровня, системах ведения кадастров и реестров различного назначения.

Совершенствование системы геодезического обеспечения невозможно без дальнейшего развития спутниковых технологий. Они способствуют качественному решению задач современного землеустройства,

пространственного анализа, планирования и организации эффективного использования материальных и природных ресурсов Республики Беларусь.

УДК 528.48

**Изучение геодинамических явлений –  
основа экологической безопасности АЭС**

Михайлов В.И., Коляго М.Л., Нупрейчик Е.А.  
Белорусский национальный технический университет.

Изучение геодинамических явлений и процессов имеет большое значение при строительстве и эксплуатации АЭС. Для этого проанализируем карту современных вертикальных движений земной коры Беларуси (Хотько Ж.П., 1974). На карте выделяется зона резкого изменения скоростей современных вертикальных движений (до 5 мм/год), которая простирается с севера на юго-восток, где она пересекает Чернобыльскую АЭС.

Если рассматривать произошедшие за небольшой исторический период землетрясения, то оказывается, что все они были локализованы вдоль зоны сгущения изобаз. Некоторые из них достигали 6-7 баллов и относятся к очень сильным, способным вызвать существенные разрушения.

Республика Беларусь со всех сторон окружена АЭС. Выбрана площадка и начато строительство Белорусской АЭС в районе г. Островец. Учитывая печальный опыт Чернобыля, для республики первостепенное значение имеет экологическая безопасность собственной станции. Величина расчетного максимального землетрясения для района расположения Островецкой площадки принята семь баллов, что на наш взгляд, недостаточно.

Принимая во внимание изложенные обстоятельства, на площадке и вокруг нее для проведения исследований были построены нивелирные сети большой плотности протяженностью 144,6 км. Общее количество геодезических пунктов – 70, из них 13 закреплены глубинными реперами.

С целью изучения современных горизонтальных деформаций созданы три локальных построения в виде геодезических треугольников. Для спутниковых измерений было отобрано 17 пунктов, из которых 13 – глубинные реперы.

На нивелирной сети I и II классов геодинамического полигона АЭС проведено по 6 циклов геодезических измерений с периодичностью один раз в год. В результате установлено, что в зонах тектонических разломов происходит сжатие земной поверхности, а вертикальные движения реперов колеблются от -1,8 до 4,2 мм/год.

**Экспериментальный геодезический мониторинг  
Солигорских солеотвалов на основе инновационных технологий**

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

Интенсивная разработка Старобинского месторождения калийных солей связана с образованием галитовых отходов – солеотвалов, которые увеличиваются ежегодно и достигли уже 120-150 м в высоту, по площади до 3000 га, и более 1,5 млрд. т в объеме. Это приводит к активизации геодинамических процессов, засолению грунтов и подземных вод. Поэтому изучение галитовых отходов инновационными технологиями – один из наиболее эффективных путей к охране окружающей среды.

Геодезические работы по измерению рельефа солеотвала включают:

- создание с помощью GPS-системы планового и высотного обоснования по его периметру и на трассе перемещения техники по солеотвалу;
- экспериментальные измерения рельефа галитовых отходов электронным тахеометром с безотражательным режимом;
- импорт координат пикетных точек в программный комплекс LISCAD Plus, в котором формируется цифровая модель солеотвала (ЦМС);
- изучение ЦМС, ее анализ и интерпретация.

Более точный способ экспериментального мониторинга солевых отвалов – лазерное сканирование сканером Leica ScanStation C10. Для получения данных о солеотвале выполняются операции с нескольких станций, обеспечивающих полный его обзор. Результаты съемки вводятся в компьютер, «сшиваются», и таким образом, получается цифровая модель исследуемого объекта.

Преимущество лазерного сканирования заключается в полном автоматическом сканировании солеотвала, что исключает субъективный фактор, например, исполнителем тахеометрической съемки. Сопоставительный анализ современной методики слежения за изменением рельефа галитовых отходов показал неоспоримое преимущество последней в том, что существенно возрастают точностные характеристики съемки. Кроме этого, полевые работы для съемки одного солеотвала требуют одну-две недели, тогда как с использованием лазерного сканера их можно выполнить в течение одного дня. Все это позволяет значительно уменьшить время для получения цифровой модели объекта и повысить эффективность различных мероприятий по улучшению состояния окружающей среды.

**Исследование деформаций земной коры инструментальными методами в Полоцком регионе**

Шароглазова Г.А.

Полоцкий государственный университет

Полоцкий регион, представленный в геолого-тектоническом аспекте Полоцко-Курземским поясом тектонических разломов, является интересным объектом геодинамических исследований, при выполнении которых максимально обеспечен комплексный /подход различных наук о Земле: геодезии, геофизики, геологии и сейсмологии. С 2005 по 2013 год на этом профиле ежегодно выполнялись высокоточные геодезические и геофизические измерения, комплексная интерпретация которых позволила получить информацию, уточняющую местоположение тектонических разломов и их активности в текущее время.

Основные результаты геодезических исследований в Полоцком регионе следующие:

1. Получены пространственно-временные графики современных вертикальных движений земной коры на период 2004-13 гг. и диаграммы изменения длин линий на период 2004-13 гг. на Полоцком микрополигоне, которые подтвердили современную активность пересекаемой профилем сетки разломов;

2. Выделены пять тектонических блоков на профиле и установлено, что распределение деформаций земной коры на нем носит квазипериодический характер;

3. Комплексный анализ данных нивелирования и спутниковых измерений указал на дифференцированный характер деформаций по установленным тектоническим блокам;

4. Установлена закономерность, основанная на квазипериодическом характере поведения нивелирных реперов по линии профиля, описываемая тригонометрическим рядом Фурье с периодом порядка 5,6;

5. Выполнен анализ результатов вычислительных экспериментов моделирования геодинамических процессов на Полоцком профиле по 10 циклам нивелирования, свидетельствующий о проявлении здесь многочисленных короткопериодических движений земной коры на фоне длиннопериодической (закономерной) составляющей этих движений;

6. Составлена модель прогноза поведения реперов на последующие годы.



**Использование географической информационной системы  
«Карта 2008» в учебном процессе**

Грищенко Е.В., Шнитко С. Г.

Полоцкий государственный университет

Приводится существующий опыт и перспективы использования программного обеспечения ГИС «Панорама» в учебном процессе при изучении различных дисциплин на кафедре прикладной геодезии и фотограмметрии.

Как известно, геоинформатика позволяет интегрировать различные дисциплины в единую систему. В рамках геодезического образования использование геоинформационных систем возможно при изучении таких дисциплин как информатика, непосредственно геодезия, топография, картография, инженерные изыскания, высшая геодезия. Интеграция дисциплин позволяет развивать системный подход к обучению, что повышает качество образования, формирует у студентов целостное понимание задач, которые ставятся перед геодезистами.

Основы геоинформатики на кафедре прикладной геодезии и фотограмметрии изучаются в рамках дисциплины «ГИС в геодезии». Помимо этого рассматриваются возможности ГИС для решения задач, изучаемых в рамках других дисциплин. Так, например, различные расчеты по карте, в том числе расчеты с использованием цифровых моделей рельефа являются ни чем иным как аналитическими функциями ГИС.

В настоящее время на кафедре широко используется ГИС «Панорама», в частности ГИС «Карта 2008». Данная ГИС имеет следующие достоинства, которые важны для специализации прикладной геодезии:

- возможность создавать цифровые карты и планы с соблюдением правил картографии и системы условных обозначений;
- широкие возможности импорта и экспорта данных;
- широкий перечень аналитических функций, позволяющий решать многие инженерно-геодезические задачи по карте.

В данной программе усилиями преподавателей и студентов создаются электронные карты, которые являются аналогами бумажных учебных карт. Например, создана электронная учебная карта «Снов» масштаба 1:10000. Также разрабатываются методические материалы по использованию цифровой карты при решении различных инженерно-геодезических задач.

В перспективе – создание на основе ГИС базы учебных геодезических данных, к которой преподаватели и студенты будут иметь доступ через локальную компьютерную сеть или интернет.

**Представление результатов геодинамических исследований  
с использованием ГИС-технологий**

Бодрая А.В.

Полоцкий государственный университет

К настоящему времени назрел вопрос создания системы картографического обеспечения геодинамических исследований, которая позволила бы выявлять пространственно-временные особенности и изменения регистрируемых геодинамических параметров. В полной мере это может быть обеспечено только с использованием ГИС-технологий, что позволит проводить геодинамический мониторинг, обновлять базы данных, систематизировать и визуализировать полученные результаты в виде различных тематических карт, выявлять взаимообусловленности различных тектонических факторов на состояние земной коры.

На основе международного опыта разработан макет ГИС-проекта «Геодинамические процессы и их последствия на территории Республики Беларусь», включающий следующие темы:

- Геологическая обусловленность аварий на магистральных трубопроводах;
- Взаимообусловленность техногенных и тектонических влияний на состояние земной коры в районе Припятского прогиба.

Для наглядного подтверждения проведённых исследований о наличии фактора геологической обусловленности аварий на магистральных трубопроводах было произведено наложение трассы магистрального трубопровода с нанесенными местами аварий на карту современных движений земной коры. Это дает возможность говорить о том, что концентрация аварий отмечается на участках либо с контрастными скоростями современных вертикальных движений земной коры (Полоцк–Браслав), либо с большими величинами скоростей (Припятский прогиб). При наложении мест аварий на трубопроводе относительно расположения основных тектонических разломов на территории Беларуси наглядным становится то, что в местах концентрации аварий трубопровод неоднократно пересекает различные тектонические структуры.

С помощью ГИС-проекта с карт сейсмических событий территории Беларуси за 2009-2011 годы были выделены эпицентры и послойно наложены на карту тектонических разломов Припятского прогиба. При анализе ГИС карты становится очевидным, что сейсмические события проявляются вдоль разломов различного направления (или их звеньев), а также сконцентрированы в зонах их пересечения.

**Классификация основных вейвлетов**

Скобенко О. В., Ярмоленко А. С.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Вейвлетное преобразование сигналов является обобщением спектрального анализа, типичный представитель которого – классическое преобразование Фурье. Английское слово *wavelet* (от французского «*ondelette*») дословно переводится как «короткая волна». В различных переводах зарубежных статей на русский встречаются термины: «всплеск», «всплесковая функция», «маловолновая функция», «волночка» и др.

Вейвлет-преобразование заключается в разложении исходного сигнала на вейвлет-функции путем их масштабирования и сдвигов. Такие функции обладают переменной частотой и конечной длительностью. Графическое отображение результата вейвлет-анализа принято называть вейвлет-коэффициентами. Также возможно выполнять и обратное преобразование, которое является результатом сверстки вейвлет-коэффициентов и вейвлет-функций. Вейвлет-преобразование (ВП) одномерного сигнала – это его представление в виде обобщенного ряда или интеграла Фурье по системе базисных функций сконструированных из материнского (исходного) вейвлета, обладающего определенными свойствами за счет операций сдвига во времени и изменения временного масштаба. Вейвлеты локализованы как во временной, так и в частотной областях.

Вейвлеты могут быть ортогональными, полуортогональными, биортогональными. Эти функции могут быть симметричными, асимметричными и несимметричными, с компактной областью определения или не имеющие таковой. Некоторые функции имеют аналитическое выражение, другие – быстрый алгоритм вычисления вейвлет-преобразования. Вейвлеты различают также степень гладкости.

Основные вейвлетообразующие функции, или материнские вейвлеты:

1) Вещественные непрерывные базисы: Гауссовы первого порядка, или WAVE-вейвлет; второго порядка, или МНАТ-вейвлет («мексиканская шляпа» – Mexican hat);  $n$ -го порядка; DOG – Difference of Gaussians; LP – Littlewood & Paley;

2) Вещественные дискретные: HAAR-вейвлет, или вейвлеты Хаара; FHAT-вейвлет, или «французская шляпа» (French hat);

3) Комплексные: Морле (Morlet); Пауля (Paul).

В настоящее время выбор вейвлетов довольно обширен. Только в пакете Wavelet Toolbox (MATLAB) представлено полтора десятка материнских вейвлетов, для ряда из них дано множество вариантов.

**Оценка информативности спутниковых данных  
для мониторинга состояния геологической среды**

Топаз А.А., Сивенков А.Ю.

Белорусский государственный университет

В настоящее время развитие космических методов тесно связано с региональными геологическими исследованиями, проведением мониторинга изменений существующей геологической среды в районах разработки месторождений полезных ископаемых. Запуск Белорусского космического аппарата открывает возможности организации мониторинга состояния геологической среды по снимкам, выполненными отечественными панхроматической и мультиспектральной съемочными системами.

В нашей стране основным поставщиком информации, полученной со спутников, является НИРУП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси. В соответствии с договором, заключенным между УП «Геоинформационные системы» и Белгосуниверситетом, географическому факультету БГУ были предоставлены архивные данные дистанционного зондирования Земли Белорусской космической система дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ БКСДЗ) за 2013 г. на территорию Минского, Витебского, Волковысского и Солигорского районов. Уровень обработки снимков – «3» (С).

Для решения задач геоэкологического мониторинга горнодобывающих территорий в содержание тематического классификатора были включены такие параметры, как типы и виды техногенных процессов в районах разработки месторождений твердых полезных ископаемых шахтным и карьерным способами, а также требуемые характеристики материалов ДЗЗ – характерный размер объекта, пространственное разрешение, спектральное разрешение. Технология цифровой обработки изображений на этапе предварительной оценки информативности полученных данных включала импорт изображений из формата TIFF, объединение многоканальных данных в единый файл, выбор оптимального варианта синтеза, слияние изображений с различным разрешением.

Полученные результаты по оценке информативности спутниковых данных свидетельствуют о возможности распознавания космогеоэкологических индикаторов в пределах горнодобывающих объектов, что позволит в дальнейшем составлять геоэкологические карты территорий разработки месторождений твердых полезных ископаемых на основе автоматизации процесса дешифрирования материалов космических съемок.

## **Влияние генерализации аэрокосмического изображения на дешифрируемость космических снимков**

Курьянович М.Ф., Шалькевич Ф.Е.

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»,  
Белорусский государственный университет

Под генерализацией изображения на аэрокосмических снимках понимается изменение пространственных и яркостных характеристик изображения (геометрическое и тоновое или цветовое обобщение рисунка изображения), обусловленное техническими (масштаб и разрешение снимков, метод и спектральный диапазон съемки) и природными факторами (влияние атмосферы, освещение, особенности территории). В отличие от картографической генерализации, носящей творческий целенаправленный характер, генерализация изображения на аэрокосмических снимках подчиняется объективным физико-техническим законам.

Исследования по изучению генерализации структуры почвенного покрова проводились на двух ландшафтах Белорусского Полесья – пойма Припяти и осушенная озерно-аллювиальная низина. В качестве исходных материалов для экспериментального дешифрирования использовались сканерные космические снимки разные по уровню генерализации и размеру пикселей: Landsat – 50 м; Aster – 30 м; Alos – 10 м; IRS – 6 м и белорусского космического аппарата (БКА) – 2,1 и 1 м.

Исследования показали, что изображение площадных объектов (лесных массивов) зависит от формы контуров, ориентировки по отношению к сетке пикселей и положения относительно линий сетки. Компактные массивы ортогональной ориентировки, изображение которых попадает в ячейки пикселей, сохраняются на снимках при их линейной площади; изображение вытянутых массивов, ориентированных под углом к сетке пикселей или попадающих на линии сетки, исчезают раньше. В нашем случае вытянутые контуры почв преобладают в гривистой пойме Припяти, а компактные на осушенной озерно-аллювиальной низине. На космических снимках с разрешением 10, 6 и 2,1 м, приведенных к масштабу 1 : 50 000, затруднительно графически выделить отдельные контуры. В масштабе 1 : 10 000 почвенный покров изображается с высокой детализацией, населенные пункты и другие отдельно стоящие объекты изображаются расплывчато.

Сопоставительное дешифрирование снимков показало, что географическое разрешение дискретных космических снимков с пространственным разрешением 6 м и крупнее соответствует уровню изображения отдельных почвенных разновидностей для масштаба 1 : 10 000, а с пространственным разрешением 30 м и крупнее – 1 : 50 000.

## Создание опорной геодезической сети для демаркации белорусско-латвийской государственной границы.

Карлович М.Ф., Утекалко В.К.

Белорусский национальный технический университет

Геодезической основой для выноса на местность и закрепления пограничными знаками линии делимитации Государственной границы, определения координат и высот пограничных знаков, создания демаркационных карт служат: в плановом отношении – пункты государственной геодезической сети 1, 2, 3 и 4 классов; в высотном отношении – пункты нивелирной сети I, II, III и IV классов.

Одновременно с обследованием пунктов государственной геодезической сети и восстановлением пунктов триангуляции и знаков нивелирования, производились работы по созданию опорной спутниковой геодезической сети с целью последующего координирования пограничных знаков на белорусско-латвийской границе.

Опорная спутниковая геодезическая сеть была образована системой замкнутых треугольников с вершинами, опирающимися на 29 пунктов триангуляции и 19 определяемых пунктов. Максимальное замыкание составило 37 мм в плане и 67 мм по высоте, что в среднем равно 11 мм и 31 мм соответственно. Уравнивание произведено с использованием стандартного пакета TGO версии 1.63.

В качестве исходных для определения высот были взяты все отметки пунктов триангуляции (ранее определены геометрическим нивелированием), кроме пункта Милюнцы, отметка которого известна только из тригонометрического нивелирования.

В качестве исходных для определения координат геодезической основы были взяты пункты триангуляции 1 и 2 классов в количестве 12 штук. При этом были получены координаты остальных 17 пунктов триангуляции, которые не были взяты исходными при уравнивательных вычислениях. Максимальное расхождение координат, полученных из GPS-наблюдений и выписанных из каталогов, составило 8 см в пункте триангуляции Блусова, минимальное – 1 см в пункте триангуляции Красногорка, что в среднем составляет 5 см.

Проведенные работы позволили создать требуемую плотность обеспечения пограничной полосы вдоль линии Государственной границы пунктами геодезической сети сгущения в пределах не менее одного пункта на каждые 2–3 км длины Государственной границы с учетом геометрии демаркационной линии.

В соответствии с расчетом при обосновании требуемой точности построения геодезических сетей для целей демаркации границы достаточная плановая точность определения координат центрального (полигонометрического) столбика составляет:

- средняя квадратическая погрешность  $M_{\text{ср}} \leq 30$  см;
- предельная средняя квадратическая погрешность  $m_{\text{ср, пред}} \leq 60$  см.

## Современное состояние геодезии в Республике Грузия

Мкртычян В.В., Гарячий Г.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Республика Грузия – парламентская Республика. Площадь – 69 700 км<sup>2</sup>. Население – 4 490,500 человек. После развала Советского союза геодезическая отрасль была в составе землеустроительной службы. С 2004 года – в структуре Национального агентства публичного реестра (НАПР) Министерства юстиции Грузии.

Геодезическая деятельность регулируется Законом Грузии о геодезической и картографической деятельности от 1998 года. Указом президента от 1999 года в Грузии введена государственная система координат GEONEN и сохранена Балтийская система высот 1977 года.

Создана высокоточная спутниковая сеть GEO-CORS которая состоит из пунктов А и В классов, включающая 20 пунктов. Пункты закреплены на местности специальными знаками, конструкция которых обеспечивает их стабильное положение. Все эти пункты являются постоянно действующими. На пунктах установлены спутниковые геодезические приемники Leica GNSS AR 25.

Выполнены нивелирные работы 1 и 2 классов современными цифровыми нивелирами на всей территории Грузии. На 69 пунктах получены высоты, обеспеченные совмещенными спутниковыми и нивелирными измерениями. Следовательно, центры этих пунктов имеют как нормальные (из геометрического нивелирования), так и геодезические (из спутниковых измерений) высоты. По этим материалам получена модель квазигеоида на территорию Грузии с точностью 3 см. На шести пунктах выполнены абсолютные гравиметрические определения. На 43 пунктах выполнены определения ускорения силы тяжести относительным методом.

Топографо-геодезическая информация исключена из перечня сведений, составляющих государственную тайну, что существенно упрощает практическое применение топографо-геодезических данных для рационального обеспечения различных отраслей хозяйственной деятельности. Топографо-геодезическими и земельно-кадастровыми работами занимаются только частные компании. По состоянию на 2013 год зарегистрировано 115 компаний, в перечень видов деятельности которых включены геодезические и топографо-геодезические работы. Лицензирование топографо-геодезических работ в Грузии не предусмотрено.

### **Теоретические основы автоматизации формирования библиотеки проекций для ГИС**

Подшивалов В. П., Афанасьева Е. И., Довнар Е. А., Нестерович Н. Л.  
Белорусский национальный технический университет

Картографо-геодезическая основа ГИС формируется в настоящее время на основе библиотек картографических проекций, которые систематически пополняются. Вместе с тем применение на практике в качестве картографической основы наиболее подходящей из библиотеки проекции для решаемой задачи может вызвать затруднения по разным причинам.

Предлагается применить автоматизированную систему выбора проекции для формирования картографо-геодезической основы ГИС различного назначения, степени обобщения и точности изображаемых объектов. Преимущества предлагаемого пути формирования проекций ГИС:

- Возможность разработки и практической реализации единого программного обеспечения для изыскания проекции с управляемой формой изоколы на ЭВМ;
- Автоматизированный выбор на ЭВМ наилучшей проекции для конкретной ГИС на основе общего алгоритма вычислений;
- Достаточно точная и надежная (алгоритмическая) взаимосвязь проекций ГИС с другими проекциями, применяющимися на практике для решения различных задач;
- Возможность государственного контроля за базами данных ГИС;
- Простота и доступность широкому кругу пользователей применения наилучшей проекции для конкретной ГИС;
- Минимально возможные искажения описания пространственно-распределенных объектов, несущих самую разнообразную информацию для ГИС-технологий;

Помимо возможности формирования проекции с управляемой формой изоколы, удовлетворяющей требованиям теоремы Чебышева-Граве о наилучших проекциях, здесь предусмотрена возможность управления распределением искажений внутри изображаемой территории.

$$m_0 = \frac{2}{1 + m'_{\max}} \quad m'_0 = 1/m$$

Здесь  $m_0$  - масштаб в центральной точке проекции с минимально возможными искажениями внутри изображаемой области;  $m'_0$  - масштаб в центральной точке проекции, при условии, что на изоколе с масштабом  $m$  будут нулевые искажения.



## **Анализ создания цифровой базы данных для аэронавигационных карт территории Республики Армения**

Манукян Л.В.

Государственный комитет кадастра недвижимости  
при Правительстве Республики Армения

Для создания условий межведомственного и межуровневого информационного обмена, в том числе и в сфере аэронавигации, в настоящее время особенно острыми являются вопросы оперативного предоставления актуальной пространственной информации потребителям.

Работа посвящена анализу цифровой базы данных аэронавигационных карт территории Республики Армения. В базе данных о местности необходимы массивы цифровых данных, представляющих поверхность местности в виде непрерывного ряда превышений во всех узлах (точках) определенной матрицы для всей территории Армении. Как известно, массивы электронных данных о местности характеризуют пространственные, предметные и временные аспекты поверхности Земли. В практических целях, в зависимости от метода получения данных, они отображают непрерывную поверхность, которая представляет собой поверхность «голой» земли, крону покрова (или нечто промежуточное, также называемое «первой отражающей поверхностью»).

Имея обобщенную и точную информацию о местности и препятствиях, первоочередной задачей является достижение такого уровня доверия, которое убеждает, что применены все усилия для обеспечения безопасной среды эксплуатации. Данные должны включать долготу и широту в системе координат WGS-84, высоту над уровнем земли, высоту над уровнем моря и высоту каждого препятствия.

Для нужд аэронавигации на всю территорию Армении и на третьей и четвертой зонах международного аэропорта «Звартноц» города Еревана проводятся работы по созданию базы данных о местности и существующих препятствиях.

Работы выполнены посредством программного пакета «ГИС Карта-2011», а для создания трехмерной модели местности использованы векторные карты, составленные на основании электронной информационной базы данных. Переход из формата 2D в 3D выполнен путем построения матрицы сети из векторной карты, принимая за основу базу данных наблюдений X, Y координат и H высот смысловых характеристик. Приведены результаты вычислений. Выполнен анализ по результатам матриц поверхностных ограничений аэропорта «Звартноц» и прилегающих разных существующих препятствий.

Атоян Л.В., Атоян Р.В., Герман А.Р.

Белорусский национальный технический университет,  
ООО «Бюрократ»

История картографии тесно связана с историей искусства, с развитием картографии менялась и роль картографического дизайна. Одним из видов живописных картографических изображений являются карты-панорамы, основанные на принципе воспроизведения трехмерности объектов геопространства для реалистического восприятия пространственных образов.

Традиционные методы, используемые в художественной картографии, основанные на ручном труде, во многом перестали отвечать современным требованиям, а именно — дизайну, компактного хранения информации, ее постоянного обновления и многократного использования. Поэтому ведется постоянный поиск возможностей использования современных технологий, разрабатываются методы компьютерного дизайна художественных оригиналов карт.

Поскольку наиболее динамичными изображениями являются городские карты-панорамы, основной акцент в работе сделан на методике компьютерного обновления городских перспективно-панорамных изображений, созданных по традиционной технологии. Для последующего включения нового изображения на оцифрованную карту-панораму, рисунки, выполненные вручную, сканируются, затем обрабатываются в программе Adobe Photoshop. Зачастую бывает, что режимы отображения карты-панорамы и загруженного рисунка отличаются. Для устранения этой проблемы режим нового рисунка необходимо «подбить» под те же параметры, что и на карте-панораме. Рисунок вырезается по контуру инструментом «Прямолинейное лассо», «перетягивается» на карту-панораму, корректируется по размеру и совмещается с основными ориентирами на карте. Затем рисунку придаются необходимые цветность и контрастность, наиболее приближенные к оригинальному изображению. Некоторые обновления вносятся вручную, при помощи графического планшета, как, например, изменения в дорожной сети (новые развязки, улицы, пешеходные и парковые дорожки и прочее). К процессу обновления панорамных карт относится также редактирование отдельных объектов и их частей — цвета, структуры крыш и фасадов зданий, парковых насаждений и др. При формировании отдельных зеленых насаждений и целых лесных массивов используется «клонирование» с помощью инструментов «Прямолинейное лассо» и «Штамп».

**Фотограмметрия: настоящее и будущее**

Палий И. В.

Белорусский национальный технический университет

Появлению фотограмметрии предшествовал период графического способа получения перспективных изображений и преобразования их в план. К концу 80-х годов 20 века было завершено формирование основных положений аналитической фотограмметрии. Появились первые цифровые фотограмметрические системы (ЦФС). К этому времени начали использовать спутниковые методы определения координат центров фотографирования. В 90-е годы произошел переход на компьютерные технологии и цифровую обработку снимков, полученных различными съёмочными системами ADS40, DMC, UltraCam и др.

Современное состояние фотограмметрии характеризуется массовым применением цифровых методов обработки материалов аэрофотосъёмки и космической съёмки, а также широким внедрением инноваций в технологическую цепочку производства основных фотограмметрических продуктов. Наибольшее применение фотограмметрия и дистанционное зондирование находят при построении и обновлении топографических и кадастровых карт. Фотограмметрические методы широко используются при создании картографической основы геоинформационных систем, находящихся все более широкое практическое применение.

Современные цифровые камеры обладают большой глубиной цвета (более 8 бит на канал). Большая глубина цвета позволяет различать детали, ранее недоступные для восприятия (например, в тени). Все чаще используются не только традиционные ортофотопланы и векторные данные для ГИС, но и полноценные трехмерные модели рельефа, как результат обработки данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Еще одним интересным проектом является проект по построению глобальной модели мониторинга рельефа Земли с помощью радиолокационных космических аппаратов.

Несколько в стороне от традиционных фотограмметрических систем находятся системы обработки радарных снимков. С появлением на рынке данных сенсоров космического базирования с высокой разрешающей способностью (TerraSAR-X, COSMO-Skymed, RADARSAT-2) роль последних существенно возросла. Эти системы позволяют строить цифровые модели местности с точностью по высоте в пределах первых метров, создавать ортоизображения по радиолокационным снимкам, а также высокоточные карты смещений земной поверхности с миллиметровой точностью при интерферометрической обработке.

**ГИС-технологии и геодезисты**

Кашура В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Достижения в области инновационных технологий повысили эффективность профессии геодезиста, особенно в области «полевых» работ и сбора данных. Кроме того, технологический прогресс благодаря огромному количеству программных приложений, начиная от создания базы данных геоинформационной системы (ГИС) и до системы автоматического контроля позволил получать геодезические данные с достаточной точностью.

ГИС является одной из ключевых технологий. Это не «простое» составление карт и не простое предоставление геодезических данных для разнообразных целей. Деятельность геодезиста в сборе данных для ГИС состоит не только в выполнении измерений. Геодезисты также собирают и управляют атрибутивной информацией об элементах, их расположении, используя разнообразные технологии сбора данных. Недавние технологические новинки, такие как цифровой нивелир, лазерное и воздушное сканирование, цифровая фотограмметрия и методы неконтактной съёмки сделали возможным сбор более полной информации, ускорили процесс проведения полевых работ и позволили производить почти мгновенный анализ полученных данных. Программные обеспечения постоянно совершенствуются для предоставления все большего количества решений для востребованных на рынке приложений. Геодезические системы, ориентированные на сбор и управление пространственными данными, снабжены множеством смежных технологий. Например, геодезические системы могут подключаться к мобильному телефону или планшету и иметь доступ в Интернет, к общей вычислительной среде, базам геоданных и продуктам технологий САПР на Интернет основе. Это сочетание дает геодезистам доступ к ряду продуктов: аэрофотосъёмочные данные, кадастровую информацию, региональные карты и так далее. В результате, геодезист (являющийся теперь менеджером геоданных) может комбинировать информацию и методы для выполнения поставленной геодезической задачи в целом или ее части. Обучение будущих профессиональных геодезистов современным технологиям производства и постобработки инженерно-геодезических работ, а также их хранения и использования для решения различных задач, является важной составляющей учебного процесса.

**Формирование модели базы геоданных картографической  
основы для землеустроительного проектирования**

Другаков П.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

В настоящее время в землеустроительной отрасли широкое применение находят ГИС-программы. Наибольшее распространение получили настольные ГИС. К ним относят коммерческие и свободно распространяемые программы. В проектных институтах наибольшее распространение получила ГИС ArcGIS. В ней создаются земельно-информационные системы (ЗИС).

В базе данных ЗИС достаточно сложная система классов. Для решения задач землеустроительного проектирования в учебных целях, она является избыточной. В слое «участки» можно описать само хозяйство и основных посторонних землепользователей.

Очень важным является слой коммуникаций, в котором описываются осевые линии дорог, каналов, рек, линий электропередач. В слое «земли» требуется упростить классификацию объектов, прежде всего это касается лесных и лесопокрытых земель, которые не используются при составлении проектов внутрихозяйственного землеустройства.

Для сельскохозяйственных земель можно упростить классификацию луговых земель, которая насчитывает 22 подтипа. Здесь можно ограничиться 10 подтипами. Обязательно необходимо сохранить слой, связанный с мелиоративным состоянием земель. В слое «виды земель» нет подразделения на осушенные и орошаемые виды земель, а на землеустроительных картах есть осушенные пахотные сенокосные и пастбищные земли. Также необходимо создать специальный слой границы видов земель. Это связано с тем, что обозначение границы объектов зависит от смежных объектов.

Таким образом, минимальный набор слоев в базе геоданных ЗИС для целей создания картографо-геодезической основы внутрихозяйственного землеустройства должен включать:

1. Границы земельных участков;
2. Виды земель;
3. Мелиоративное состояние;
4. Коммуникации;
5. Границы видов земель.

Этот набор может быть расширен слоями «Ограничения землепользования», «Рабочие участки» «Почвы» и другими в процессе проектирования.

**Применение количественных методов при индикационном анализе природных территориальных комплексов**

Жидкова Т.А.

Белорусский государственный университет

При индикационном исследовании ландшафтов определенный интерес вызывают количественные методы их позиционирования и интерпретации, выраженные в изучении закономерностей пространственной дифференциации природных территориальных комплексов (ПТК), их компонентов и свойств, а также анализе связей между ними.

Модельным участком для определения коэффициентов ландшафтной структуры выступала территория Гродненской возвышенности и Средненеманской низины в пределах Гродненского административного района. В пределах этого района были выделены холмисто-моренно-озерные, холмисто-моренно-эрозионные, камово-моренно-озерные, камово-моренно-эрозионные, водно-ледниковые с озерами, озерно-ледниковые и аллювиальные террасированные ландшафты, нашедшие отображение на составленной ландшафтно-индикационной карте масштаба 1:100 000.

Количественные характеристики структуры ПТК определялись на основе выполнения картометрического анализа в среде ArcGIS, основными элементами которого явилось вычисление площадей контуров ландшафтов и определение длин границ.

В ходе проведенных работ установлено, что индикационные свойства ПТК в наибольшей степени проявляются при вычислении коэффициентов расчленения, контрастности и неоднородности ландшафтной структуры. Коэффициент расчленения характеризовал разнообразие ландшафтного рисунка; коэффициент контрастности ландшафтов определяет разнообразие гидрогеологических характеристик ПТК.

Проведенные исследования позволили охарактеризовать ландшафты Средненеманской низины как слабо-, средне- и сильно расчлененные, неконтрастные и слабоконтрастные, однородные, слабо- и среднеоднородные; Гродненской возвышенности – средне- и сильноконтрастные, средне- и очень сильно неоднородные. Предложенные критерии количественной оценки степени дифференцированности ландшафтной структуры облегчают сравнительный анализ и классификацию ландшафтных единиц по степени контрастности и неоднородности их природного устройства и могут использоваться для рекреационной оценки территории, при проведении районной планировки, гидромелиоративных мероприятий.

## Комплексные топографо-геодезические модели

Рак И.Е.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня современный город является сложным конгломератом инженерных сооружений и их систем, и поэтому для оперативного управления городским хозяйством множеству служб, обеспечивающих жизнедеятельность города, необходима комплексная топографо-геодезическая модель города, которую можно было бы рассматривать как многоцелевую базу данных. Две составляющие таких баз данных – это базовые и пользовательские модели. Причем класс базовых моделей, можно рассматривать как фундамент для формирования пользовательских моделей. Информационной базой для принятия решения в интересах той или иной отрасли городского хозяйства будет являться пользовательская модель. Эта канва заполняется и актуализируется за счет исполнительной документации, получаемой при завершении строительства, капитального ремонта или в результате обследований. Процесс наполнения пользовательской модели информацией носит односторонний характер: старая информация заменяется на более новую. Вторым источником для наполнения пользовательской модели является рабочая информация.



Процесс топографо-геодезического обеспечения городского хозяйства

Базовая топографо-геодезическая модель должна создаваться по большей части в результате специальных мероприятий; частично она может дополняться и обновляться за счет обмена информацией аккумулированной в пользовательских моделях, но это незначительная часть, а сам обмен – процесс, весьма растянутый во времени.

## **Способы определения площадей административно-территориальных, территориальных единиц**

Писецкая О. Н., Исаева Я. В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Одним из основных вопросов, требующих решения в Республике Беларусь, является установление (восстановление) границ земельных участков административно-территориальных и территориальных единиц (АТЕ и ТЕ), а так же вопросы достоверности определения площадей.

Сегодня вычисление площади земельного участка осуществляется с применением персональных компьютеров по стандартным программам. При определении больших площадей (площадей землепользований) применяется способ А.Н. Савича. Точность определения площади по способу Савича тем выше по сравнению с непосредственным обходом всей фигуры или ее частей, чем больше отношение площади целых квадратов координатной сетки к площади всей фигуры.

Координаты поворотных точек границ земельных участков определяются с учетом требований ТКП. Если граница земельного участка будет совпадать с границами АТЕ и ТЕ, то, как следствие этого, она будет оказывать непосредственное влияние на точность определения площадей АТЕ и ТЕ. В настоящее время при создании земельно-информационной системы (ЗИС) осуществляется перенесение нефиксированной границы земельных участков на цифровые планово-картографические материалы с координатной привязкой, что как следствие ведет к перенесению нефиксированных границ АТЕ и ТЕ соответствующим образом.

В качестве объекта исследований принята часть земель РУП «УЧХОЗ БГСХА», в границах земельно-кадастрового плана ранее принадлежавших «Племхозу им. Чкалова Горецкого района Могилевской области». Земельно-кадастровый план представлен в аналоговом виде. Граница объекта исследований является нефиксированной, т.к. проходит по естественным контурам местности. В результате анализа сделан вывод о том, что достаточно сложно опознать поворотные точки и линии нефиксированных границ. Для этого необходимо выполнять четкое описание установления нефиксированных границ АТЕ и ТЕ. По проведенным исследованиям по определению площади РУП «Учхоз БГСХА» (площадь которого по данным земельного учета составляет 6356,1 га, вычисленная по данным ЗИС в проекции Меркатора – 6361,69 га, в проекции Ламберта – 6361,69 га) следует отметить, что на значение площади оказывает влияние не только способ, но и вид закрепления границы (фиксированная или нефиксированная), человеческий фактор, система координат, проекция и др.



## **Выполнение топографической съемки для создания цифровой модели местности**

Прохорова Ю.С.

УО «Белорусская Государственная сельскохозяйственная академия»

Развитие автоматизированных методов обработки пространственной информации привело к появлению нового направления в моделировании – цифрового моделирования. Основным элементом его служит цифровая модель местности (ЦММ), которая может быть получена с помощью разнообразных технологий.

Система автоматизации проектных работ, или система автоматизированного проектирования – программный пакет, предназначенный для автоматизированного проектирования (CAD), разработки (CAE) и производства (CAM) конечного продукта, а также оформления технологической документации (PDM).

Система CREDO\_DAT обеспечивает импорт как «сырых» данных измерений, так и координат точек, поддерживая практически все известные форматы файлов различных электронных тахеометров. Произведя импорт данных, CREDO\_DAT автоматически определяет типы измерений и коды точек, записанные в файле, и делает все необходимые расчеты по уравниванию сетей любой степени сложности. Обработанные в системе CREDO\_DAT данные передаются далее в системы CREDO\_TER или CREDO\_MIX для построения цифровой модели местности.

Данные тахеометрической съемки из тахеометра передаются в программу CREDO DAT. Далее выполнялся процесс уравнивания геодезических измерений. Результаты камеральной обработки из CREDO DAT в последующем экспортировались в программу AutoCad для создания топографического плана. Он формируется в два этапа: 1) создание цифровой модели рельефа; 2) цифровой модели ситуации.

Порядок выполнения построения ЦММ в AutoCAD :

- создается новый проект;
- создается поверхность;
- расставляются точки тахеометрической съемки;
- создаются горизонтالي с предварительно установленными необходимыми свойствами и требованиями;
- выполняется построение площадных топознаков с итоговым получением ситуации местности;
- на последнем этапе чертеж дополняется необходимыми данными оформления (название чертежа, рамка, штамп чертежа с необходимыми атрибутами, наименование системы координат и высот).

УДК 528.94:911.52(476)

**Ландшафтно-индикационное картографирование природной среды  
на основе использования данных дистанционного зондирования**

Жидкова Т.А.

Белорусский государственный университет

В условиях интенсивного использования природных ресурсов для решения вопросов, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды назрела необходимость внедрения новых методов на стыке наук, в частности дистанционной ландшафтной индикации. В рамках научно-исследовательских работ, проводимых на кафедре геодезии и картографии географического факультета Белгосуниверситета, возможность картографирования природных территориальных комплексов (ПТК) изучалась на уровнях экотярусов ландшафтов и экотярусов урочищ в пределах Гродненского, Брестского и Гомельского административных районов.

Формирование информационной базы данных происходило на основе выявления степени изученности территорий административных районов. Для комплексного изучения ландшафтной структуры выбранных территорий нами использовать мультиспектральные КС Landsat 7 ETM + поздневесеннего сезона съемки с пространственным разрешением 30 метров. Наиболее информативной комбинацией каналов была выбрана комбинация 4-5-3.

На основании данных, полученных при дешифрировании, в среде ArcGIS был сформированы векторные слои, в которые были включены геоботанические характеристики ПТК, а также данные о распространении используемых в хозяйстве и жизнедеятельности человека территорий. Они сопоставлялись с векторными слоями почв, литологии четвертичных отложений, топографической основы. Итогом пересечения соответствующих слоев друг с другом стало формирование комплексного слоя, отражающего экотярус урочищ, выделенные в пределах изучаемых территорий.

Комплексирование материалов тематических съемок с данными дистанционного зондирования территории позволило подготовить систему космофотоэталонов выделенных экотярусов урочищ и составить ландшафтные карты масштаба 1:100 000 для Гродненского административного района и 1:200000 для Брестского и Гомельского административных районов.

Составленные карты позволили дать наиболее подробное описание ландшафтной структуры территории, включая детальный индикационный анализ составляющих ее компонентов.

**Построение цифровой модели рельефа  
по материалам аэрофотосъемки**

Жумарь П.В.

Белорусский государственный университет

Цифровые модели рельефа (ЦМР) – это особый вид трёхмерных математических моделей, представляющий собой отображение «рельефа» как реальных, так и абстрактных геополей. Для их построения в настоящее время на территории СНГ используют ряд цифровых фотограмметрических систем (ЦФС), наиболее функциональными из которых являются PHOTOMOD, Дельта и Талка/Geomatica. Наиболее полным функционалом, обеспечивающим решение всего комплекса задач фотограмметрической обработки аэроснимков и построения ЦМР и создания векторных цифровых топографических карт, отличается PHOTOMOD.

При необходимости решения частных задач моделирования могут быть использованы различные модули программы. Montage Desktop является основной программной оболочкой системы цифровой фотограмметрии PHOTOMOD и используется для создания проектов и запуска остальных модулей. Более точное ориентирование выполняется в модуле PHOTOMOD AT. Полученные результаты уравниваются с помощью модуля PHOTOMOD Solver. Программный модуль PHOTOMOD Mosaic предназначен для построения ортофотоплана по исходному блоку изображений. Непосредственно построение ЦМР осуществляется в рамках модуля PHOTOMOD DTM.

Основным форматом представления ЦМР в ЦФС PHOTOMOD является пространственная нерегулярная сеть треугольников – TIN. Предусмотрена возможность конвертирования TINa в регулярную модель рельефа – матрицу высот DEM.

Для уточнения модели рельефа могут использоваться структурные линии – 3D векторные линии вдоль характерных вытянутых форм рельефа таких, например, как хребты и тальвеги. Помимо TINa модель рельефа может быть представлена в виде набора 3D точек (пикетов) и структурных линий, что повышает производительность системы при редактировании. Горизонталы строятся по TINu с заданным значением сечения рельефа.

Для создания собственно цифровой модели рельефа следует выбрать стратегию ее построения из шести возможных: регулярную; адаптивную; гладкую; создание по векторным объектам; по областям; по пикетам. Выбор принципа построения модели зависит от назначения решаемой задачи, характера изображения и других факторов.

## Геопортальные решения на основе GeoServer

Фоменко П.Н.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Основными объектами системы управления земельными ресурсами являются: создание электронной системы управления как инновационной проблемы; обеспечение продовольственной безопасности страны; обеспечение информационного обеспечения информационных площадок как средств привлечения капитала в экономику страны. Несмотря на накопленный материал по разработке геопорталов отмечается отсутствие таких разработок для управления земельными ресурсами на региональном и государственном уровнях.

Предлагаем следующие этапы создания геопортала: интерфейс; картографический web-сервис; добавление созданного геосервиса; публикация в Internet. Для создания картографического Web-сервиса возможно использовать программный продукт с открытым кодом GeoServer. Предлагается следующий порядок публикации слоев электронной карты в GeoServer следующий: создание Workspaces (новой рабочей области); создание Stores (хранилище данных); создание layers (нового слоя); создание Styles (стиля для слоя); создание Layer Groups.

На основании данных этапов может быть представлена любая пространственная информация. В дальнейших исследованиях эта информация будет использована во всех правовых действиях с земельными участками. С помощью специальных функций будет запрограммировано следующее: корректировка проектов внутрихозяйственного землеустройства; изготовление схемы расположения земельных участков; согласование расположение земельных участков с инвестором; соответствующий документооборот по предоставлению выбранного земельного участка для различных целей. Таким образом, предлагается технология представления пространственной информации как элемента управления земельными ресурсами в сети Интернет. Представлена методика создания картографического web-сервиса с использованием программных продуктов с открытым кодом GeoServer. Разработанная технология может быть положена в основу создания единой информационной системы районного уровня, благодаря которой все заинтересованные лица могли бы получить on-line доступ к проектам землеустройства и землеустроительным данным. Технология может использоваться для создания единой информационной системы для целей управления земельными ресурсами на региональном и республиканском уровнях, для ведения земельного кадастра,

землеустроительного проектирования, мониторинга земель.

УДК 528.17

## **Современные технологии обновления картографических материалов**

Шабрина Е.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Исторически сложилось так, что в настоящее время весь банк картографической информации существует в основном на бумажных носителях. За последнее десятилетие развитие компьютерной техники и информационных технологий привели к появлению новых интегрированных цифровых картографо-геодезических систем. Несмотря на важность этапа цифрового картографирования, он не позволяет решать задачи, связанные с оперативным обновлением, контролем качества и выпуска в электронном или бумажном виде карт и планов.

Применение лазерного 3D сканирования обусловлено высокой стоимостью оборудования, излишней плотностью и точностью измерений, однако является перспективным методом. Стереотопографический метод имеет недостатки при съемке с высокой плотностью застройки и густой древесной растительностью, требует определенных правил и временных рамок выполнения, квалифицированного персонала и является не рациональным с точки зрения стоимости работ и оборудования.

При топографическом картографировании на компьютере могут использоваться цифровые фотограмметрические станции (ЦФС), геоинформационные системы (ГИС) и издательские пакеты.

Рынок ГИС выходит на лидирующие позиции. Все ГИС базируются на информационных технологиях создания, обработки и комплексного анализа сложно-структурированной цифровой картографо-геодезической информации. Одним из важных вопросов в создании и обновлении топографических планов и карт является выбор эффективной методики и технологии создания и обновления топографических планов и карт с применением новейших интегрированных комплексов, которые привели бы к быстрому, абсолютно новому виду сбора, обработки и качества информации, снижению стоимости и сокращению сроков выполнения работ. Традиционные технологии создания и обновления, такие как векторизация бумажных планов и карт на ЭВМ, не являются законченными решениями при создании и обновлении топографических планов и карт. Такое многообразие подходов, способов и методов создания и обновления планов и карт не позволяет говорить о полном, исчерпывающем решении этой задачи.

## **Создание тематического слоя почвы в геоинформационной системе ArcGis при тематическом земельноресурсном картографировании**

Шулякова Т.В.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Земельно-ресурсное картографирование осуществляется путем создания минимума типовых (обязательных карт) карт, включаемых в серии или атласы. К типовым земельноресурсным картам относятся почвенные карты, дающие многостороннюю характеристику почв, факторам, процессам и явлениям, протекающих в них. Поэтому картографам и специалистам в области смежных наук приходится решать многие специфические методические и технические вопросы при тематическом картографировании почв. Техническая часть процесса заключается в выборе картографических материалов с учетом требований по созданию почвенных карт и экономически выгодных технических приемов их составления [1].

Создание тематического слоя «Почвы» ЗИС – это объединение и сшивка цифровых и почвенных карт, создаваемых на территории отдельных сельскохозяйственных предприятий на которые ранее созданы авторские почвенные карты. Почвенная карта создается как тематический слой «Почвы» локальной ЗИС на растровой картографической основе. Исходными материалами для создания контурной почвенной карты служат: авторские почвенные карты землепользований, плановая основа, на которую, по данным локальной ЗИС района, нанесены граница землепользования, включая посторонних землепользователей, реки, озера, водохранилища, пруды, железные дороги и улучшенные дороги.

Создание цифровой растровой основы контуров почвенных разновидностей включает: сканирование исходного картографического материала, чистку растра, сшивку фрагментов отсканированного исходного картографического материала по общим контурам, оцифровку границ почвенных разновидностей.

Для оцифровки рекомендуется использовать программные системы AutoMap и ArcGis, для окончательного оформления карты использовать программу ArcGis «Maps Почвы».

### Литература:

1. Донцов А.В. Картографирование земель России. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1994. – 374 с.

**Изменение роли геодезиста в строительных проектах**

Кашура В.Н., Пирожкин О.И.

Белорусский национальный технический университет

Активное управление машинами является привычным при строительстве, а также используется в других областях, таких как добыча полезных ископаемых и сельское хозяйство. В системах управления строительной техникой обычно используют GPS RTK (Real Time Kinematic — «кинематика в реальном времени»), хотя возможно применение и других технологий. Данная концепция требует радикального изменения роли геодезиста в строительных проектах, начиная от первоначальных исследований до исполнительной документации, а также технического обслуживания и стадии восстановления. Строительные машины, такие как бульдозеры, сортировщики, экскаваторы и даже асфальтоукладчики стали снабжаться датчиками положения. Роль геодезиста в прошлом состояла в установке отметок и выставлении меток для направления оператора тяжелой техники. С появлением систем автоматического управления функции геодезиста изменились радикальным образом. Теперь роль геодезиста заключается в обеспечении поддержки строительства в процессе планирования, используемом строительными организациями. Задачей геодезиста является общение с разнообразными заинтересованными сторонами, включая инженеров, архитекторов, планировщиков, представителей местных органов власти, арендодателей земельного участка, поставщиков коммуникационных услуг и пр., зачастую задолго до подготовки котлована. Новая функция геодезиста превратила его в менеджера геоданных, создающего и проверяющего цифровые модели рельефа и модели проекта перед загрузкой их в машины. Деятельность геодезиста также включает полевую проверку выполненных работ, внесение корректировок в модель в результате неминуемых изменений проекта, и также контроль над выпуском полной и точной исполнительной документации, которая будет использоваться в течение всего времени ведения проекта. Эта деятельность представляет собой основную часть работы современного геодезиста в строительной отрасли. Однако, геодезист также может выполнять и другие функции в строительстве: создание систем калибрования и налаживание процессов, необходимых для обеспечения работы строительной техники по точному воссозданию заданного проекта; управление коммуникациями на площадке для контроля того, что все машины используют правильную версию моделей рельефа и проекта; мониторинг производительности каждой единицы техники; а также внесение вклада в строительную

информационную модель проекта (ВІМ).

УДК 528.48

### **Сотрудничество малых и крупных предприятий как фактор инновационного развития**

Быстренко В.В.  
ООО «Триумфус»

В современных условиях инновационные процессы, касающиеся отрасли геодезии и картографии отражают общую картину инновационных процессов в Республике Беларусь, характеризующихся достаточно низкой вовлеченностью в них субъектов малого и среднего бизнеса. Сама природа малого бизнеса определяет его сильные и слабые стороны с точки зрения инновационного процесса. К сильным сторонам малых предприятий можно отнести оперативное принятие управленческих решений, низкий уровень накладных расходов, отсутствие внутренних бюрократических процедур. К слабым можно отнести более низкий уровень менеджмента и ограниченность финансовых ресурсов. Помимо этого, у малых компаний зачастую отсутствует само понимание необходимости инновационного процесса как в их производстве, так и для экономики в целом, понимание их роли в этом процессе. Как факт, мы имеем потенциально способного агента инновационного развития в лице субъектов малого бизнеса, имеющего существенные преимущества в оперативных действиях перед крупными компаниями. В то же время данный субъект не способен реализовать свои преимущества ввиду отсутствия управленческого опыта, достаточного доступа к финансовым ресурсам, а также стимулирующего механизма, побуждающего малые компании направлять свои усилия в нужном направлении. Малые предприятия являются своего рода зеркальным отражением крупного бизнеса, компенсируя все его недостатки, однако, не имея при этом тех преимуществ, которые имеют крупные предприятия. Последние же, в свою очередь, имеют неоспоримые преимущества, заключающиеся в наличии большего управленческого опыта и доступа к источникам внешнего финансирования. Следовательно, можно сделать закономерный вывод о необходимости совместной работы крупных и малых предприятий при разработке и реализации наукоемких и высокотехнологичных проектов. В результате мы неизбежно получим синергетический эффект, результатом которого непременно будет являться построение структурированной системы взаимодействия малых и крупных компаний, обеспечивающий эффективную разработку и оперативное внедрение инноваций, а также эффективную обратную связь.



**Абнаўленне тапаграфічных планаў маштабу 1:500  
(на прыкладзе ўніверсітэцкага гарадку БДУ)**

Раманкевіч А.П., Левачоў Я.В.  
Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт

Абнаўленне тапаграфічных планаў – актуальная задача, асабліва для забудаваных тэрыторый. Абнаўленне, як і само стварэнне, тапаграфічных планаў мэтазгодней падзяліць на 3 этапы: падрыхтоўчы, палявы, камеральны. Падрыхтоўчы этап уяўляе агляд мясцовасці, карэктаванне старога плану, палявы – непасрэдная тапаграфічная здымка, камеральны – апрацоўка палявых матэрыялаў, якая патрабуе прымянення спецыяльнага праграмнага забяспячэння. Вывучэнне метадыкі абнаўлення тапаграфічных планаў праводзілася на прыкладзе ўніверсітэцкага гарадку БДУ, бо пасля будаўніцтва факультэта міжнародных адносін адбыліся змяненні вышынь і сітуацыі яго паўднёва-усходняй часткі, якія неабходна было адлюстравачы на планах мясцовасці. Для камеральнай апрацоўкі дадзеных выкарыстоўваліся праграмныя комплексы CREDO, AutoCad.

Здымка рабілася у сакавіку 2014 года тахеометрам Trimble. Таксама праводзілася нівеліраванне паверхні дзеля ўдасканалення вышынь геадэзічных пунктаў. Пад час камеральнага этапу зыходныя дадзеныя ўводзяцца ў сістэму CREDO. У выніку фармуюцца табліцы планавы-вышыннага абгрунтавання, дырэкцыйных вуглоў, тэадалітных ходоў, нівелявання, тахеаметрычнай здымкі. Пасля праводзіцца пераапрацоўка, а ўжо пасля яе ладзіцца пошук, лакалізацыя і нейтралізацыя грубых памылак у сетках геадэзічнай апоры. Пабудова лічбавай мадэлі часткі ўніверсітэцкага гарадку БДУ выраблялася ў сістэме CREDO, якая прызначана для стварэння і інжынернага выкарыстання тапаграфічных буйнамаштабных планаў у выглядзе лічбавых мадэляў мясцовасці. Яна складаецца з лічбавай мадэлі рэльефу і лічбавай мадэлі сітуацыі.

Пасля лічбавая мадэль мясцовасці экспартуецца з CREDO у AutoCad, дзе праводзіцца яе графічная апрацоўка. Умоўныя знакі расстаўляюцца ў адпаведнасці з прынятымі нормамі і патрабаваннямі. Дзеля іх расстаноўкі на лічбавую мадэль мясцовасці пампуецца з сеціва Internet ужо створаныя знакі ДУГК, якія расстаўляюцца ў межах контураў. Пасля праводзіцца “укладка гарызанталаў”, потым правяраецца атрыманая мадэль мясцовасці і ўносяцца папраўкі. Падпісваецца маштаб плану. У выніку працы атрымоўваем абноўлены тапаграфічны план ўніверсітэцкага гарадку БДУ. Абнаўленне тапаграфічных планаў варта праводзіць з мэтай аптымізацыі кіравання тэрыторыі.

**Разработка трехмерной интерактивной модели местности  
по результатам геодезических изысканий**

Романкевич А.П., Кибук А.В.

Белорусский государственный университет

В настоящее время для представления пространственных объектов местности широко используются 3D модели, которые обладают гораздо более широкими возможностями, нежели их двухмерный аналог.

Для построения трехмерной интерактивной модели использовалась произведенная ранее цифровая топографическая съемка в масштабе 1:500. Исходными для создания съемочного обоснования служили пункты опорной геодезической сети учебного полигона УГС «Западная Березина». Для создания модели помимо ЦММ использовались видеоматериалы, полученные беспилотным управляемым летательным аппаратом, аэрофото- и спутниковые снимки, наземные фотоснимки территории.

Модель содержит значительный объем разнообразных данных об имеющихся объектах инфраструктуры (здания, постройки, беседки), линейных объектах (аллеях, асфальтированных и полевых дорогах). Реализована зрелищная визуализация территории УГС «Западная Березина». Проектом предусматривалось использование следующих программных продуктов: AutoCad-система автоматизированного проектирования, Google SketchUp Pro-программа для моделирования трехмерных объектов, Unity 3D-мультиплатформенный инструмент для разработки трёхмерных приложений. Трёхмерное моделирование сооружений, элементов ситуации выполнено в программной среде Google SketchUp Pro. Кроме того, при помощи плагина V-Ray for SketchUp была проведена текстуризация и рендеринг созданной 3D-модели. Также осуществлена привязка 3D-модели в Google Earth, после чего созданная модель появилась в свободном доступе в Google Earth и Google Maps. После проведенной оптимизации в Google SketchUp Pro модель экспортирована в Unity3D, где непосредственно создавались компоненты и процессы географической оболочки: растительность, небо, движение солнца, ветер и др. Особое внимание уделялось полноценной визуализации древесной растительности. Отдельные деревья создавались в соответствии с фактическим их расположением на местности. Модель была подготовлена для компиляции на платформу Windows. Результатом стал файл приложения с расширением .exe, который может быть запущен на любом компьютере с Windows-платформой. Результаты работы в дальнейшем послужат для создания мобильного приложения с

возможностью определения географических координат при помощи встроенного GPS-модуля мобильного устройства.

УДК 528.21

## **Исследование глобальной гравитационной модели Земли EIGEN-6C2 применительно к решению геодезических задач**

Маркович К.И.

Полоцкий государственный университет.

Объектом исследования являются глобальные гравитационные модели Земли EGM2008 и EIGEN-6C2, Полоцкий геодинимический профиль, а также модель квазигеоида Республики Беларусь.

Цель работы – анализ точности современных глобальных гравитационных моделей; выявление сферы возможного использования гравитационных моделей для решения геодезических задач, требующих гравиметрической обеспеченности.

В работе сформулированы трудности современной геодезической службы Беларуси из-за недостаточной гравиметрической обеспеченности страны и показано, что возможным решением возникающих в связи с этим проблем является применение глобальных гравитационных моделей Земли.

Представлены результаты экспериментальных исследований гравитационной модели Земли EGM2008, изложенные в работе Пигина А.П. и Березиной С.В. 2009 года, основанные на сравнении аномалий высот, полученных по данным геометрического и спутникового нивелирования, с аналогичными характеристиками исследуемой модели. С использованием такого же подхода выполнено исследование новейшей глобальной гравитационной модели Земли EIGEN-6C2 и дан сравнительный анализ полученных результатов по обоим моделям.

Произведена оценка моделей EGM2008 и EIGEN-6C2 для нивелирной линии Полоцкого геодинимического профиля по следующим направлениям:

- путем сравнения поправок за переход к разностям нормальных высот по секциям, вычисленным по классической методике определения этих поправок по результатам гравиметрических измерений, с величинами этих же поправок, найденных с привлечением данных моделей;
- сравнением поправок за вариации гравитационного поля между эпохами повторного нивелирования, вычисленных по результатам гравиметрических измерений и данным моделей.

Построена модель квазигеоида для территории Республики Беларусь.

## **Классификация изображений с использованием модуля IDL Workbench программного комплекса ENVI 4.7**

Куцаева О. А., Ярмоленко А. С.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Из исследования методов классификации запрограммированных в ПК ENVI 4.7 следует, что необходимо и в дальнейшем изыскивать методы повышения точности классификации. Для этого был написан ряд программ с использованием языка программирования для анализа данных IDL, который встроен в программный комплекс ENVI 4.7. На сегодняшний день язык IDL является кроссплатформенным языком программирования, что позволяет выполнять приложения на различных платформах в операционных системах.

Для автоматизации процесса дешифрирования написанием следующих программ на алгоритмическом языке IDL в системе ENVI обладает следующими преимуществами:

- гибкостью решения специальных задач дешифрирования;
- оперативностью задания параметров дешифрирования;
- возможностью изменения параметров решения конкретной задачи,
- расширение возможности дешифрирования получением дополнительной информации;
- возможностью написания программ на основе самостоятельно разработанных алгоритмов, полученных в результате новых теоретических исследований.

Этими преимуществами определена разработка пакета программ, который состоит из следующих программ:

- goi\_main2 (данная программа реализует дешифрирование объектов в программном режиме построения дешифровочной маски по фильтру и задаваемому порогу яркости для дешифрирования);
- goi\_groupN (программа реализует дешифрирование в режиме он-лайн, упрощая программирование);
- ogoi\_data\_corr161 (в программе реализуется разработанный алгоритм дешифрирования по корреляционной зависимости между объектами);
- ogoi\_data\_corr24bitinfo (программа реализует дешифрирование многоканальных изображений по максимуму взаимной информации между объектами).

Разработанный пакет программ позволяют выполнить распознавание образов и правильно их классифицировать не только при создании, но и при обновлении пространственной информации в земельно-информационных системах.

**Программы комплекса CREDO в обучении  
студентов специальности «геодезия»**

Будо Ю.П.

Полоцкий государственный университет

Для обучения студентов необходимо повышение квалификации специалистов преподавателей.

В Полоцком государственном университете прошли занятия повышения квалификации специалистов по программе дистанционного обучения преподавателей учебных заведений по курсу «Обработка геодезических измерений и технология создания цифровой модели местности в программных продуктах CREDO».

Занятия проходили с 14 января по 25 января 2013 года.

По программе CREDO DAT 4.1 рассмотрены темы:

- Интерфейс системы;
- Первоначальные установки;
- Обработка данных;
- Создание и вывод чертежей;
- Поиск ошибок измерений;
- Проектирование геодезических построений;
- Преобразование координат.

По программе TRANSFORM рассмотрены темы:

- Настройка проекта;
- Назначение опорных точек;
- Трансформация.

По программе CREDO ТОПОПЛАН рассмотрены темы:

- Менеджер баз данных;
- Интерфейс системы;
- Структура и организация данных;
- Свойства набора проекта;
- Импорт данных в проект;
- Построение и редактирование поверхности;
- Геометрические построения;
- Создание ситуации местности;
- Создание чертежей;
- Экспорт данных.

Участники курсов Бичанина А.К., Будо Ю.П., Глебка М.Г., Дегтярев А.М., Дегтярева Е.В., Парадня П.Ф., Шароглазова Г.А., Шевелев И.П. получили сертификаты повышения квалификации.

## Определение величин и направлений кренов высотных сооружений в стесненных условиях городской застройки

Позняк А.С., Войшнарович К.В.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее характерным показателем деформаций высотных сооружений является крен – отклонение от вертикального положения. Для определения величины и направления (ориентировки) крена используют различные геодезические способы и приемы. В стесненных условиях застроенной территории часто приходится применять способ горизонтальных углов, в котором результирующий крен определяется по формуле

$$K = \frac{\sqrt{K_1^2 + K_2^2 - 2K_1K_2 \cos \gamma}}{\sin \gamma},$$

где  $K_1$  и  $K_2$  – частные составляющие крена, определяемые с двух пунктов;  $\gamma$  – угол засечки.

Недостатком этого способа является то, что направление крена приходится определять графически из построений частных и результирующего кренов в соответствии с принятым масштабом. Для аналитического определения направления крена нами предлагается использовать проекции результирующего крена на оси прямоугольных геодезических координат, получаемые по следующим формулам:

$$K_x = \frac{K_1 \cos \alpha_2 - K_2 \cos \alpha_1}{-\sin \alpha_1 \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2 \cos \alpha_1},$$

$$K_y = \frac{K_1 \sin \alpha_2 - K_2 \sin \alpha_1}{-\sin \alpha_1 \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2 \cos \alpha_1},$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – дирекционные углы направлений с двух пунктов наблюдений частных кренов.

Величину результирующего крена  $K$  и румб его направления  $\alpha'_K$  получаем по формулам

$$K = \sqrt{K_x^2 + K_y^2}, \quad \alpha'_K = \arccos \left( \frac{K_x}{K} \right).$$

Приведенные формулы использованы в программе вычислений кренов высотных сооружений или их конструктивных элементов на различных горизонтах, позволяющей определять величины изгибов, их ориентировку и получать соответствующие таблицы и графики.

## Автоматизация вычислений разбивочных элементов способами угловой засечки и полярных координат

Позняк А.С., Селезнев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Вычисление разбивочных элементов для выноса проекта в натуру являются довольно трудоемким процессом. Из рис.1 видно, что решение поставленной задачи от пунктов строительной сетки или точек теодолитного хода 1 и 2 заключается в определении горизонтальных углов  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  и расстояния  $d_{2-B}$ . Для контроля построения на местности основной оси здания ее измеряют и сравнивают с проектной длиной  $d_{AB}$ , учитывая при этом погрешности геодезических построений точек А ( $m_A$ ), В ( $m_B$ ) и расстояния между ними  $d$  ( $m_d$ ). Для повышения производительности труда была разработана программа для автоматизации таких расчетов. Алгоритмы разработанной программы являются имитацией действий, составляющих технологию ручных вычислений с использованием калькулятора. Программа составлена на алгоритмическом языке Турбо Паскаль. Она предусматривает файловый ввод исходных данных (ugol.data) и файловый вывод результатов расчета (ugol.res). 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 «ugol.exe».

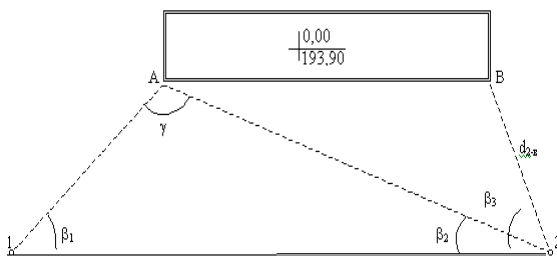


Рис.1. Подготовка исходных данных для выноса оси АВ в натуру способами угловой засечки (точка А) и полярных координат(точка В)

После запуска программы получаем необходимые разбивочные элементы и предполагаемые погрешности закрепления основной оси здания на местности

**Геодезически-маркшейдерское обеспечение строительства  
дождевого коллектора диаметром 2000 мм под  
действующими тоннели Минского метрополитена**

Мысливчик Е. Ю.<sup>1</sup>, Макович К.В.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Минский метрополитен

Экспериментальный проект по строительству сетей дождевой канализации с использованием технологии бестраншейной прокладки коммуникаций стартовал в Минске в конце 2008 года. При строительстве третьей очереди данного объекта возникла ситуация прокладки тоннеля ливневой канализации под действующей первой линией минского метрополитена на участке перегона между станциями «Площадь Ленина» - «Институт Культуры». Данные работы относятся к уникальным технически сложным работам в мировой практике и в Республике Беларусь ранее не выполнялись.

Для безопасного пропуска подвижного состава метрополитена была разработана специальная программа мероприятий, исключающих возможность возникновения деформаций тоннельной обделки метрополитена. Для защиты действующих тоннелей метрополитена, до начала проходки ливневого коллектора, под непосредственным маркшейдерским контролем осуществлено устройство грунтоцементных свай в четыре ряда под определенным углом к оси тоннеля.

Со стороны организации, обслуживающей метрополитен, проводились регулярные наблюдения за деформациями путем поверки эллиптичности колец. Для наблюдения за деформациями взяты путевые реперы вне зоны деформаций начале и в конце участка работ. Были намечены точки через 2 метра, и брались только горизонтальные диаметры. В процессе устройства грунтоцементных свай по бокам тоннеля появились изменения диаметров (максимальные значения составили +8 мм), после этого было принято решение нивелировать и свод (чтобы видеть работу кольца), для чего были забурены в свод тоннеля анкера через 2 м (на тех же кольцах), максимальные значения деформаций составили +5мм.

Наблюдения за деформациями велись еженедельно. Для наблюдений использовались следующие приборы: нивелиры 3н2кл, рейки деревянные 3 м, рулетка стальная, рулетка лазерная.

При увеличении деформации предусматривалось в дальнейшем осуществлять более плотную съемку при помощи тахеометра, но необходимости не возникло, так как изменения диаметров остановились.



**Приближенная оценка точности обратной линейно-угловой засечки**

Нестеренок М. С., Нудный С. А., Щур Н. Ю.

Белорусский национальный технический университет

В современной технологии геодезических разбивочных работ посредством электронных тахеометров координаты точек установки прибора определяются наиболее экономичным методом свободной станции по способу обратной линейно-угловой засечки. Для реализации такой засечки вокруг строящегося здания укрепляются постоянные световозвращатели в количестве не менее 3-х единиц на одну свободную станцию. Выбор мест их установки определяется ситуацией и, как правило, не соответствует оптимальному их положению для наиболее точного определения координат свободной станции. Расчеты точности координат вынужденного положения свободной станции, производимые по строгим формулам теории погрешностей геодезических измерений, требуют определенного времени и излишне точны при своей фактической приближенности. При организации и производстве разбивочных измерений ставится условие приблизительно равного влияния средних квадратических погрешностей (СКП) угловых и линейных измерений на погрешности координат определяемых точек, выражаемое формулой

$$(m_{\beta} / \rho'') = (m_D D),$$

где  $m_{\beta}$  – СКП измерения угла  $\beta$  (сек.);  $\rho'' = 206265$  – число секунд в радане;  $m_D$  – СКП измерения расстояния  $D$ .

Соответственно для практически достоверного расчета вероятной СКП установки электронного тахеометра в различных точках на монтажном горизонте здания приемлема приближенная формула

$$m_{xy}^2 = [(0,7m_D \cos \nu) / \sin \gamma]^2 + m_{исх}^2,$$

где  $m_D$  – СКП измерения расстояний светодальномером;  $\nu$  – угол наклона лазерного луча;  $\gamma$  – угол засечки ( $40^\circ < \gamma < 140^\circ$ );  $m_{исх}$  – СКП координат исходных точек.

Поскольку координаты постоянных светоотражателей определяются прямой угловой засечкой значение  $m_{исх}$  рассчитывается по формуле

$$m_{исх}^2 = (m_{\beta} / \rho'' \sin \gamma)^2 (D_1^2 + D_2^2)$$

Пример: при  $m_{\beta} = 2''$ ;  $m_D = 2\text{мм}$ ;  $D_1 = D_2 = 200\text{м}$ ;  $\gamma = 60^\circ$ ;  $\nu = 15^\circ$   
находим  $m_{исх} = \pm 3\text{мм}$ ;  $m_{xy} = \pm 3,4\text{мм}$  при  $(m_{xy})_{дон} = \pm 5\text{мм}$ .

**Точность электронного тахеометра в функции прибора вертикального проецирования.**

Нестеренок М. С.

Белорусский национальный технический университет

Электронный тахеометр, снабженный компенсатором малых наклонов и призмной зенитной насадкой на окуляр, в соответствии со своей конструкцией может применяться в функции прибора вертикального проецирования при установке визирной оси зрительной трубы в зафиксированное вертикальное положение. Соответствующее дополнение следует внести в ТНПА ТКП 45-1.03-26-2006(02250) «Геодезические работы в строительстве. Правила проведения». Для обоснования такого предложения экспериментами УП «Геокарт» получены сравнительных характеристик точности вертикального проецирования тахеометром TOPCON GPT 7501 и зенит-прибором PZL-100. Исследования были проведены на строящемся высотном здании бизнес-центра по ул. М. Танка в г. Минске. Исходная точка внутренней разбивочной сети находилась на отметке  $\pm 0,0$ ; отметка палетки равнялась  $+49,5$  м (перекрытие 15-го этажа), высота проецирования относительно прибора составила  $H=47,8$  м. Для исключения погрешности центрирования оба прибора последовательно устанавливались на одной и той же подставке с применением специального центрирующего устройства. Каждым прибором исходная точка проецировалась на палетку с целью деления сетки квадратов  $10 \times 10$  мм при 4-х его стандартных ориентациях ( $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ ).

Тахеометром TOPCON вертикальное проецирование выполнялось визирной осью трубы без применения лазерного дальномера в положениях КЛ и КП при неизменном закреплении зрительной трубы. В таком положении электронный тахеометр настроен как зенит-прибор, его расчетная угловая погрешность проецирования определяется точностью работы компенсатора малых наклонов (без учета рефракционных воздействий на траекторию светового луча) и оценивается величиной  $m_{Lp} = Hm_V / p = \pm 0,07$  мм, где  $m_V = \pm 0,3''$  – угловая погрешность компенсации;  $p = 206265$  – число секунд в радиане. Расхождение положения на палетке окончательных точек проекции, полученных двумя приборами, составило 1,2 мм, что свидетельствует о практической равноточности использованных зенит-прибора и тахеометра в функции вертикального проецирования. Применение multifunctional электронных тахеометров для вертикального проецирования снимает потребность в специализированных зенит-приборах.

### Способ юстировки уровня нивелира

Киричок О.И. Буглаева А.Д. Пожелаева К.А. Белько Н.О.  
Белорусский национальный технический университет

Закрепленная во всех известных методиках геометрического нивелирования норма соблюдения равенства плеч имеет свое происхождение от неистребимой негоризонтальности визирного луча для каких-то дальностей визирования. Причина неистребимости кроется в неизбежном присутствии в каждый момент измерений совокупности частных причин, в частности рефракции, кривизны Земли, личный фактор, и, в особенности, в кривизне визирной линии прибора. Равенство плеч позволяет свести к минимуму влияние всей совокупности факторов, но крайне затрудняет решение многих инженерных задач, в которых неподвижен важен, где расстояния визирования невелики а допустимые погрешности измерений – меньше пяти миллиметров.

Юстировка параллельности визирной оси нивелира и оси цилиндрического уровня с учетом кривизны визирной линии не позволяет исключить влияние кривизны на точность измерений, т.к. не изменяет величины самой кривизны.

Сама кривизна визирной линии возникает вследствие отсутствия соосности оптических компонент зрительной трубы, в частности в результате смещения сетки нитей с оси перемещения фокусирующей линзы. Второй фактор, вызывающий кривизну визирной линии, есть несоосность центра объектива и оси перемещения фокусирующей линзы. Юстировка соосности как в заводских условиях, так и в условиях лаборатории, и тем более в полевых затруднена в силу как микроскопичности юстируемых величин, так и отсутствия методики определения величины смещения центра сетки нитей и центра объектива с оси перемещения сетки нитей.

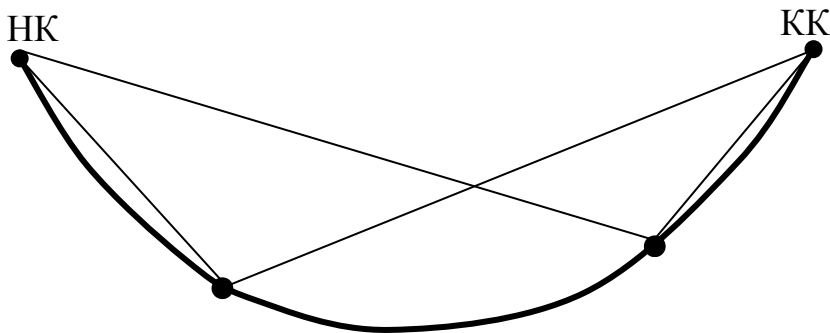
Авторским коллективом разработана методика определения величины смещения сетки нитей с оси перемещения фокусирующей линзы, являющаяся одной из основ способа юстировки положения визирной оси нивелира. Для реализации методики разработаны простые средства, позволяющие определять отклонения в полевых условиях. Методика определения величины смещения центра объектива с оси перемещения фокусирующей линзы разработана на основе анализа формы крепления насыпного объектива в тубусе зрительной трубы и характеризуется тем уровнем простоты выполняемых действий, который позволяет выполнять их в полевых условиях. Названные технические решения легли в основу заявки на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение.

**Способ детальной разбивки круговой кривой**

Киричок О.И., Логинов А.В., Петрович Н.С., Белько Н.О.  
Белорусский национальный технический университет

Известно множество способов детальной разбивки круговой кривой, каждый из которых обладает как неоспоримыми преимуществами перед другими, так и рядом недостатков. Принятие решения о выборе способа разбивки всегда связано с компромиссом, с расстановкой приоритетов. Общим недостатком всех известных технических решений в детальной разбивке кривых является их трудоемкость. Кроме того, за исключением примитивного отложения радиуса от центра кривой, в свою очередь сопряженного с необходимостью отыскания этого центра, ни один способ не позволяет выполнять разбивку одному исполнителю.

На кафедре инженерной геодезии БНТУ разработан предельно простой способ детальной разбивки круговой кривой, основанный на свойстве равенства углов, опирающихся на одни и те же точки окружности. Способ реализуется одним исполнителем. Каждая точка кривой определяется на местности независимо, что является положительной точностной характеристикой способа.



Для реализации способа разработан также специальный оптический прибор, позволяющий в простейшей методике отыскивать точки окружности, опираясь на закрепленные и обозначенные на местности точки начала и конца круговой кривой. Названный прибор имеет карманные габариты и содержит простейшую оптическую систему, позволяющую одновременно наблюдать и начальную и конечную точки кривой.

# **Проектирование дорог**

## **Определение расчетной скорости с учетом результата движения**

Мелеховец Н.М., Поченков Е.А., Селюков Д.Д.

Белорусский национальный технический университет

Различают, расчетную, конструктивную, разрешенную, техническую безопасную, психофизиологическую безопасную, реализуемую, требуемую, фактическую и эксплуатационную скорости, и скорость позитивного и негативного результата движения транспортного средства по дороге автомобильной или улице.

Расчетная скорость движения – скорость движения одиночного автомобиля при нормальных условиях погоды и сцепления шин с поверхностью проезжей части, исходя из которой, определяют параметры элементов автомобильной дороги.

История определения и нормирования расчетной скорости для проектирования автомобильных дорог свидетельствует о следующем:

- условия дорожного движения усложняются, абсолютная величина скорости движения транспортных средств на автомобильных дорогах и улицах по участкам, а также плавность ее изменения зависят от дорожных условий;

- скорость движения транспортных средств на дороге изменяется вдоль направления движения и по ширине многополосной дороги – субъективный подход нормирования расчетной скорости, существовавший до 1938 года в бывшем СССР, заменил технический подход, который существует до сих пор;

- расширяется набор зависимых признаков расчетной скорости, свойственных функционированию сложной социально-детерминированной функциональной биомеханической системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения» (далее ВТСУДД).

На разных этапах проектирования автомобильных дорог в России используют всего три, а за рубежом – семь понятий расчетной скорости движения. Скорость движения транспортного средства по автомобильной дороге является существенным признаком, как при его конструировании, так и при проектировании автомобильной дороги, позитивного и негативного результата функционирования системы ВТСУДД – она зависит от элементов системы и связей между ними. Скорость обладает зависимым, морфологическим и функциональным существенным признаком, а знание его позволяет решать конкретные задачи в области автомобильно-дорожного комплекса.

**Определение параметров закругления автомобильной дороги**

Головач В.Г., Молочко А.В., Селюков Д.Д.

Белорусский национальный технический университет

При движении по дороге параметры закругления (радиус кривизны, угол поворота и т.д.) влияют на повышение функциональной напряженности водителя, снижение скорости на подходе к закруглению и сосредоточение дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) по данным ряда авторов от 8 до 30 % от общего количества за год. Закругление автомобильной дороги проектируют по расчетной схеме и формулам, предложенным вначале д.т.н. Г.Д. Дубелиром в 1938 году, а затем были проведены обширные эксперименты условий движения по закруглению д.т.н. А.В. Макаровым. Предлагая расчетные схемы и формулы по определению параметров закругления, Г.Д. Дубелир указывал на их недостатки. Таким образом, проблема снижения аварийности на кривых в плане малого радиуса относится к актуальной открытой мировой.

Параметры закругления автомобильной дороги назначали на основании субъективного подхода до 1938 года, а с 1938 года и до настоящего времени – на основании технического подхода. В связи с тем, что технический подход не учитывает человеческий фактор водителя, в 1986 году предлагали системотехнический подход (Е.М. Лобанов), а в 1998 году – антропоцентрический подход (Э.В. Гаврилов).

В этих подходах просматривается тенденция учета системного подхода без учета таксона создания, управления и воздействия на созданную специалистами разных специальностей сложную социально-детерминированную функциональную биомеханическую систему, включающую элементы «водитель», «транспортное средство» и «условия дорожного движения». «В символах и их расстановке отражена точка зрения авторов на системный подход к проблеме безопасности движения», – пишут в 1987 году В.В. Шештокас и Д.С. Самойлов.

На основании анализа технических решений с использованием системно-функционально-деятельностного детерминированного подхода можно установить: предлагаемый метод позволяет объяснить ранее полученные данные, которые нельзя объяснить с позиций технического и иных подходов; он обладает большей областью применения по сравнению с техническим подходом; системно-функционально-деятельностный детерминированный подход более прогрессивен по сравнению с другими перечисленными подходами и учитывает реальные условия дорожного движения.

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

Адашкевич В.И., Паращенко Л.А.

Белорусский национальный технический университет

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

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

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

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

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

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

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

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



## **Роль организации движения в обеспечении безопасности дорожного движения**

Адашкевич В.И., Кожевец С.Д.

Белорусский национальный технический университет

Безопасность дорожного движения — комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасности всех участников дорожного движения.

Различают активные меры, которые должны предотвратить аварии и пассивные меры, направленные на уменьшение последствий аварий.

К активным мерам относят:

- разумное проектирование и расположение объектов дорожной сети;
- изучение влияния конструкции дороги на вероятность аварии;
- совершенствование организации движения;
- правила дорожного движения;
- контроль соблюдения правил дорожного движения;
- обязательное прохождение государственного техосмотра.

К пассивным мерам относят:

- совершенствование технических средств транспортных средств и средств индивидуальной защиты;
- обустройство автомобиля наибольшим количеством подушек безопасности, использование ремней безопасности, подголовников и детских кресел; повышение жесткости кузова, а также применение усиливающих элементов в передней, задней и боковых частях кузова;
- использование приспособлений для защиты пешеходов.

К дорожной стороне проблемы безопасности можно отнести следующие мероприятия по организации движения:

- разделение транспортных потоков по скоростям и назначению;
- регулирование скоростей в соответствии с дорожными условиями посредством дорожных знаков с постоянной или меняющейся информацией;
- обеспечение четкого использования автомобилями проезжей части;
- информация водителей и пассажиров о дорожных условиях, расположении населенных пунктов, маршрутах проезда транзитных автомобилей через крупные населенные пункты.

Безусловно, обеспечение безопасности дорожного движения является проблемой комплексной; очень многое зависит от человеческого фактора, состояния транспортных средств и дорожных условий

## **Борьба с шумом в городах**

Шкурдюк П.А., Шохалевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Исследования ряда ученых у нас в стране и за границей позволили установить максимальные уровни звукового давления, ниже которых воздействие шума на организм человека является безопасным. Допустимым может считаться уровень шума, который не оказывает на человека прямого или косвенного вредного и неприятного воздействия, не снижает его работоспособности, не влияет на его самочувствие и настроение.

Можно выделить следующие виды источников городского шума: отдельные автомобили и механизмы; транспортные потоки на магистральных улицах и дорогах; рельсовый транспорт (поезда метрополитена, железнодорожные составы, трамваи); промышленно-складские и торговые предприятия и зоны; микрорайонные; жилищно-коммунальные.

Многочисленные источники городского шума разбросаны по территории города, в результате чего в городе всегда ощущается определенный «акустический фон». Его величина значительно колеблется. Она зависит от времени суток, от близости и количества источников шума и др.

Акустический комфорт может быть достигнут только путем проведения различных мероприятий, влияющих на снижение уровня шума. Защита городских территорий от шума предусматривает: снижение уровня шума самого источника или его локализацию; снижение уровня звука на пути его распространения; непосредственную изоляцию объекта защиты.

К принципиальным градостроительным решениям, способствующим снижению шума, относятся: увеличение расстояния между источником и защищаемым объектом; применение акустически непрозрачных экранов-откосов, стен и зданий-экранов; применение специальных шумозащитных полос озеленения; различные приемы планировки, рациональное размещение шумных и защищаемых объектов микрорайонов; рациональные приемы застройки магистральных улиц; максимальное озеленение территории микрорайонов и разделительных полос магистральных улиц; использование рельефа местности. К эффективным методам снижения шума относятся: организация дорожного движения, строительство покрытий из пористых асфальтобетонов, отличающихся улучшенными звукопоглощающими характеристиками.

## Определение требуемой акустической эффективности шумозащитных экранов

Андросюк И.С., Матвицевский И.А., Шохалевич Т.М.  
Белорусский национальный технический университет

В последние годы на автомагистралях наблюдается рост уровней шума. Эквивалентный уровень транспортного шума может достигать 65—75 дБ. Согласно СанПиН допустимый уровень эквивалентного шума на территории жилой застройки в дневное время не должен превышать 55 дБ, в ночное – 45 дБ. Факт превышения нормы свидетельствует о необходимости принятия мер по шумозащите населения.

Измерения эквивалентных и максимальных уровней звука производятся в дневное время (с 7.00 до 23.00 ч) и ночное время (с 23.00 до 7.00 ч), с помощью шумомеров, на расстояниях 7,5; 15; 30; 60 и 120 м от середины крайней полосы движения при отсутствии атмосферных осадков и скорости ветра менее 5 м/с., в соответствии с ГОСТ 20444.

Наибольшее распространение среди методов защиты от шума получили акустические стенки – экраны, которые изготавливаются из различных материалов: бетона, дерева, стекловолокна и других материалов.

Задачей шумозащитных сооружений на автомобильных дорогах является: обеспечение снижения уровней транспортного шума, проникающего на территорию прилегающей жилой застройки, до допустимых значений, регламентируемых санитарными нормами; либо – в противном случае – обеспечение его максимально возможного снижения.

Основным оценочным параметром экрана является его *акустическая эффективность*, на которую оказывают влияние многие факторы, характеризующие экран, источник шума и параметры окружающей среды.

Проникание звуковой энергии за экран зависит от соотношения между геометрическими размерами препятствия и длиной волны. Чем больше длина звуковой волны ( $\lambda$ ), тем меньше при данном размере препятствия область звуковой тени.

Помимо высоты и ширины экранов на область звуковой тени оказывают влияние такие факторы как: угол наклона и форма поперечного сечения экрана, а так же материалы звукопоглощающих панелей. Все эти показатели варьируются в зависимости от необходимого уровня снижения шума путем выполнения расчетов.

Принятие инновационных инженерных решений, а так же применение современных высокотехнологичных шумоизолирующих материалов в дорожном строительстве, позволяет добиться удешевления строительства шумозащитных экранов.

**Проектирование плана трассы огибающего левоповоротного  
соединительного ответвления транспортной развязки  
«Модернизированный клеверный лист»**

Яцевич И.К., Любко К., Макал Н.И.

Белорусский национальный технический университет

По ТКП 509-2014 «Примыкания и пересечения. Правила проектирования» [1] в случае дорог I категории следует проектировать полные улучшенные транспортные развязки. В транспортной развязке «модернизированный клеверный лист» одно петлеобразное соединительное ответвление (ЛПО) заменяется огибающим левоповоротным соединительным ответвлением (ОЛПО).

План трассы ОЛПО включает отмыкающую криволинейную часть на ВУ1, расположенной на дороге №1, среднюю часть и примыкающую к дороге №2 на ВУ2 криволинейную часть. Отмыкающая и примыкающие части стыкуются со средней частью с помощью прямых вставок и переходных кривых.

Предварительно проектируют продольные профили нижней и верхней автомобильных дорог. Далее назначают по ТКП [1] радиус  $R_l$  круговой кривой ЛПО и длину переходной кривой  $L_l$  и проектируют план трассы ЛПО1 и ЛПО3, продольные профили ЛПО1 и ЛПО3. Назначают высоту насыпи ОЛПО у ЛПО1 и ЛПО3 и вычисляют расстояние между осью ЛПО1 и осью ОЛПО, между осью ЛПО3 и осью ОЛПО.

Рассчитывается радиус средней огибающей части плана трассы ОЛПО  $R_c$  и соответствующая ему длина переходной кривой  $L_c$ . Вычисляются смещение  $t_c$  и сдвигка  $p_c$ .

Далее на оси симметрии плана трассы ЛПО1 и ЛПО3 на расстоянии  $(R_c + p_c)$  от точки пересечения осей дорог №1 и №2 намечают точку F и проводят прямые, перпендикулярные этим осям, до пересечения с осью сопрягаемой полосы движения дорог №1 и №2 (ВУ1 и ВУ). Прямые ВУ1F и ВУ2 сопрягаются со средней круговой частью ОЛПО с помощью переходных кривых  $L_c$ . Пикетное положение начала НС и конца КС средней круговой части плана трассы на ОЛПО вычисляется по формулам (1) и (2), а конца ОЛПО по формуле (3).

$$PK \text{ ОЛПО (НС)} = T_{BV1} + t_{BV1} + ВУ1F - t_c + L_c - Д; \quad (1)$$

$$PK \text{ ОЛПО (КС)} = PK \text{ ОЛПО (НС)} + R_c \cdot (180 - 2 \cdot \beta_c) \cdot \pi / 180; \quad (2)$$

$$PK \text{ ОЛПО (А)} = PK \text{ ОЛПО (КС)} + T_{BV2} + t_{BV2} + ВУ2 - t_c + L_c - Д. \quad (3)$$

Пикетное положение остальных характерных точек плана трассы ОЛПО определяются на основе данных о положении основных точек.

УДК 624.012

**Методика проектирования полупрямого направленного  
левоповоротного соединительного ответвления транспортной  
развязки «Модернизированный клеверный лист»**

Яцевич И.К., Филькин О.В., Дыдышко О.В., Осипенко Т.В.  
Белорусский национальный технический университет

По ТКП 509-214 «Примыкания и пересечения. Правила проектирования»[1] на пересечениях автомобильных дорог I категории следует проектировать полные улучшенные транспортные развязки. Методика проектирования ПЛПО в нормативной и технической литературе отсутствует.

План ломаной трассы ПЛПО состоит из пяти отрезков прямых, образующих четыре угла поворота. Он симметричен относительно биссектрисы угла  $\alpha$  пересечения сопрягаемых автомобильных дорог №1 и №2. Трасса ПЛПО пересекает эти дороги в разных уровнях. При проектировании плана трассы ПЛПО ставилось условие применения балочных путепроводов. Рассмотрим последовательность проектирования криволинейной части ПЛПО от начала до первого путепровода. Вначале назначаем радиус круговой кривой  $\geq 800$  м, соответствующую ему длину переходной кривой  $L$  и вычисляем угол  $\beta$  переходной кривой. Назначаем угол отклонения трассы ПЛПО от автомобильной дороги №1 минимальным, равным  $\varphi = 2\beta$  на ВУ1. Поскольку средний отрезок ломаной трассы ПЛПО перпендикулярен биссектрисе угла  $\alpha$ , то угол между осью путепровода и осью дороги №1  $\gamma = \alpha/2$ . Далее вычисляется угол поворота третьего отрезка  $\varphi_2 = \varphi_1 + \alpha/2$  на ВУ2.

По ТКП [1] назначается расчетная скорость на ПЛПО, радиус круговой кривой и длина переходной кривой. По этим данным вычисляем параметры закругления на ВУ2( $T, t, D, K_0$ ). Определяем расстояние от оси крайней полосы дороги №1 до начала путепровода  $\Delta$ , до ВУ2 ( $l_{ВУ2} = T + t + \Delta$ ) и до ВУ1 ( $l_1$ ) и расстояние между ВУ1 и ВУ2 ( $l_2$ ) по теореме синусов:

$$l_{ВУ2} / \sin \varphi_1 = l_1 / \sin(180 - \varphi_2) = l_2 / \sin \gamma.$$

Аналогично вычисляются параметры трассы ПЛПО после путепровода на дороге №2. Положение среднего отрезка ломаной трассы ПЛПО на биссектрисе угла  $\alpha$  в случае модернизированного клеверного листа с одним ПЛПО определяется по методике, принятой правоповоротного соединительного ответвления. Длина среднего отрезка  $l_{ср}$  от ВУ2 до ВУ3 определяется как сумма расстояний между пересечением среднего отрезка с осями крайних правых полос дорог №1 и №2 и  $l_{ВУ2} + l_{ВУ3}$ .

## Проектирование коробовых кривых на пересечениях автомобильных дорог

Кононова Е.И., Борис В.

Белорусский национальный технический университет

Кромки проезжей части простых и канализированных пересечений сопрягаются круговыми, переходными совместно с круговыми и коробовыми кривыми. Траектория движения автомобиля, поворачивающего направо, включает участок замедления перед поворотом и участок увеличения скорости движения (разгона) после поворота направо, чему наиболее соответствует коробовая кривая.

Коробовая кривая состоит из трех отрезков круговых кривых. Средняя кривая имеет нормируемый радиус  $R_2$ , начальная кривая проектируется радиусом  $R_1=2 \cdot R_2$ , конечная кривая имеет радиус  $R_3=3 \cdot R_2$ . В зарубежной практике принимается величина центрального угла начальной кривой  $\alpha_1=15^\circ$ , конечной кривой  $\alpha_3=20^\circ$ . Средняя кривая занимает оставшуюся величину  $\alpha_2$ .

Задачей проектирования коробовой кривой является определение величины тангенсов на входе  $T_{\text{вх}}$  и на выходе  $T_{\text{вых}}$  для двух случаев угла пересечения дорог:  $\varphi \leq 90^\circ$  и  $\varphi > 90^\circ$ .

В данной работе были рассмотрены схемы коробовой кривой в виде касательных к началу и концу каждой из трех круговых кривых, вычислены тангенсы  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  каждой круговой кривой:

$$T_1 = R_1 \cdot \tan\left(\frac{\alpha_1}{2}\right); T_2 = R_2 \cdot \tan\left[\frac{(\varphi - \alpha_1 - \alpha_3)}{2}\right]; T_3 = R_3 \cdot \tan\left(\frac{\alpha_3}{2}\right) \quad (1)$$

На основании рассмотренных ломанных к коробовой кривой получены расчетные зависимости для определения тангенсов на входе и на выходе.

В случае  $\varphi \leq 90^\circ$   $T_{\text{вх}}$  и  $T_{\text{вых}}$  определяются по следующим формулам:

$$T_{\text{вх}} = T_1 + (T_1 + T_2) \cdot \cos \alpha_1 + S_2 \cdot \sin \varphi - (S_1 - S_2 \cdot \cos \varphi) \cdot \cot \varphi \quad (2)$$

$$T_{\text{вых}} = T_3 + (T_2 + T_3) \cdot \cos \alpha_3 + (S_1 - S_2 \cdot \cos \varphi) \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

В случае  $\varphi > 90^\circ$   $T_{\text{вх}}$  и  $T_{\text{вых}}$  вычисляются по следующим формулам:

$$T_{\text{вх}} = T_1 + (T_1 + T_2) \cdot \cos \alpha_1 + S_2 / \sin(180 - \varphi) + S_1 \cdot \cot(180 - \varphi) \quad (4)$$

$$T_{\text{вых}} = T_3 + (T_2 + T_3) \cdot \cos \alpha_3 + S_1 / \sin(180 - \varphi) + S_1 \cdot \cot(180 - \varphi) \quad (5)$$

В выражениях (2) - (5) величины  $S_1$  и  $S_2$  определяются по формулам:

$$S_1 = (T_1 + T_2) \cdot \sin \alpha_1; \quad S_2 = (T_2 + T_3) \cdot \sin \alpha_3; \quad (6)$$

При разбивке коробовой кривой начало и конец коробовой кривой определяют по величине тангенсов  $T_{\text{вх}}$  и  $T_{\text{вых}}$ . Положение начальной и конечной круговых кривых определяют методом прямоугольных координат. Среднюю кривую разбивают от хорды, соединяющей конец начальной и начало конечной круговой кривой.

## Аварии сооружений и конструкций

Минова О.Е., Воеводова В.О.

Белорусский национальный технический университет

Мосты являются одними из наиболее ответственных и дорогих инженерных сооружений. Поэтому проектированию мостов уделяется особое внимание. В мире огромное количество мостов, которые являются символами городов и представляют собой интереснейшие сооружения и с точки зрения архитектурной эстетики и с точки зрения инженерного мастерства. По принятой в нашей стране системе образования основы проектирования мостов преподают только в транспортных вузах. В инженерно-строительных институтах сведения о мостах преподаются в очень сжатом объеме.

При строительстве мостов, кроме тщательно разработанного проекта, очень важен также метод возведения конструкций. В настоящий момент очень большое количество мостов находится в аварийном или предаварийном состоянии. Эксплуатирующие службы должны реагировать на дефекты, возникшие в несущих конструкциях.

Металлические конструкции находятся в несколько худшем положении, чем инженерные конструкции, выполненные из других материалов. Высокие расчетные сопротивления и обусловленные ими легкость и ажурность металлических конструкций могут привести к тому, что недостаточное сопротивление только одного конструктивного элемента (затяжки в арках и рамах, ванты в вантовых конструкциях) вызывает аварию всей конструкции. В строительной практике известны такие примеры, когда причиной аварии каменных, бетонных, деревянных и других конструкций были дефекты металлических элементов, входящих в общий конструктивный комплекс.

При исследовании аварий конструкций, их отдельных элементов или целых сооружений всегда имеет место стечение ряда неблагоприятных факторов. К наиболее часто допускаемым ошибкам относятся:

- неправильная очередность монтажа;
- отсутствие опор и монтажных связей;
- неправильное выполнение монтажных соединений;
- неточная рихтовка элементов.

При правильном порядке монтажа каждый монтируемый элемент присоединяют к полностью устойчивой системе. Даже точно запроектированная конструкция может подвергнуться аварии во время монтажа в случае его неправильной очередности.

**Особенности конструкций консольных мостов**

Минова О.Е., Корж Д.М.

Белорусский национальный технический университет

В консольном мосту, в отличие от балочного моста, несущей конструкцией являются консоли, закрепленные на одном конце, которые противостоят напряжению в верхней части и сжатию в его нижней части.

Наплавные или понтонные мосты устанавливаются на определенное время, затем демонтируются. Они монтируются на плавучих опорах с малым применением бетона.

Пролетные строения балочно–консольной системы по затрате металла близки к неразрезным. Наличие шарнирных сопряжений придает консольной системе статическую определенность, в связи с чем неравномерные осадки опор не отражаются на работе пролетных строений. Консольные мосты формируются из одноконсольных или двухконсольных пролетных строений, поддерживающих подвесные пролетные строения. В многопролетных мостах могут быть использованы оба типа.

Консольные системы обеспечивают необходимые продольные и угловые деформации пролетного строения за счет устройства по его оси продольно подвижного шарнира или подвесного пролетного строения, шарнирно опирающегося на концы консолей. Применением продольно-подвижного шарнира создаются наиболее благоприятные условия для возведения пролетных строений с многократно повторяющимися элементами и деталями. К одному из недостатков таких систем надо отнести получающиеся над шарнирами в период эксплуатации переломы продольного профиля проезжей части, вызываемые проявлением во времени пластических деформаций. Эти деформации зависят от многих трудно учитываемых факторов: напряженного состояния конструкции в период строительства и эксплуатации, возраста бетона к моменту загрузки и создания предварительного напряжения, климатических особенностей района, состава бетона и характеристик составляющих.

Известно, что консольно-балочной системе присущи достоинства как разрезных, так и неразрезных балок (простота, повышенная жесткость, нечувствительность к неравномерным осадкам опор). Использование неразрезных и консольных пролетных строений дает экономию за счет уменьшения размера промежуточной опоры вследствие размещения только одной опорной части, а также центральной передачи давления пролетного строения на опору.



УДК 624.012

**О проблеме самодостаточности автомобильных дорог  
как отрасли производства**

Ковалев Я.Н, Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Проблема самодостаточности автомобильных дорог, т.е. их полной самокупаемости или хотя бы частичной независимости от государственного бюджета – проблема новая, чрезвычайно актуальная и почти неразработанная не только в СНГ, но и во всем мире. Она непосредственно затрагивает вопросы экономики, развития и совершенствования автомобильных дорог.

Грузовые автомобили с различными осевыми нагрузками, создают неравнозначный эффект разрушения дорог, что требует учета этого факта при рассмотрении вопроса о компенсации разрушений дороги, вызываемых при проезде автомобилей с требуемой грузоподъемностью.

Налицо наличие явного противоречия в технико-экономическом процессе компонентов системы «автомобиль-дорога». Автомобиль (активный фактор) постоянно наращивает свои основные параметры: грузоподъемность и скорость, не желая возмещать вызываемый при этом разрушающий эффект у дорог, а дорога (пассивный компонент) не успевает, а главное – не имеет адекватных финансовых средств на своевременную компенсацию возникающих дефектов и разрушений. Как разрешить эту проблему? Казалось бы ответ прост: если у государства не хватает средств на содержание и ремонт дорог, обеспечивающих их ровность и прочность, тогда сама дорожная отрасль должна искать средства для своего самодостаточного существования, причем с поиском стимулов для приобретения прибыли от предоставляемых перевозчикам транспортных услуг. Следует отметить, что введение практики платных дорог – это не панацея в решении затронутой проблемы. Это лишь один из возможных частных путей в ее решении.

Очевидно, настало время рассматривать автомобильные дороги (вернее, оказываемые ими транспортные услуги) как отдельную специфическую экономическую категорию, т.е. как самостоятельную (самодостаточную) отрасль производства в дорожно-транспортном комплексе государства. Причем, для реализации этого положения необходимо разработать ряд мероприятий, которые могли бы осуществлять дорожная отрасль при предоставлении ей государством определенных преференций.

Гранулирование – широко распространенный технологический процесс переработки сыпучих и вязко-пластичных материалов в отдельные частицы или их конгломераты с размером от 1 до 10мм.

Большинство способов гранулирования основано на прокатке исходного материала в полосы, которые подвергаются в дальнейшем дроблению в гранулы.

Существуют также методы, совмещающие одновременно прокатку и выдавливание материала через отверстия перфорированного вала с последующим срезанием выдавливаемых стержней. Непрерывность процесса гранулирования обеспечивает его высокую производительность и низкий уровень энергоемкости. Эта работа, по существу, является одной из первых, посвященных гранулированию битумоминеральной композиции. Большинство известных работ в этой области в качестве объекта гранулирования обычно рассматривает порошкообразные материалы различной природы.

В связи с этим, представляет известный научный интерес рассмотрение теоретического аспекта этой крупной инженерной задачи применительно к получению гранул из пастообразной композиции, состоящей из вязкого нефтяного битума и минерального порошка.

По-существу, условия деформаций формируемых гранул, имеющих сферическую или цилиндрическую форму, дают определенное представление о связи контактных напряжений ( $\sigma$ ) со свойством материала, размерами и формой частиц.

Действительно, в ряде работ утверждается, что сопротивление уплотнению порошкообразных материалов в значительной степени зависит от условий его деформации, однако большинство этих работ основано на рассмотрении условий деформации тела, имеющего свободные поры, а не вязко-пластичной среды, которой является система «битум+минеральный порошок» (асфальтовяжущее вещество).

Задача получения битумоминеральных гранул заданного размера применительно к схеме валкового гранулятора сводится к рассмотрению напряженно-деформированного состояния формируемой цилиндрической гранулы при ее обжатии в процессе «проталкивания» через стенки гранулятора.

## **Коррозионная стойкость асфальтобетонных покрытий**

Шишко Н.И., Гатальский Р.К.

Белорусский национальный технический университет

Асфальтобетон, как композиционный материал, в результате своей работы в конструкции дорожной одежды претерпевает ряд воздействий и нагрузок, связанных как с транспортом, так и с влиянием погодноклиматических факторов. Важнейшим свойством асфальтобетона, предопределяющим долговечность этого материала, является устойчивость его структуры в условиях изменяющегося влажностного и температурного режимов. Асфальтобетон в основном разрушается при длительном или периодическом увлажнении, а также в результате попеременного замораживания и оттаивания.

При длительном увлажнении вода проникает в поры асфальтобетона, частично насыщает битум, проникает через дефектные места битумных слоев к поверхности минеральных зерен. Все это способствует отслаиванию битумных пленок, особенно при недостаточной адгезии их к поверхности минеральных частиц. В конечном счете эти явления приводят к ослаблению структурных связей в асфальтобетоне, что облегчает его разрушение под действием транспортных средств.

Коррозионные разрушения асфальтобетонных покрытий обычно проявляются в виде усиленного выкрашивания асфальтобетона или минеральных частиц, приводящего к большому износу покрытия и к образованию значительного количества отдельных разрушенных участков (выбоин).

Опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий показывает, что они особенно интенсивно разрушаются от атмосферной коррозии в период длительного увлажнения, а также во время оттепелей, которым предшествовало значительное количество знакопеременных колебаний температур.

Подобные разрушения, часто наблюдаемые в весеннее время, связаны с недостаточной коррозионной устойчивостью (недостаточной водо- и морозостойкостью) асфальтобетона. Недостаточная коррозионная устойчивость является наиболее частой причиной преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий во многих районах страны, особенно в районах избыточного увлажнения и с частыми знакопеременными температурами.

Таким образом, применение асфальтобетонов, более устойчивых против атмосферной коррозии, является одним из важнейших факторов, способствующих удлинению сроков службы покрытий.

## **Проектирование малых кольцевых пересечений на автомобильных дорогах**

Шишко Н.И., Андросюк И.С.

Белорусский национальный технический университет

Кольцевые пересечения в одном уровне являются альтернативным вариантом при проектировании пересечений и примыканий. Они успешно могут использоваться наряду с полностью или частично канализованными пересечениями и примыканиями.

Кольцевые пересечения подразделяются в зависимости от максимальной суммарной интенсивности движения на пересекаемых дорогах: малого диаметра (до 6000 авт/сут), среднего диаметра (до 9000 авт/сут) и большого диаметра (до 12000 авт/сут). В зависимости от типа кольцевого пересечения варьируется диаметр центрального островка, который в свою очередь служит визуальным препятствием для движения в прямом направлении и тем самым принуждает водителей транспортных средств снижать скорость перед данным типом пересечения. Диаметр центрального островка до 25 м устраивается при малых кольцевых пересечениях, более 25 м и до 60 м – для кольцевых пересечений среднего диаметра и более 60 м – для пересечений большого диаметра.

Кольцевые пересечения с малыми центральными островками применяются, как правило, в стесненных условиях, в пригородной зоне и в пределах малых населенных пунктов.

При малом радиусе центрального островка, как правило, ширины проезжей части кольцевого пересечения недостаточно для проезда габаритных транспортных средств, поэтому рекомендуется устраивать уширение проезжей части за счет центрального островка. Ширина проезжей части на кольцевом пересечении остается постоянной на всем его протяжении.

Основным плюсом кольцевых пересечений можно назвать исключение наиболее опасных конфликтных точек в зоне пересечения транспортных потоков, так простое пересечение автомобильных дорог в одном уровне имеет 32 потенциально опасные точки, из них 4 являются наиболее критичными – это точки пересечения транспортных потоков под углом близким к прямому. Кольцевые пересечения по своему планировочному решению имеют только точки разветвления и слияния потоков, во многом безопасность движения по кольцевому пересечению обеспечивается достаточной длиной участка перестроения, который находится между точками слияния и разветвления потоков и определяется исходя из конкретных условий.

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

А.А. Бородич, Л. Р. Мытько

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-транспортный травматизм – важная социально-экономическая и общественная проблема в Республике Беларусь и причина преждевременной смерти – в среднем 1,5 тыс. чел. в год. Помимо этих случаев смерти, ежегодно около 8,0 тыс. чел. 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, сумма которого достигает 3% валового внутреннего продукта.

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.

В данной работе изучены и проанализированы основные методики, используемые различными европейскими государствами, США, а также странами СНГ для учета потерь от дорожно-транспортных происшествий, основные пути их предотвращения, основные направления деятельности по снижению аварийности, а также 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.

## **Новые технологии устройства защитного слоя гидроизоляции мостов**

Коликов А.О., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Технологии устройства гидроизоляций проезжей части мостовых и дорожных покрытий сильно изменились за последние годы. Повышенные требования к качеству гидроизоляции дорожной одежды и его долговечности, послужили серьезным толчком в сторону использования более современных гидроизоляционных технологий и создания материалов, обеспечивающих сроки службы без ремонта покрытия мостов и ремонта дорог на 20 лет и более. Традиционная и устаревшая технология устройства проезжей части автодорожных мостов включает в себя укладку железобетонного выравнивающегося слоя, слоя гидроизоляционного покрытия, железобетонного защитного слоя, армированного металлической сеткой, и двухслойного асфальтобетонного покрытия. Такое устройство гидроизоляции дорог и мостов давно изжило себя, но, тем не менее, эту порочную практику используют до сих пор.

Основным недостатком цементобетонного защитного слоя покрытия является большое время затвердевания бетона, а именно 28 суток. Это существенно замедляет ход строительства. Иногда это требование нарушается, что приводит к образованию трещин и, как следствие, специфических белых пятен на дорожном покрытии.

Основным преимуществом асфальтобетонного защитного слоя является его быстрое затвердение, что позволяет практически сразу продолжать работу по укладке дорожной одежды.

Основным сдерживающим фактором применения асфальтобетонного защитного слоя являлась его высокая температура при укладке. Из-за этого гидроизоляция плавилась, что недопустимо. В настоящее время с развитием материаловедения, появились новые, тугоплавкие виды гидроизоляции, которые выдерживают достаточно высокие температуры.

Применение современных высокотехнологичных гидроизоляционных материалов с асфальтобетонным защитным слоем в дорожном строительстве и ремонте мостов, позволяет не только обеспечить защиту от разрушительного воздействия воды и других агрессивных сред, но и добиться удешевления строительства автомобильных дорог, а также снижения веса пролетного строения за счет применения конструкций дорожной одежды облегченного типа, без устройства бетонных защитных и выравнивающих слоев дорожной одежды.

**Особенности восприятия водителем дорожных условий\***

Бородавко Т.В., Варкулевич В.А.

Белорусский национальный технический университет

Безопасность движения на дорогах зависит от безотказной работы всех звеньев комплекса «водитель — автомобиль — дорога — среда». Главным звеном в этой системе является водитель, под надежностью которого понимается его способность правильно и своевременно оценивать ситуацию и выбирать оптимальный режим движения.

В деятельности водителя внимание играет исключительно важную роль. Внимание имеет несколько характеристик:

**Направленность внимания.** Водитель, управляющий автомобилем, направляет свое внимание на выполнение определенных задач, действий, связанных с решением транспортной задачи, обеспечением безопасности и соблюдением режима движения.

**Распределение внимания.** При управлении автомобилем водитель одновременно наблюдает за показаниями приборов, изменяющейся окружающей обстановкой, осуществляет управление автомобилем. При работе водитель не ограничивается выполнением только одной задачи, он распределяет внимание между несколькими задачами и объектами.

**Переключение внимания.** При остановке автомобиля у светофора водитель сосредоточивает свое внимание на его показаниях. При загорании желтого сигнала внимание водителя переключается на управление автомобилем, оценку и прогнозирование положения своего автомобиля.

**Напряженность внимания.** Напряженность характеризует степень активности внимания. Чем сложнее дорожная ситуация, тем больше степень напряженности внимания. Очевидно, что напряженность внимания водителя автомобиля, движущегося в потоке машин, выше, чем у водителя, движущегося по свободной от других участников движения проезжей части.

В настоящее время разрабатываются пути, направленные на поиск новых подходов к обеспечению дорожного движения в современных условиях, ориентированные на психологию. К числу таких мер относится введение психологического тестирования на профессиональную пригодность кандидатов в водители с выдачей соответствующих рекомендаций и проведением коррекционных мероприятий, в полной мере способствует более качественной подготовке водителей.

---

\* Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Мытько Л.Р.

## **Мониторинг дорожно-транспортной обстановки с использованием беспилотных летательных аппаратов\***

Чеклина Н.Д., Панкевич А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Протяженность автомобильных дорог Республики Беларусь составляет более 86 тысяч километров. Для мониторинга дорожно-транспортной обстановки с целью получения информации для оперативного управления транспортно-эксплуатационным состоянием дорог необходимо большое количество автомобилей, специального оборудования, инженерно-технических работников. Учитывая большую протяженность автомобильных дорог, для получения точной информации о состоянии дорожной обстановки потребуется значительный период времени.

В последние годы для получения оперативной информации с больших территорий широкое применение находят различные летательные аппараты, в том числе и беспилотные. Беспилотные летательные аппараты с успехом могут использоваться в сельском хозяйстве для наблюдения за состоянием посевов, в лесном хозяйстве для охраны лесов от пожара, особенно в малонаселенных регионах, в нефтегазовом секторе, в военной сфере и службами безопасности.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты находят применение и в дорожном хозяйстве при проектировании, строительстве и содержании автомобильных дорог. Они используются для следующих операций: аэрофотосъемка автомобильных и железных дорог, придорожной обстановки; учет и мониторинг автомобильных дорог, объектов придорожной инфраструктуры; оценка эксплуатационного состояния автомобильных дорог; поддержка в натурных изысканиях при проектировании дорог.

Летательный аппарат может курсировать на высоте до 4 км, автоматически определяя и огибая препятствия. В облачную погоду беспилотные летательные аппараты более эффективны, чем, к примеру, спутники

В современных условиях основным недостатком широкого применения беспилотных летательных аппаратов в народном хозяйстве является их высокая первоначальная стоимость и дорогостоящее содержание. Но через несколько лет затраты на производство и обслуживание беспилотных летательных аппаратов могут быть снижены, за счет применения современных материалов и инновационных технологий.

---

\* Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Мытько Л.Р.



**Международный опыт использования нетрадиционных источников энергии при содержании транспортных объектов\***

Коликов А.О.

Белорусский национальный технический университет

С каждым годом традиционные энергоносители дорожают, поэтому исследования, направленные на изыскание альтернативных источников энергии, являются актуальными. В некоторых странах Евросоюза широко используются солнечная энергия, находят применение ветряные энергоустановки, что актуально в условиях ограниченности запасов традиционных источников и экологической ситуации.

Целью работы является рассмотрение перспектив применения альтернативных источников энергии на автомобильных дорогах и транспортных сооружениях. Для этого поставлены следующие задачи:

1. Изучить опыт использования возобновляемых источников энергии на автомобильных дорогах и транспортных сооружениях в разных странах:

- Применение солнечной энергии в странах Евросоюза,
- Инновационные технологии Японии «Умные дороги», повышающие безопасность движения и заряжающие электромобили;

2. Предложить варианты применения альтернативных источников энергии на автомобильных дорогах и транспортных сооружениях:

- Использование автомобильных дорог на открытых территориях в качестве площадей для сооружения электростанций на альтернативных источниках энергии,
- Применение ветрогенераторов на мостах и путепроводах,
- Применение плоских трубопроводов на мостовом дорожном полотне для эффективного использования температурных колебаний покрытия;

3. Проанализировать перспективы массового использования альтернативных источников энергии в Республике Беларусь.

К основным преимуществам возобновляемых источников энергии относится их неограниченность и экологическая чистота. Энергия солнца, ветра, геотермальная энергия неограниченны, в отличие от запасов нефти и газа. Система энергоснабжения всех стран будет вынуждена переходить на возобновляемые источники в будущем. Применение данных установок на автомобильной дороге поможет ускорить их окупаемость, а также сделает дороги относительно энергонезависимыми.

---

\* Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Мытько Л.Р.

## **Применение георадаров при диагностике автомобильных дорог\***

Калацкий А.С.,

Белорусский национальный технический университет

Поддержание автомобильных дорог в работоспособном состоянии требует выполнения своевременных и эффективных видов ремонтных работ. По результатам диагностики получается полный спектр количественных характеристик участков автомобильных дорог: модуль упругости на поверхности дорожной конструкции, коэффициент сцепления, ровность покрытия и т.д.

Для назначения эффективных видов ремонтных работ необходимо знать толщины конструктивных слоев дорожных одежд, влажность и плотность грунтов земляного полотна и подстилающего основания, положение уровня грунтовых вод и пространственное очертание подошвы геологических слоев под телом насыпи.

Все вышеперечисленные параметры можно определить только с помощью георадаров.

Георадар – это радиолокационный прибор для зондирования грунтов и неразрушающего контроля неметаллических строительных конструкций.

Принцип действия георадара тот же, что и у обычных импульсных радаров. В изучаемую среду излучается электромагнитная волна, которая отражается от разделов сред и различных включений. Отраженный сигнал принимается и записывается георадаром. Он включает в себя блок управления, устройство отображения – портативный компьютер или специализированный компьютер, сменные антенные блоки из приемной и передающей антенны.

Георадары нашли применение в геодезии, дорожном строительстве, обследовании взлетно-посадочных полос аэродромов, промышленном и гражданском строительстве, поиске подземных коммуникаций, охране окружающей среды, археологии.

Основные преимущества георадаров:

- проведение изысканий без нарушения целостности поверхности;
- работа на самых различных поверхностях – лед, асфальт, бетон, фундамент, стены зданий, пересеченная местность и прочих;
- мобильность и высокая скорость проведения работ;
- возможность построения трехмерных моделей объектов;
- обнаружение и картографирование неоднородностей в режиме «реального времени».

---

\* Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Мытько Л.Р.

**Влияние дорожных условий на безопасность движения\***

Березина М.М.

Белорусский национальный технический университет

По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно жертвами дорожно-транспортных происшествий во всем мире становятся 1,2 млн. человек, а около 50 млн. получают ранения или остаются инвалидами. К 2020 году ДТП будут находиться на десятом месте среди причин смертности на планете.

Около 20% дорожно-транспортных происшествий прямо или косвенно связаны с дорожными условиями.

Не менее важно для обеспечения безопасности предупреждение возникновения аварийных условий на дорогах ещё при проектировании и в процессе последующей их эксплуатации с тем, чтобы водитель, строго соблюдающий правила движения, был гарантирован от возможности дорожно-транспортного происшествия.

Безопасность должна обеспечиваться дорожниками, а не органами регулирования движения.

Безопасность движения обеспечивается следующими мероприятиями: поддержание ровности покрытий путём заделки выбоин, устранения просадок на покрытиях; создание шероховатости покрытий, обеспечивающую необходимый коэффициент сцепления шин с покрытием; поддержание дороги в чистоте путём очистки от пыли, грязи, листьев; обеспечение безопасности дороги зимой, обеспечение видимости на дорогах путём срезов откосов выемок и расчистки растительности на полосе отвода участков дорог, расположенных на кривых в плане; обеспечение пересечения дорог в разных уровнях; установлением дорожных знаков и содержанием их в хорошем состоянии, устройством разметки проезжей части; установкой ограждения.

Служба организации движения должна осуществлять регулярный надзор за состоянием дороги, добиваясь немедленного устранения повреждений, угрожающих безопасности движения, проводить периодический контроль коэффициента сцепления, выполнять ряд работ по текущему обеспечению нормальной службы дороги, принимать оперативные меры по ликвидации возникших опасных для движения условий, восстановлению поврежденных знаков и ограждений, организовывать пропуск движения при выполнении ремонтных работ, снежных заносах, гололеде.

---

\* Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Мытько Л.Р.

## Влияние параметров шин автомобиля на надежность дорожной одежды

Веренько В.А., Артюх С.В.

Белорусский национальный технический университет

При выборе схемы распределения нагрузки необходимо учитывать особенности современных транспортных средств. Современные шины высокого давления распределяют нагрузку неравномерно, а сконцентрированы в центре отпечатка, что приводит к повышению сдвигающих напряжений в покрытии и появлению колеи, в то время как шины низкого давления имеют плавное распределение нагрузки, однако ее интенсивность сохраняется на большую глубину. В результате автомобили с шинами высокого давления приводят к преждевременному выходу из строя материалов покрытия, а низкого давления к накоплению остаточных деформаций в грунте земляного полотна и потере ровности. Поэтому при расчете дорожных одежд и оценке устойчивости материала покрытия желательно учитывать различные виды расчетных нагрузок.

Выполненные нами исследования показали, что удельное давление на покрытие возрастает с повышением давления в шине и ростом нагрузки на колесо. При этом рост нагрузки на колесо (при прочих равных условиях) оказывает меньшее влияние на повышение контактного давления по сравнению с ростом давления воздуха. Так, при увеличении в 2 раза нагрузки на колесо при неизменном внутреннем давлении давление по площади отпечатка возрастает на 5-10%, в то время как при увеличении в 2 раза внутреннего давления в шине при равной нагрузке на колесо – на 40-45 %. Связано это с тем, что при уменьшении давления воздуха в шине происходит рост площади и изменение конфигурации отпечатка колеса (переход отпечатка от прямоугольника к кругу).

Выполненные расчеты показали, что рост нагрузки на ось с 10 до 13 тонн (колесо спаренное, давление воздуха в шине 0,5) снижает коэффициент запаса материала из условия сдвигоустойчивости на 2-5%. При этом возможная площадь и размеры пластических деформаций практически не изменяться. Если же при нагрузке в 10 тонн увеличить удельное давление воздуха с 0,5 до 0,75, то коэффициент запаса материала из условия сдвигоустойчивости снизится на 10-15%, а при увеличении с 0,5 до 1,0 на 30-40%. Чтобы снизить коэффициент запаса на такую же величину необходимо увеличить нагрузку на ось с 10 тонн до 22 тонн. То есть, в данном случае более опасно увеличение давления воздуха, чем рост нагрузки на ось.

## Методика оценки надежности дорожного покрытия на устойчивость к пластическим деформациям

Веренько В.А., Матвицевский И. А.

Белорусский национальный технический университет

Устойчивость материала к пластическим деформациям будет обеспечена, если в результате действия транспортной нагрузки при высоких летних температурах, когда несущая способность вязких связей минимальна, не будет происходить разрушение конденсационно-кристаллизационного каркаса (сплошных упругих связей  $n_y$ ).

Следовательно, обеспечить работу композитного материала без появления остаточных деформаций можно при условии превышения прочности конденсационно-кристаллизационного каркаса материала над уровнем напряжений, вызванных транспортной нагрузкой.

То есть, напряжения от транспортной нагрузки ( $\tau$ ) не должны превышать истинного предела пластичности или  $R_c \cdot n_0$ .

Однако ввиду очень малых значений истинного предела пластичности, для применяемых в настоящее время материалов, выполнение вышеуказанного условия практически нереально.

Поэтому величину напряжений целесообразно ограничить прочностью конденсационно-кристаллизационного каркаса с учетом наличия внутреннего трения и обрабатываемых вязких связей.

То есть материал должен работать в зоне линейной вязкоупругости и величина напряжений не должна превысить условного предела пластичности.

В этом случае условие устойчивости материала к пластическим деформациям можно представить в виде:

$$\tau \leq (n_{y1} + n_y) R_c + \sigma t g \varphi \leq R_c \cdot \left( \frac{E_t + E_{ол}}{E_c} \right) + \sigma \cdot t g \varphi$$

Таким образом, устойчивость материала к пластическим деформациям определяется его константами, независимыми от времени действия нагрузки и температуры ( $R_c$  и  $E_c$ ), значениями угла внутреннего трения и реологическим комплексным параметром  $Et$ , величина которого зависит от температуры времени действия нагрузки и условий ее приложения.

Этот параметр (модуль релаксации) очень важен.

Гурбо Н.Д., Аваков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Технология Inline pave – это укладка двух слоёв асфальтобетона одновременно двумя асфальтоукладчиками в одном рабочем проходе.

Новый способ укладки, представляющий интерес как в отношении экономии затрат, так и в отношении повышения качества, предусматривает укладку за один проход слоя биндера и замыкающего слоя один за другим – "горячее по горячему". При этом, благодаря технологии высокого уплотнения, уплотнение катком слоя биндера больше не требуется, так как рабочими органами асфальтоукладчиков уже достигается очень высокое уплотнение.

Технология двухслойной укладки за один проход может применяться для нового строительства и для восстановления дорожных одежд, захватывая одну полосу как шириной в колею грузового автомобиля, так и шириной до 8,5 м.

Технология Inline pave имеет следующие преимущества:

1. Снижение затрат: Сокращение расхода дорогого материала для замыкающего слоя благодаря использованию более дешевой и более жесткой смеси с повышенной стабильностью к деформации. Уменьшение затрат на содержание машин и оборудования, а также на рабочую силу, так как укатка биндера больше не требуется. Снижение затрат на материалы и рабочую силу благодаря отказу от разбрызгивания битумной эмульсии в качестве вяжущего;

2. Увеличение срока службы дорожной одежды: Оптимальное сцепление биндера и замыкающего слоя гарантирует их отличную связь. К тому же, уплотнение замыкающего слоя при его достаточно низкой пористости способствует удлинению срока службы этого слоя до 15 лет и более. За счет устройства жестких биндера и замыкающего слоя срок службы асфальтобетонной дорожной одежды может достигать срока службы бетонных дорог;

3. Простота укладки также и в холодных регионах и в холодное время года.

Значительно меньший перепад температур в пакете слоев дорожной одежды позволяет получать более высокое уплотнение и расширять временное окно, в котором оно возможно. Следовательно, этот способ является преимущественным для укладки в холодный сезон.

**Современные технологии и устройства для организации дорожного движения**

Корень И.В.

Белорусский национальный технический университет

Дорожное движение в настоящее время следует рассматривать как одну из самых сложных составляющих социально-экономического развития городов и регионов. В данной области должны использоваться самые современные технологии сбора и обработки информации о параметрах транспортных потоков (плотности, скорости, составе) с целью обеспечения безостановочного движения по улицам и дорогам. Происходящие в стране значительные социально-экономические преобразования предъявляют новые требования к уровню согласованности всех сфер жизнедеятельности общества – в том числе в системе транспортных перевозок. Между тем в последние десятилетия нарастает несбалансированность между потребностями в транспортных услугах и реальными пропускными способностями всех видов транспорта. Возможности экстенсивного пути удовлетворения потребностей общества в наращивании объемов перевозок пассажиров и грузов путем увеличения численности транспорта в значительной мере исчерпаны – особенно в крупных городах. В настоящее время ведется разработка и внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) разного масштаба.

Сфера продвижения ИТС в мировой практике варьируется от решения проблем общественного транспорта, существенного повышения безопасности дорожного движения, ликвидации заторов в транспортных сетях, повышения производительности интермодальной транспортной системы (включая автомобильный, железнодорожный, воздушный и морской транспорт) до экологических и энергетических проблем.

Сегодня наиболее активно развиваются базовые технологии для транспортной инфраструктуры и транспортных средств: управление движением на автомагистралях, коммерческие автоперевозки, предотвращение столкновений транспортных средств и безопасность их движения, электронные системы оплаты транспортных услуг, управление при чрезвычайных обстоятельствах, управление движением на основной уличной сети, управление ликвидацией последствий ДТП, управление информацией.

## Способы снижения аварийности на автомобильных дорогах

Борис В.М., Аксенович К.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Прогрессивно возрастающая мобильность населения вызывает увеличивающийся спрос на колесные транспортные средства, приводит к возрастанию плотности транспортных потоков и вероятности аварий. Дорожные происшествия являются самой опасной угрозой здоровью людей во всем мире. Ущерб от ДТП превышает ущерб от всех иных транспортных происшествий (самолетов, кораблей, поездов, и т. п.), вместе взятых. ДТП являются одной из важнейших мировых угроз здоровью и жизни людей.

К техническим предписаниям по безопасной эксплуатации автомобилей нужно отнести обязательное включение фар в светлое время суток. Согласно официальным данным, в европейских странах такая простая мера позволила снизить аварийность в среднем на 20-25 процентов. Климат в Беларуси очень похож на климат соседней Польши и стран Скандинавского полуострова.

С переходом на зимнее время у нас рано темнеет, часто бывают туманы, дожди, мокрый снег и видимость на дорогах существенно ухудшается. По данным метеорологов пасмурных дней с ноября по апрель в Беларуси значительно больше, чем солнечных и ясных. Важность соблюдения технических предписаний и рекомендаций по безопасной эксплуатации автомобилей, в том числе, комбинированной ошиновки, является одним из необходимых условий безопасности дорожного движения.

На загруженных магистральных дорогах движениям для повышения безопасности дорожного движения необходимо выполнить следующие мероприятия с использованием технических средств организации дорожного движения:

- 1) установка защитных ограждений по всей трассе: металлические ограждения барьерного типа вдоль обочин;
- 2) дополнительно установка сетчатого металлического ограждения высотой 2 м вдоль всей трассы для предотвращения выхода на дорогу животных и людей;
- 3) установка железобетонных ограждений парапетного типа вдоль центральной разделительной полосы.

Такие меры уже применены во многих странах Европы, что позволило существенно повысить безопасность дорожного движения.



**Влияние включенного ближнего фар автомобиля света  
в дневное время на безопасность дорожного движения**

Аксеневич К.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Беларусь рискует стать единственной среди стран со схожим климатом, которая в осенне-зимний период не борется с аварийностью на дорогах обязательным включением фар в светлое время суток.

Согласно официальным данным, в европейских странах такая простая мера позволила снизить аварийность в среднем на 20-25 процентов.

Она успешно применяется в Канаде, США, Дании, Финляндии, Норвегии, Швеции, Чехии, Словакии. Климат в Беларуси очень похож на климат соседней Польши и стран Скандинавского полуострова.

С переходом на зимнее время у нас рано темнеет, часто бывают туманы, дожди, мокрый снег и видимость на дорогах существенно ухудшается. Метеорологи констатируют: пасмурных дней с ноября по апрель в Беларуси значительно больше, чем солнечных и ясных.

У западных специалистов необходимость включенных фар сомнений не вызывает. Специалисты голландского исследовательского института безопасности дорожного движения (SWOV) провели специальное исследование, в ходе которого было установлено, что 50 процентов ДТП с летальным исходом происходят из-за того, что водитель поздно замечает опасность.

Западные эксперты уже давно выяснили, что ближний свет на равнинных участках дороги делает автомобиль заметным на расстоянии до 1 километра.

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

Многих беспокоит и то, что быстрее перегорают лампочки фар. Выше перечисленные факторы не являются существенными, когда речь идет о жизни людей.

## Преимущества и недостатки бетонных дорог

Мartiнович П.А., Стрельчук Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Асфальтированные дороги изнашиваются быстрее, чем дороги из бетона, но во многих странах бетонные дороги заменяют асфальтированными, так как они дешевле, несмотря на то, что бетонные дороги обладают рядом преимуществ

Преимущества бетонных дорог изложены ниже.

1. Бетонные дороги прочны и не испытывают необходимости в ремонте. У бетонных дорог срок службы более сорока лет, тогда как асфальтированные дороги изнашиваются в течение десяти лет. Более того, во время эксплуатации дорогам из бетона не требуется частый ремонт, который требуется асфальтированным дорогам.

2. Транспортные средства потребляют на них меньше топлива. Транспортное средство во время передвижения по бетонной дороге потребляет на 15-20 % меньше топлива, чем при движении по асфальтированной дороге. Это связано с тем, что дорога из бетона не деформируется под колесами нагруженных грузовиков.

3. Бетон стоек к утечке автомобильного топлива и к экстремальной погоде. В отличие от асфальтированных дорог, бетонные дороги не повреждаются от масел и топлива транспортных средств или от условий экстремальной погоды, ливней или чрезвычайно высокой температуры воздуха.

4. Бетон более экологичен, чем асфальт. При мощении дорог асфальтом (битумом) происходит сильное загрязнение воздуха. Кроме того, меньшее потребление топлива транспортными средствами, передвигающимися по бетонным дорогам, означает меньшее загрязнение окружающей среды.

5. Осуществляется экономия природных ресурсов. Асфальт (битум) производится из нефти, запасы которой уменьшаются. Бетон (цемент) производится из доступного известняка.

Недостатки бетонных дорог:

- стоимость работ по укладке. Стоимость мощения бетонной дороги немного выше, по сравнению с покрытием асфальтом;

- проблема в обслуживании. В случае, если бетонная дорога трескается или портится, подлежит замене целая бетонная плита;

- обеспечение системы безопасности. В дождливый и зимний сезоны транспортные средства больше подвержены скольжению на бетонной дороге, покрытой осадками.

## **Перспектива применения технологии холодного ресайклинга**

Мартинович П.А., Безмен А.В., Аваков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Радикальным способом восстановления работоспособности асфальтобетонных покрытий может служить полная или частичная замена разрушенных слоев асфальтобетона, которая, однако, применяется нечасто, поскольку высокопроизводительная техника для холодного фрезерования покрытий не имеет широкого распространения и, кроме того, при этом требуется прекращение летной эксплуатации аэродрома, а при реконструкции автодороги – ее закрытие на длительный период для производства работ.

При полной или частичной замене разрушенных слоев асфальтобетона встает вопрос повторного использования материалов от разборки существующего покрытия. Это может быть решено фрезерованием на всю глубину поврежденного асфальтобетона и принудительным перемешиванием и уплотнением измельченного асфальтобетона (ресайклинг), что обеспечивает создание нового толстого однородного слоя, прочность которого может быть повышена путем добавки вяжущих. Поверх ресайклированного слоя укладываются дополнительные слои асфальтобетона. Задачей ресайклинга является максимально возможное использование материала существующего покрытия, при этом материал ниже уровня ресайклинга остается неповрежденным, имеющиеся разрушения удаляются вместе со слоем асфальтобетона, а высота покрытия практически не изменяется.

Холодный ресайклинг с успехом может быть реализован в белорусских условиях, поскольку имеет ряд значительных преимуществ перед другими способами реконструкции:

- отсутствие загрязнения окружающей среды благодаря полному использованию материала старой дорожной одежды;
- высокое качество ресайклированного слоя в силу последовательного эффективного смешивания полученных на месте материалов с водой и стабилизаторами;
- структурная целостность аэродромной одежды;
- сохранение целостности грунта;
- уменьшение продолжительности строительных работ;
- низкая стоимость;
- высокая эффективность.

## **Организация движения на основе теории риска**

Тимошенко М.С., Толстяк Е.А., Казачек А.В.  
Белорусский национальный технический университет

В современной ситуации, когда аварийность на автомобильных дорогах Республики Беларусь имеет одни из самых худших показателей, а низкое качество строительно-монтажных работ приводит к частым ремонтам дорог, проблема повышения безопасности движения на автомобильных дорогах на основе единого методологического подхода – теории риска – является весьма актуальной.

Большинство расчетных схем и методов проектирования геометрических элементов и прочностных показателей дорог основаны на полностью определенных исходных данных и не учитывают вероятностную сущность их определения.

Только на основе единого методологического подхода ко всем аспектам безопасности движения на автомобильных дорогах можно получить комплексное решение задач повышения качества проектируемых и находящихся в эксплуатации дорог.

По исследованиям В.В. Столярова допустимый риск по дорожным условиям должен быть меньше допускаемого водителями.

Если опасность существующих дорог превышает значение риска, то ее необходимо снизить путем установки знаков, ограничивающих скорость и запрещающих обгон. При этом рекомендуется на знаке под величиной допустимой скорости указывать риск, на который пойдет водитель, реализовав эту скорость. На знаках, запрещающих обгон, рекомендуется показывать значение риска лобового столкновения со встречным автомобилем, который возникнет в случае, если водитель не подчинится требованию знака и пойдет на обгон.

Кроме совершенствования дорожных условий, определения профессиональной пригодности водителей и разработки мероприятий по организации движения, теория риска позволяет следствию и судебным органам определять индивидуальную ответственность участников происшествия и выносить частные определения в адрес дорожных организаций и органов ГАИ, включая требования по разработке мер, предупреждающих ДТП.

Применение теории риска в проектировании автомобильных дорог и организации дорожного движения обещает дать ощутимый социально-экономический эффект, основанный на повышении безопасности движения на существующих и вновь строящихся дорогах.

**Учет психофизиологии водителя при обосновании норм проектирования автомобильных дорог**

Тимошенко М.С., Карпович В.А., Климяк А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Водители являются причиной от 79 до 90% совершаемых дорожно-транспортных происшествий. Водителю для безопасного управления транспортным средством необходимо своевременно воспринимать и правильно оценивать всю информацию, поступающую к нему.

Водителю при управлении автомобилем и принятии решения по изменению и приспособлению режима и траектории движения к проезду опасных мест на дороге навязывают учитывать конструктивные особенности и техническое состояние автомобиля, дорожные и метеорологические условия движения, остроту зрения, квалификацию и т.д., но отсутствие учета обратной связи между водителем и условиями дорожного движения в нормах проектирования автомобильных дорог и организации дорожного движения создает трудности водителю при управлении автомобилем и вызывает рост аварийности.

Технический подход нормирования элементов автомобильных дорог, предложенный в 1939 году д.т.н., профессором Т.Д. Дубелиром и применяемый в настоящее время, не позволяет учитывать человеческий фактор, а изменение значений биологических и биоэлектрических параметров физиологических функциональных систем водителя при управлении транспортным средством не увязывают с качественными и количественными показателями результата движения.

Свидетельством служит выбор расчетного водителя при нормировании элементов автомобильных дорог без учета качественных и количественных показателей результата движения. Термин «расчетный водитель» и его определение введено в 1986 году Е.М. Лобановым. Под расчетным водителем понимают условного водителя, наделенного определенными требованиями к реакции на изменение дорожной обстановки, характеристиками зрительного восприятия и надежности работы. Расчетный водитель до сих пор недостаточно обоснован, а его появление связано системотехническим подходом нормирования элементов автомобильных дорог. Это вынуждает разрабатывать новый подход к нормированию элементов автомобильной дорог, а именно – системно-функционально-деятельностный подход, при котором обеспечивается нормальное функционирование сложной социально-детерминированной биомеханической системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения».

**Влияние элементов системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения» на безопасность**

Мардас М.А., Мордович Р.С.

Белорусский национальный технический университет

При строительстве автомобильных дорог предусматривают обеспечение безопасности с учетом элементов системы «водитель – транспортное средство – условия дорожного движения» (далее ВТСУДД).

Условия дорожного движения пока еще учитываются не в полной мере, так как нормативы на элементы трассы обосновывают для благоприятного состояния проезжей части и хорошей погоды. Предполагается, что на изменение этих условий водитель должен реагировать соответствующим уменьшением скорости, а дорожно-эксплуатационные организации в процессе текущего содержания – устранять или смягчать их влияние, очищая дорогу от грязи и снега, удаляя гололед.

Влияние транспортного средства на безопасность движения определяется совершенством его тяговых и тормозных качеств, способностью быстрого торможения без заноса. Отдельные конструктивные особенности транспортного средства, например недостаточная управляемость и большой увод шин, могут повысить опасность ДТП.

Наиболее активен в системе ВТСУДД водитель. Правильной оценкой дорожных условий и своевременным изменением режима движения он условно корректирует проектные решения. Снижая скорость движения, он повышает устойчивость автомобиля на кривых малых радиусов. Наоборот, попытка изменить дорожные условия, например заезд на полосу встречного движения на кривых в целях увеличения радиуса поворота на дорогах, повышает при ограниченной видимости риск дорожно-транспортного происшествия. Однако характеристики принимаемых водителями режимов движения для учета в теории проектирования дорог весьма осреднены – миллионы водителей отличаются друг от друга квалификацией и индивидуальными психофизиологическими особенностями. При разработке норм на проектирование дорог в схемах маневров автомобилей используют параметры режимов движения, определенные по данным наблюдений методами математической статистики.

Фактически, количество взаимосвязанных факторов, влияющих на безопасность движения, значительно больше, но учет элементов системы ВТСУДД на стадии проектирования новых автомобильных дорог приводит к уменьшению аварийности.

## **Проблемы проектирования асфальтобетонных покрытий проезжей части мостовых сооружений**

Ладышев А.В.

Белорусский национальный технический университет

В практике мостового строительства Республики Беларусь сложилась ситуация, что критерии выбора конструкций дорожных одежд для мостовых сооружений и методологии их расчета пока еще не разработаны. Ситуацию усугубляет также то, что те типы асфальтобетона, которые применяются на автомобильных дорогах и автоматически переносятся на мостовые конструкции, не предназначены для работы в столь специфических условиях. Охарактеризуем такие условия:

- дорожная одежда работает с дополнительной динамической нагрузкой, которая возникает от совместного воздействия движущихся транспортных средств и колебаний самого моста;
- асфальтобетонные слои на жестком основании с наличием слоя гидроизоляции работают специфически;
- наиболее значимыми для работы дорожных одежд на мостах являются сдвигающие и изгибающие напряжения и деформации;
- вода, попадая внутрь системы гидроизоляция – дорожное покрытие и испытывая осмотическое воздействие движущихся транспортных средств, является одной из причин появления трещин в теплое время года;
- преобладающими дефектами нежестких покрытий на металлических мостах являются продольные трещины, развивающиеся сверху вниз;
- преобладающими видами дефектов покрытий проезжей части железобетонных мостов являются коррозионные и пластические деформации, а также отраженные дефекты от защитного цементобетонного слоя в виде выбоин, белых пятен и сетки трещин.

За рубежом проектирование в этом направлении ведется по специально разработанной методике с использованием составов асфальтобетонных смесей, не применяющихся для дорожных покрытий.

Для решения указанного проблемного вопроса в практике проектирования Республики Беларусь сотрудниками ЦНИИ дорожно-строительных и гидроизоляционных материалов филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» была разработана методология конструирования нежестких покрытий мостового полотна, позволяющая обеспечить максимальную их надежность по всем факторам внешнего воздействия. Итогом работы в данном направлении стала разработка и утверждение ДМД 02191.2.066 -2013 «Рекомендации по проектированию асфальтобетонных покрытий проезжей части мостового полотна».

## **Особенности обеспечения планирования развития дорожной сети**

Зиновенко О.В., Качановская К.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильный транспорт занимает среди других видов транспорта первое место в перевозках грузов и пассажиров. Автомобильно-транспортный комплекс не справляется с быстро растущими объемами грузовых и пассажирскими перевозок, что определяет необходимость эффективного развития дорожной сети в долговременной перспективе. Повышение роли автомобильно-транспортного комплекса в транспортной инфраструктуре создаст необходимые условия подъема экономики страны и повышение уровня жизни населения.

Роль автомобильного транспорта в транспортной инфраструктуре связано с такими его преимуществами, как скорость доставки, сохранность грузов, сокращение количества перегрузок, высокая маневренность и др.

Задачами при долгосрочном планировании строительства и эксплуатации дорог являются: снижение эксплуатационных затрат при автомобильных перевозках за счет повышения скоростей доставки грузов и пассажиров, улучшение обслуживания пользователей автодорог и повышение безопасности движения за счет улучшения транспортно-эксплуатационного состояния сети дорог, определение содержания технико-экономических показателей, разработка долгосрочных программ практических действий для органов управления дорожным хозяйством с целью своевременного выполнения поставленных задач.

Реализация программ будет способствовать экономическому росту страны, отражаемому в величине ВВП.

В долгосрочных дорожных программах рассчитываются показатели эффективности инвестиций: чистый дисконтированный доход за расчетный период, индекс доходности проекта, внутреннюю норму доходности и срок окупаемости вложений.

Разработка долгосрочных дорожных программ завершается определением их на устойчивость к изменению ключевых технико-экономических показателей, таких как перспективная интенсивность движения, стоимость строительства или реконструкции автомобильной дороги, принятая в расчетах норма дисконтирования и др. Долгосрочная дорожная программа считается устойчивой, если во всех рассматриваемых вариантах изменения этих показателей программа оказывается эффективной и финансово реализуемой, и чистый дисконтированный доход будет положительным.



## **Роль снижения материалоемкости в дорожном строительстве**

Ивановская Н.Э., Кашкан М.А.

Белорусский национальный технический университет

В связи с рыночными отношениями проблемы ресурсосбережения переносятся непосредственно на предприятия, эффективность работы которых определяется экономической целесообразностью.

В настоящее время в экономике проявляется научно-техническая деятельность на снижение затрат материальных ресурсов, для чего применяются новые энергосберегающие технологии, используются новые виды ресурсосберегающего оборудования, внедряются малоотходные технологические процессы, новые методы экономики и рационального использования сырья и материалов, совершенствуются структура и нормы материалопотребления.

Рациональное и экономное использование материальных и топливно-энергетических ресурсов имеет очень большое значение и для каждого конкретного предприятия.

Снижение материалоемкости продукции позволяет предприятию: улучшить свое финансовое положение за счет снижения себестоимости выполняемых работ и увеличения прибыли, остающейся в его распоряжении; увеличивать выпуск продукции из одного и того же количества сырья и материалов, накопить достаточные собственные финансовые средства для внедрения новой техники и технологии и расширенного воспроизводства.

Существуют общие для всех предприятий резервы снижения материальных затрат. Ряд специфических для определенного предприятия резервов определяется на базе анализа результатов деятельности предприятия.

Проблемы снижения материалоемкости строительства входят в число важнейших заданий дорожно-строительной отрасли. Значимость проблемы определяется тем, что дорожное строительство является одной из самых материалоемких отраслей народного хозяйства. Материальные ресурсы оказывают определяющее влияние на сметную стоимость строительства. Снижение материалоемкости строительства на 1% приводит к значительному сокращению стоимости выполняемых работ. Поэтому снижение материалоемкости дорожного строительства является важнейшим фактором повышения его эффективности, главным резервом роста эффективности капитальных вложений в целом и первоочередной задачей, поставленной перед дорожно-строительной отраслью.

## **Особенности оценки эффективности инвестиций в строительство и реконструкцию автомобильной дороги**

Качановская К.Ю., Зиновенко О.В.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильный транспорт является базовой отраслью народного хозяйства и одним из основных условий общественного развития и роста жизненного уровня населения, являясь элементом производственной инфраструктуры.

Сеть автомобильных дорог является подсистемой в едином автомобильно-дорожном комплексе, обеспечивая перевозочный процесс транспортными коммуникациями, формируя сеть дорог, создавая необходимый дорожный потенциал для реализации автомобильных перевозок.

Существуют факторы, влияющие на прирост ВВП, определяемые особенностями транспортных связей, реализуемых на дорогах, характером транзитных дальних перевозок. Следствием решения этих задач развития сети автомобильных дорог являются: повышение уровня жизни населения; ускорение освоения новых территорий; снижение потерь от бездорожья; удовлетворение всевозрастающего спроса на перевозки автотранспорта; снижение себестоимости перевозок.

Для расчетов эффективности инвестиций используется модель НДМ, принятая в настоящее время в мировой практике.

Модель предусматривает оценку прироста ВВП на основе транспортного эффекта, внетранспортного в сфере материального производства и социально-экономического эффекта, учитывающего социальные и экологические последствия привлечения инвестиций в автомобильные дороги.

Разработка модели выполняется по следующим этапам: сбор исходных данных по уровню дорог в районах и влияющих факторов, их предварительный анализ; качественная обработка исходной информации; моделирование показателей дорожной обеспеченности.

Экономический эффект развития автомобильных дорог, является следствием снижения себестоимости перевозок, повышения уровня жизни населения, повышения безопасности движения, отражаемых в величине ВВП. Прогрессивной тенденцией увеличения ВВП при осуществлении грузовых перевозок является сокращение транспортной работы, приходящейся на один и тот же прирост ВВП, а по пассажирским перевозкам увеличение количества поездок населения с социальными целями.

**Влияние ровности дорожных покрытий на эффективность  
автомобильных перевозок**

Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Опыт показывает, что эффективность экономики государства зависит от качества автомобильных дорог. Одним из важных показателей качества дорог является их ровность, определяющая возможно допустимую скорость движения транспортных средств, а также связанную с ней безопасность движения и стоимость перевозок.

Динамические факторы взаимодействия автомобиля и дороги тесно связаны между собой и в значительной степени определяются ровностью дорожных покрытий и параметрами движущихся автомобилей. Отсюда вытекает необходимость определения степени влияния динамических нагрузок автомобиля на дорожное покрытие в зависимости от его ровности и скорости движения транспортных средств. При прохождении неровностей наибольшее воздействие на дорожное покрытие оказывают автомобили с короткой базой, имеющие значительную массу. Это объясняется большей плотностью энергетического воздействия на дорожное покрытие за тот же промежуток времени.

Несоответствие эксплуатационных характеристик и, в первую очередь, индекса ровности заведомо ведет к преждевременному разрушению дороги, повреждению автомобиля, низкой безопасности движения и сохранности груза.

Эффективная работа автомобильного транспорта определяется полнотой реализации на дороге технических возможностей, заложенных в конструкции автомобиля, при оптимальных затратах перевозочного процесса, а эффективная работа автомобильной дороги обеспечивается необходимым уровнем ее технико-эксплуатационного состояния, регламентирующим надежную и безопасную работу автомобильного транспорта и полную реализацию его технических возможностей при оптимальных дорожных затратах. Необходимо также учесть такой немаловажный фактор как экологический ущерб и прочие затраты возникающие в процессе осуществления перевозок.

Установление границ рационального применения того или иного ремонтного мероприятия рекомендуется производить по зависимостям полной стоимости на перевозку грузов от транспортно-эксплуатационных параметров автомобильной дороги, вычисленной с учетом возмещения дорожных затрат.

## **Оценка организационно-экономического развития вспомогательного производства**

Кашкан М.А., Ивановская Н.Э.

Белорусский национальный технический университет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **Оценка эффективности использования основных средств предприятия**

Куровская О.С., Туровец А.А.

Белорусский национальный технический университет

Основные средства определяют производственную мощность предприятий, характеризуют их техническую оснащенность, непосредственно связаны с производительностью труда, механизацией, автоматизацией производства, себестоимостью продукции, прибылью и уровнем рентабельности.

Для оценки эффективности использования основных средств на предприятиях используется система показателей, включающая общие и частные показатели.

Интенсивность использования основных средств повышается путем технического совершенствования орудий труда и технологии производства, путем ликвидации «узких мест» в производственном процессе, сокращения сроков достижения проектной производительности техники, совершенствования научной организации труда, производства и управления, использования скоростных методов работы, повышения квалификации и профессионального мастерства работников. При этом успешное функционирование основных средств зависит от того, насколько полно реализуются как экстенсивные, так и интенсивные факторы улучшения их использования.

Улучшение использования основных фондов является одним из решающих факторов интенсификации производства.

Активная часть производственных фондов играет исключительно важную роль в деятельности предприятия и определяет технический уровень и производственные возможности предприятия. Поэтому решающим признаком улучшения структуры основных средств является увеличение доли их активной части. Для достижения данной цели на предприятиях происходит процесс обновления и качественного совершенствования основных производственных средств.

Эффективное использование основных производственных фондов приводит к увеличению объема производства, повышению фондоотдачи, снижению затрат и увеличению прибыли предприятия. Улучшение использования основных средств равносильно уменьшению потребности предприятия в дополнительных капитальных вложениях, которое приводит к сближению сроков морального и физического износа машин и механизмов, повышает уровень конкурентоспособности предприятия.

**Техническое перевооружение – способ повышения эффективности использования основных фондов**

Туровец А.А., Куровская О.С.

Белорусский национальный технический университет

Модернизация производственно-технической базы, в частности обновление и техническое перевооружение основных производственных фондов предприятия является одним из стратегических направлений развития производственного потенциала предприятия.

Модернизация предприятия представляет собой комплексное и высокоэффективное обновление предприятия, имеющее целью повышение его экономической эффективности. В современном понимании модернизация предприятия включает в себя как усовершенствование непосредственно производства (глубокое, и подчас кардинальное изменение техники и технологии), так и организационно-управленческую и социально экономическую модернизацию.

Для предприятий дорожного хозяйства в силу специфики их деятельности характерно техническое перевооружение в сочетании с технологической модернизацией.

Целью технического перевооружения является всемерная интенсификация производства, улучшение использования и увеличение производственных мощностей, повышение надежности работы оборудования и гибкости схем управления, снижение материалоемкости и себестоимости продукции, экономия материальных и энергетических ресурсов, улучшение других технико-экономических показателей работы предприятий в целом.

Основные направления технического перевооружения предприятия достигаются путем повышения уровня механизации и автоматизации труда, сокращения за счет этого численности рабочих, занятых ручным трудом; повышения эффективности использования основных производственных фондов, широкого применения прогрессивных решений; уменьшения потерь сырья при производстве.

Обновление основных фондов характеризуется модернизацией и заменой функционирующих средств труда новыми, более производительными и современными по техническому уровню. Без постоянного грамотного планомерного технического перевооружения в современных условиях невозможно поддержание высокой конкурентоспособности выпускаемой продукции, выполнения качественных работ, оказания услуг и экономической эффективности производства промышленных предприятий.

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

Нарыжнов П.В., Жевнеренко А.С.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире все больше вопросов проектирования решаются с применением организационно-технических систем, предназначенных для автоматизации процесса проектирования и используют в своей работе специальные программные средства и информационные системы. 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 расчёта необходимое количество раз (по количеству слоёв).

При этом формируется пакет отчетной документации ( расчетную 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 процесса (в частности при курсовом проектировании) позволит автоматизировать однотипные расчёты и подготовит специалистов для дальнейшего использования систем автоматического проектирования работ.

**Строительство  
автомобильных дорог**



## Способы оценки усталостной долговечности дорожной конструкции

Зубарь М.В.

Белорусский национальный технический университет

Транспортно-эксплуатационные характеристики асфальтобетонного покрытия определяется комплексом свойств асфальтобетона, актуализированных в ряде технических нормативных правовых актах определенным количеством показателей, отражающих свойства и условия применения асфальтобетона, и в совокупности определяющие структуру его качества. Так, дефекты на покрытии, в частности процесс трещинообразования начинается уже в первые годы эксплуатации, в то время как материал покрытия еще удовлетворяет нормативным требованиям. Следовательно, это не может быть свидетельством долговечности покрытия. В связи с этим необходимо расширение числа критериев физико-механических свойств асфальтобетона, например, испытанием по определению критерия усталостной повреждаемости.

Анализируя основные методы экспериментальных исследований усталостных свойств асфальтобетона можно выделить три основных способа проведения испытания:

- 1) Устройство опытных участков дорог;
- 2) Использование специальных треков поверхностного тестирования, кольцевых испытательных стендов;
- 3) Лабораторные испытания

Следует выделить, что наиболее достоверную информацию дает метод исследований с помощью устройства опытных дорожных участков и использование специальных треков поверхностного тестирования, кольцевых испытательных стендов. Проведение эксперимента и регистрация показаний приборов происходит в условиях эксплуатации автомобильной дороги.

Одним из основных недостатков данного метода, является длительность проведения эксперимента и наличие дорогостоящего оборудования. При лабораторных испытаниях усталостных свойств асфальтобетона происходит сокращение времени проведения эксперимента. Однако, имеется множество различных машин и испытательных стендов для исследования усталостных свойств асфальтобетона. Для получения более достоверной информации о поведении асфальтобетона в условиях действия циклических нагрузок необходима стандартизация методики испытаний.

**Пластические деформации асфальтобетонных покрытий**

Раковец Л.Д., Свирков В.П.

Белорусский национальный технический университет

Вид пластической деформации зависит в основном от характера воздействия транспортной нагрузки на покрытие.

Ряд особенностей воздействия вертикальной нагрузки: динамический характер ее приложения; повторность приложения нагрузки; кратковременный характер приложения. Горизонтальная нагрузка создается за счет: силы тяги автомобиля; силы торможения; переменных сил при проходе автомобиля по закруглениям при обгонах, заносах и поперечном уклоне. Величина и характер пластических деформаций при высокой температуре зависит от продолжительности действия и расчетного числа воздействия нагрузки.

Приведя фактический неоднородный поток автомобилей к расчетному, получили зависимость для определения общей длительности действия вертикальной нагрузки за расчетный период:

$$T = \frac{3,6}{P} K_{ш} K_o K_t t_c D \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i} P_{iN}$$

где  $t_c$  – продолжительность стояния в течение суток температуры покрытия выше сдвигоопасной;  $D$  – число дней с температурой покрытия выше сдвигоопасной за расчетный период;  $P_i$  – вертикальное удельное давление от автомобилей определенной группы;  $L_i$  – длина следа колеса этой же группы;  $V_i$  – скорость движения автомобиля этой же группы;  $N_i$  – часовая интенсивность движения автомобиля этой же группы, за время действия высокой расчетной температуры;  $K_{ш}$  – коэффициент, учитывающий распределение движения по ширине проезжей части;  $K_o$  – коэффициент, учитывающий количество импульсов приложения нагрузки в зависимости от марки машины и количества осей;  $K_t$  – коэффициент, учитывающий распределение потока автомобилей по направлению движения затормозивших перед перекрестком. Эксперименты показывают, что длина тормозного участка, на улицах с одинаковой интенсивностью при двухполосном движении в одном направлении, наименьшая перед нерегулируемым перекрестком и равна примерно 20-40 м, с регулирующим – до 60 м, перед автоматически регулируемым – 80-100 м. Устраивая перед перекрестками дорожную одежду усиленной конструкции протяженностью до 200 м, можно избежать появления в этих местах деформаций пластического характера.

### Исследование напряженного состояния основания из искусственного щебня

Бабаскин Ю.Г., Занкович М.В.

Белорусский национальный технический университет

Деструктурированный бетон - это искусственный щебень, получаемый при дроблении старых конструкций из бетона, а также при разборке старых дорог. Деструктурированный бетон нашел применение в обустройстве оснований под фундаменты сооружений и зданий, в качестве основания под асфальтобетонные дороги всех классов. а также в производстве железобетона. Физико-механические показатели деструктурированного бетона представлены в таблице.

Показатель	Единица измерения	Гранитный щебень	Искусственный щебень
Прочность	Мпа	120-140	65-80
Плотность	т/м <sup>3</sup>	2,4	2,3
Морозостойкость		350-400	15-50
Водопоглощение	%	0,8	4-5
Содержание пылевидных частиц	%	≤0,25	≤1

В зависимости от размеров частиц щебня его делят на фракции:

фракции размером до 5 мм, представляющие собой гранитный отсев. Содержание пылевых частиц до 25%. Марка прочности 1000-1400;

фракции размером 5-20 мм. Такой гранитный материал часто называется «сопутствующим материалом». Пылевые частицы, либо полностью отсутствуют, либо содержатся в незначительном количестве. Марка прочности 800-1200 и 1400-1600;

фракции размером 20-40 мм. Это самый распространенный и применяемый размер. Содержание пыли – не более 0,35%, Марка прочности – 1000;

фракции размером 25-60 мм. Редко используемый стройматериал. Содержание пылевых частиц – не более 0,25%. Марка прочности 1000-1200;

фракции размером 40-70 мм. Самая крупная фракция. Пылесодержание до 0,68%. Марка прочности 1000-1200.

При замене мелкого природного заполнителя (из кварцевого песка средней крупности) заполнителем из дробленого бетона (фракции менее 3 мм) прочность снижается в среднем на 20% для бетона на вторичном гранитном и на 25% для бетона на вторичном известняковом заполнителях. При

этом существенно ухудшается удобоукладываемость бетонных смесей.

УДК 625

### Исследование процесса деформирования асфальтобетона

Раковец Л. Д., Конопляник М. М.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что асфальтобетон является упруго-вязко-пластичным материалом. Для условий работы асфальтобетона под транспортной нагрузкой при высокой температуре (40°C-50°C) наблюдается преобладание вязкопластических свойств.

Для этого случая в качестве расчётной можно принимать реологическую модель тела Бингама-Шведова. Реологическое уравнение модели тела Бингама-Шведова включает такие важные реологические постоянные как предел текучести (пластичности) и пластическую вязкость. Для такой модели в случае плоской задачи можно воспользоваться уравнением Генки-Ильюшина.

$$\tau_{xy} = \tau_0 + \eta \frac{\partial V_x}{\partial y} \quad (1)$$

где  $\tau_{xy}$  - сдвигающее напряжение, кг/см<sup>2</sup>;  $\tau_0$  - условный предел пластичности асфальтобетона;  $\eta$  - вязкость;

$\frac{\partial V_x}{\partial y}$  - скорость сдвига в точке с координатами  $x, y$ .

В результате всех преобразований и допусков получено условие сдвигоустойчивости асфальтобетона (для случая совместного воздействия вертикальной и горизонтальной нагрузок):

$$\tau_0 = \tau + 0,13p_0 \quad (2)$$

где  $p_0$  - удельное вертикальное давление, кг/см<sup>2</sup>;

$\varphi$  - коэффициент сцепления в реализуемых условиях;

$\tau_0$  - расчетное значение условного предела пластичности.

С учетом оговоренных условий уравнение (2) примет вид:

$$\tau_0 \geq p_0(\varphi_p + 0,13)$$

Это выражение является условием сдвигоустойчивости при совместном воздействии вертикальных и горизонтальных нагрузок на асфальтобетонное покрытие.

Повторность воздействия нагрузки (интенсивность движения) учитывается в нём назначением расчётной величины условного предела пластичности ( $\tau_0$ ). Условия воздействия транспортной нагрузки определяются величиной удельного вертикального давления от расчётного

автомобиля ( $p_0$ ) и значением реализуемого коэффициента сцепления ( $\varphi_p$ ).

УДК 625.86

## **Снижение энергозатрат при фрезеровании асфальтобетонных покрытий на основе эффекта Ребиндера**

Савуха А.В.

Белорусский национальный технический университет

Снижение энергозатрат в различных областях строительства является одной из приоритетных задач в развитии экономики страны. Поэтому поиски новых способов снижения энергозатрат в дорожном строительстве могут способствовать перераспределению финансовых средств на более проблемные стадии – строительство, ремонт и эксплуатацию автомобильных дорог. Одним из способов снижения энергозатрат является применение нового метода фрезерования асфальтобетонных покрытий на основе эффекта Ребиндера – эффекта адсорбционного понижения прочности твёрдых тел, облегчения деформации и разрушения твёрдых тел вследствие обратимого физико-химического воздействия среды. При его помощи можно повлиять на энергозатраты, связанные с образованием новой поверхности, а, следовательно, и на процесс разрушения твердого тела в целом. Для возникновения эффекта Ребиндера необходимо наличие микротрещин в разрушаемом материале и присутствие в них поверхностно-активных веществ (ПАВ). Поверхностно-активные вещества – это вещества, адсорбция которых из жидкости на поверхность раздела с другими фазами (жидкой, твердой или газообразной) приводит к значительному понижению поверхностного натяжения. В качестве ПАВ могут быть использованы различные химические реактивы, полученные в лабораторных условиях либо жидкие отходы производства. Подбор ПАВ можно осуществить исходя из лабораторных испытаний воздействия ПАВ на асфальтобетон. Преимуществом применения данного метода и его действия на основе эффекта Ребиндера является небольшое количество ПАВ (концентрация 0.3-0.8 %), используемое при фрезеровании асфальтобетонного покрытия. Возможна следующая технология снижения энергозатрат при фрезеровании асфальтобетонных покрытий.

- 1) Розлив ПАВ по поверхности асфальтобетонного покрытия поливосточной машиной;
- 2) Нагнетание ПАВ в трещины при помощи катков;
- 3) Фрезерование асфальтобетонного покрытия.

Таким образом, используя данную методику, основанную на применении эффекта Ребиндера, мы сокращаем время и энергозатраты на фрезерование асфальтобетонных покрытий.

**Проведение коррозионных исследований бетонных и железобетонных конструкций с использованием импедансных методик**

Бондаренко С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки коррозионной стойкости материалов бетонных и железобетонных конструкций к действию активных агентов коррозии в процессе их эксплуатации предлагается доработать и адаптировать стандартные методы коррозионных испытаний в заданных эталонных условиях, в первую очередь – специальные электрохимические методики проведения коррозионных исследований с использованием гальвано-динамического, потенцио-динамического, а также импедансного методов.

Свойства сложных электрохимических систем, к которым можно отнести и такие конгломератные композиционные системы как бетон и железобетон, удобно изучать путем наблюдения за их откликом на слабое внешнее воздействие. Импедансные методы позволяют сделать это с высокой эффективностью и информативностью. Метод импедансной спектроскопии основан на изучении и анализе полного сопротивления системы переменному току в зависимости от частоты этого тока для твердых электропроводящих материалов. Предварительная подготовка образцов для импедансных испытаний предполагает их параллельное помещение в испытательную и нейтральную среду с использованием эталонных образцов или образцов сравнения. Для получения полной информации исследуется влияние изменения характеристик испытательной среды во времени (концентрация активного компонента, водородный показатель и температура среды, другие показатели) на электрохимические характеристики испытуемых образцов. На основании анализа электрохимического отклика возможна оценка коррозионной стойкости бетона, которая проводится по относительным критериям, основанным на сравнении средних значений показателей активной и реактивной составляющей полного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока, с учетом того, что полное сопротивление материала является функцией частоты переменного тока. В частности, анализ частотной зависимости позволяет получить важную информацию о состоянии подвижности ионов проводимости в бетоне. Сравнивая импедансные характеристики эталонных и испытуемых образцов бетона и железобетона, подвергнутых воздействию различных агрессивных факторов, можно оценить их коррозионную стойкость или охарактеризовать глубину коррозионного разрушения в этих образцах под

действием конкретных факторов или их совокупности.

УДК625.765

## **Применение асфальтогранулята в дорожном строительстве при устройстве однослойных щебеночных оснований**

Куприянчик А.А., Васильева Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Одним из эффективных способов обеспечения требуемой прочности щебеночного основания и заполнения в нем пустот является расклинковка щебня асфальтогранулятом.

Асфальтогранулят – зернистый минеральный, покрытый органическим вяжущим, материал с крупностью зерен до 40 мм, получаемый в процессе измельчения лома асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог.

Асфальтогранулят, в зависимости от крупности зерен, подразделяют на три типа: А1 (0,05 – 40 мм); А2 (0,05 – 20 мм); А3 (0,05 – 10 мм). Тип обуславливает область применения.

Работы по устройству щебеночных оснований дорожных одежд с расклинковкой асфальтогранулятом производят в соответствии с требованиями ТКП 059.

Работы по устройству однослойных щебеночных оснований дорожных одежд с расклинковкой асфальтогранулятом включают: подготовительные работы; устройство слоя щебеночного основания; устройство расклинковки слоя основания. Работы рекомендуется вести поточным методом на трех захватках длиной 200-250 м каждая.

В процесс выполнения работ по устройству щебеночных оснований, расклинкованных асфальтогранулятом, контролируют высотные отметки по оси основания, толщину и ширину основания, поперечные уклоны, ровность и степень уплотнения.

Асфальтобетон по истечению расчетного срока службы сохраняет свойства к восстановлению до 80-90% полезной массы. По результатам исследований при переработке асфальтобетонного лома и повторном использовании, содержащиеся в нем минеральные составляющие, сохранившие на своей поверхности пленку асфальтового вяжущего, обнаруживают свойства, характерные для активированных материалов.

Применение асфальтогранулята в качестве расклинковочной фракции позволяет снизить расход дефицитного фракционированного каменного материала и сократить расход органических вяжущих, что ведет к значительному экономическому эффекту.

**Рациональные пути использования наночастиц в бетоне**

Ковалев Я.Н., Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Применение добавок является одним из наиболее эффективных способов регулирования реологических и физико-химических свойств бетона.

Бетон – это иерархически организованная многоуровневая структура дисперсных систем, состоящая из дискретных включений условно равномерно размещенных в матрице с отличными от материала включений свойствами. В бетоне изначально присутствуют дефекты структуры различных масштабных уровней. На наноструктурном уровне такие дефекты представлены в виде разориентации кристаллической решетки в контактной зоне родственных по составу кристаллов и нарушений целостности контактной зоны кристаллов. Эти дефекты связаны с тем, что в процессе гидратации и гидролиза клинкерных фаз портландцемента наряду с основными продуктами твердения – гидросиликатами (ГСК), гидроалюминатами (ГАК), гидросульфоалюминатами (ГСАК) кальция образуется значительное количество гидроксида кальция (ГК), который вязущими свойствами не обладает. Наибольшее количество гидроксида кальция выделяет при гидратации и гидролизе алит. Если ориентироваться на образование гидросиликатов с основностью 1,5, то количество выделяющегося гидроксида кальция составляет около 24%.

Гидроксид кальция образуется также при гидратации и гидролизе белита (около 4%). Общее содержания гидроксида кальция составляет около 28%. Частично связать образовавшийся гидроксид кальция в ГСК можно, используя оксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ), который дозируют в цемент в виде добавок нанопорошка или золя  $\text{SiO}_2$ .

Добавка нанопорошка или золя  $\text{SiO}_2$  могут быть эффективны, если в структуре бетона будут устранены дефекты на ультра-, микро-, мезо- и макромасштабном уровнях путем ввода микрокремнезема и каменной муки. Таким образом, для получения высокопрочного бетона необходимо введение в его состав разномасштабных добавок на нескольких его структурных уровнях. При этом необходимо исходить из принципов соразмерности добавок для получения максимальной плотности бетона и частичного связывания гидроксида кальция в гидросиликаты. Для повышения трещиностойкости следует использовать волокнистые добавки. Возможно использование явления самоармирования, когда игольчато-волокнистые кристаллы этtringита выращивают непосредственно при гидратации цемента.



УДК. 625. 855. 3.

## Проблема использования песчаного дорожного асфальтобетона и пути её решения

Ковалев Я.Н., Александров Д.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время при строительстве автомобильных дорог широко используются щебеночно-мастичные асфальтобетоны (ЩМА) с каркасным типом структуры. Их применение оправдано при строительстве дорожных покрытий на грузонапряженных трассах, но требует значительных затрат для обретения дорогостоящих и дефицитных щебеночных заполнителей. Известно, что в ряде стран отсутствуют месторождения прочных горных пород, являющихся основным источником для получения, например, наиболее востребованного полифракционного щебня с кубовидной формой частиц.

Значительным резервом минеральных заполнителей для дорожных асфальтобетонов являются повсеместно распространенные месторождения песков, включая мелкие кварцевые, основные потребители которых – предприятия стекольной и керамической промышленности. Итак, дешевый (по сравнению со щебнем) заполнитель известен. Что же сдерживает широкое применение песчаного асфальтобетона? Главная причина состоит в том, что по сравнению со щебенистым асфальтобетонами, этот материал обладает повышенной пластичностью, которая особенно проявляется в жаркое время года снижая его сдвигоустойчивость при прохождении тяжелых грузовых автомобилей со значительными осевыми нагрузками (более 10 т на ось).

Анализ литературы показывает, что повышение сдвигоустойчивости дорожных покрытий из песчаного асфальтобетона может быть достигнута **путем:** 1) снижения количества свободного битума в составе асфальтобетона; 2) улучшения зернового состава минеральной части песчаного асфальтобетона; 3) физико-химической активации компонентов смеси песчаного асфальтобетона, повышающей прочность их взаимного адгезионного сцепления; 4) применения газовой технологии перемешивания для создания оптимальной структурированной пленки на поверхности частиц песка и минерального порошка в асфальтебетонной смеси.

Для указанных этапов улучшения свойств песчаного асфальтобетона имеется определенный научный задел в БНТУ, и эффективная реализация улучшения запланирована в программе комплексных исследований по данной проблеме.

## **Перспективы применения инновационных технологий ремонта и содержания автомобильных дорог Республики Беларусь**

Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время сеть автомобильных дорог Республики Беларусь считается сформировавшейся; следовательно, приоритетной задачей является поддержание дорог в требуемом транспортно-эксплуатационном состоянии, обеспечивающем надлежащее потребительское качество дорог. Высокое качество автомобильных дорог достигается благодаря использованию новейших технологий и современных материалов.

Но выбор наиболее эффективной технологии и материала, который бы максимально обеспечил долговечность дорожных покрытий, должен быть обоснован, для чего нужно проанализировать свойства выбранных дорожно-строительных материалов на соответствие условиям их работы. Это значительно повысит качество отремонтированных участков дорог и продлит период удовлетворительного состояния покрытия и автомобильной дороги в целом.

Из всего множества ремонтных технологий широкое распространение получили защитные слои, которые не влияют на прочностные характеристики дорожной одежды, но существенно улучшают эксплуатационные показатели. Эти слои выполняют следующие функции: гидроизоляционную, защитную, износа и шероховатую. По технологии устройства они делятся на поверхностную обработку, защитные и мембранные (пленочные) слои. Перспективным является также использование ремонтных технологий с применением эмульсионно-минеральных смесей. Характеристики физико-механических свойств этих смесей выше, чем у горячих пористых смесей, но незначительно ниже горячих плотных, что требует поиска путей повышения качества таких смесей, тем самым расширить область их применения.

Для герметизации деформационных швов и трещин цементобетонных покрытий целесообразно применение однокомпонентных силиконовых мастик, которые значительно долговечнее, в отличие от битумо-полимерных мастик.

Особое внимание в перспективе следует уделять зимнему содержанию автомобильных дорог, в частности, противогололедным материалам, которые обеспечивали бы требуемые коэффициенты сцепления колеса автомобиля и покрытия, имели бы низкую коррозионную активность, невысокую стоимость.

УДК 625.

## Проблемы экологии при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог

Ходан Е.П., Мекшило А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня в Беларуси, как и в мире, идет бурный рост автомобилизации, число транспортных средств возрастает более чем на 10% в год. Автотранспорт занимает лидирующее положение по масштабам загрязнения атмосферного воздуха. Статистика здесь такова: в Беларуси более 70% загрязняющих выбросов приходится на долю автотранспорта. При этом общая площадь полосы отвода дорог занимает около 1% территории республики. А учитывая тот факт, что средняя ширина зоны влияния дороги составляет 400 м (по 200 м в обе стороны), загрязнение распространяется на 15,4% территории страны.

Повышение экологичности транспортных средств — один из путей решения проблемы. Различают три основных вида воздействия автодорожного комплекса на окружающую среду. *Первый* из них — это истощение природных ресурсов за счет использования земель, дорожно-строительных материалов, воды, углеводородного топлива и т.д. Этот фактор в основном находится в рамках Закона "О платежах на землю", который регламентирует величину землеотвода и определяет соответствующие налоговые платежи. *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). Для снижения этих выбросов проводится целенаправленная работа по оснащению АБЗ и производственных баз пылеуловителями различных конструкций. *Третий* фактор воздействия автодорожного комплекса на окружающую среду учитывает уничтожение животных на путях их миграции через автодороги, которое, надо сказать, носит массовый характер. Ежегодно в период с апреля по июль на дорогах погибает более 36 тыс. земноводных и около 8 тыс. птиц. Для повышения экологической безопасности дорожного комплекса при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог необходимо решить следующие задачи: провести анализ и обосновать пути повышения уровня экологической безопасности дорожного хозяйства; разработать методику оптимизации размещения производственных предприятий с учетом экологической безопасности экосистем; обосновать методы

прогнозирования и решения оптимальных задач обеспечения экологической безопасности.

УДК 625.

## **Современные проблемы реконструкции автомобильных дорог**

Ходан Е.П., Мекшило А.Д.

Белорусский национальный технический университет

В связи с развитием народного хозяйства и ростом потребности в перевозках грузов и пассажиров интенсивность движения на автомобильных дорогах увеличиваются, техническое состояние дороги в ходе эксплуатации постепенно ухудшается, снижается производительность транспорта. Поэтому дорогу необходимо перестраивать с переводом дороги в целом или отдельных участков на более высокую категорию. Такое переустройство дороги называется реконструкцией дороги. Реконструкция автомобильной дороги позволяет увеличить пропускную способность дороги, повысить скорость движения автомобилей и обеспечить безопасность движения. Реконструкцию автомобильной дороги выполняют комплексно для плана, продольного профиля и поперечного профиля. Все элементы конструкций земляного полотна должны быть реконструированы на категорию выше, чем существующая дорога.

Пропускная способность на существующей дороге зависит от состава потока автомобилей, ширины проезжей части, продольного уклона, радиуса кривых в плане, расстояния видимости. Изменение этих факторов приводят к значительному колебанию пропускной способности. В связи с этим пропускная способность отдельных участков дорог неодинакова. В условиях, максимальной пропускной способности какого-либо участках дороги, поток автомобилей движется колонной, и к рассмотрению закономерности изменения его режима могут быть приложены простейшие уравнения динамической теории транспортных потоков.

$$N = V / (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) \quad (\text{авт./с})$$

где:  $V$  - скорость м/с;

$L_1$  - путь проходимый за время реакции водителя, м.

$L_2$  - тормозной путь, м.

$L_3$  - длина автомобиля, м.

$L_4$  - запас безопасности, м

При рассмотрении проектной документации невозможно доказать, водятся ли при реконструкции элементы дороги до максимальных нормативов ее категории или она реконструируется до ухудшенных параметров дороги более высокой категории. Это является основной проблемой.

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

## **Сцепление как критерий взаимодействия автомобиля с дорожным покрытием**

Бурак А.С.

Белорусский национальный технический университет

Сцепные качества дорожных покрытий автомобильных дорог являются важнейшей характеристикой состояния дороги, а также показателем, влияющим на безопасность движения. Хорошее сцепление шины колеса автомобиля с дорожным покрытием – это основополагающая предпосылка для безопасного движения. Сцепление влияет как на управляемость автомобиля, так и на величину тормозного пути.

В Республике Беларусь сцепные качества дорожного покрытия оценивают по величине коэффициента сцепления, который представляет собой отношение результирующей реакции, возникающей в опорной плоскости касания колеса с поверхностью, к соответствующему значению нормальной нагрузки, действующей на колесо.

Большая роль в обеспечении безопасности движения принадлежит основным технико-эксплуатационным показателям автомобильных дорог. К числу таких показателей, в частности, относятся ровность и шероховатость дорожного покрытия, влияющие на коэффициент сцепления.

С увеличением скорости движения сцепление между колесом автомобиля и дорогой снижается. Однако наибольшее влияние на коэффициент сцепления оказывает комплексное действие повышения влажности дорожного покрытия и скорости движения, что приводит к увеличению длины тормозного пути и нарушению устойчивости автомобиля. Также существенное влияние оказывают величина нагрузки на колесо и его размеры, состояние протекторов шин, неровности дороги, давление и температура в шинах, тип и состояние дорожного покрытия, материал и методы строительства, климатические условия. Большое значение имеет поддержание высокой ровности дорожного покрытия, позволяющей снизить отрицательное воздействие автомобиля на покрытие. Наличие неровностей вызывает колебания автомобиля, вредные для человека, дорожного покрытия и самого автомобиля.

Целью данной работы является рассмотрение сцепления как критерия взаимодействия автомобиля с дорожным покрытием, выработка мероприятий по повышению сцепных качеств дорожного покрытия, а также установление факторов, влияющих на сцепные качества покрытий автомобильных дорог.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

**Результаты исследования ровности республиканских автомобильных дорог и их учет при оценке эксплуатационного состояния**

Буртыль Ю.В.

РУП «Белдорцентр», г. Минск

Неровности покрытия автомобильной дороги формируются в результате изменения геометрических параметров микропрофиля, по причинам возникновения деформаций в покрытии и слоях дорожной одежды, под действием транспортных нагрузок и погодно-климатических факторов. Деформации в слоях дорожной одежды характеризуют общее снижение прочности конструкции, сопровождаемое разрушением и разуплотнением материалов. При эксплуатации автомобильной дороги прирост неровностей непосредственно связан с процессом снижения прочности дорожной одежды и общего уровня надежности.

Причинами возникновения неровностей могут быть различные факторы: увлажнение грунтов и несвязных слоев основания, разуплотнение слоев из минеральных материалов, процессы замораживания и оттаивания, высокие положительные температуры, изменение вязкости битумных составляющих, а также срок службы дорожной конструкции и увеличение интенсивности движения автомобилей. Все эти факторы воздействуют с различной периодичностью и интенсивностью.

Интегрирующим показателем результата воздействия различных факторов может служить показатель ровности IRI, представляющий собой отношение величины суммарного перемещения эталонной массы автомобиля к длине участка и приводится в единицах м/км или мм/м.

При оценке ровности измеренное значение сравнивается с допустимым для дорог различных категорий. Превышение измеренного значения IRI над допустимым устанавливает необходимость проведения ремонта.

Однако достижение предельного значения ровности может происходить за различный промежуток времени с разной интенсивностью. Так для участков дорог с близкими по значению интенсивностью движения и составом транспортного потока, достижение предельного значения ровности может проходить с различным ежегодным приростом неровностей.

При планировании ремонтных мероприятий следует учесть интенсивность снижения ровности покрытий для республиканских дорог и разработать соответствующие мероприятия по предотвращению интенсивного формирования деформаций.

**Влияние пластических деформаций дорожных одежд на условия эксплуатации автомобильных дорог**

Буртыль Ю.В.

РУП «Белдорцентр», г. Минск

Основными критериями расчета надежности дорожных конструкций, реализованными на практике, являются критерии расчета упругого прогиба дорожной одежды и расчет по предельным растягивающим напряжениям асфальтобетонных слоев.

В основу расчета положена теория обеспечения предельных упругих деформаций и напряжений для материалов, структурные связи и свойства которых (однородность) не изменяются в течение предполагаемого срока службы.

В процессе работы материалов, под воздействием транспортной нагрузки, часть энергии расходуется на перемещение (упругая компонента) материалов дорожной одежды, а часть расходуется на нарушение микроструктуры материалов (пластическая компонента), что приводит к снижению прочности и в дальнейшем к разрушению. Структура дорожно-строительных материалов как система упругих и вязкопластичных связей, которые являются характеристикой количества рассеянной и накопленной энергии, рассматривается в работах А.М. Богуславского, И.И. Леоновича, В.А. Веренько.

Асфальтобетонное покрытие, непосредственно воспринимая нагрузку, разрушается по причине снижения количества упругих связей и прироста пластичных. Пластические деформации образуются уже в первые годы эксплуатации и в дальнейшем являются первопричиной разупрочнения верхних слоев покрытия и, следовательно, всей конструкции. В результате уменьшения объема материала, вследствие накопления необратимой деформации, возникают неровности на покрытии. Длительное формирование неровностей приводит к формированию устойчивого профиля с собственными колебательными частотами.

В настоящее время измерение пластических и остаточных деформаций дорожных одежд при проведении диагностики не проводится. Интенсивность формирования пластических деформаций влияет на общую надежность дорожных конструкций и безопасность движения.

Динамика изменения ровности покрытия и ее значение, являются измеряемыми на практике показателями, которые характеризуют величину неровностей и следовательно величину различных деформаций, сформированных под действием транспортно нагрузки и погодноклиматических факторов.



**Диагностика дорог с учетом водно-теплового режима**

Вьрко Н. П.

Белорусский государственный технологический университет

Диагностика автомобильных дорог – это процесс, который включает специальные обследования, сбор и анализ информации об их параметрах, характеристиках мостовых и других сооружений, а также об эксплуатационном состоянии элементов дорог, которые прямо или косвенно влияют на безопасность дорожного движения.

Она проводится для определения транспортно-эксплуатационного состояния дорог, оценки, влияния причин и прогнозирования возможных его нарушений в процессе дальнейшей ее эксплуатации. Существенное влияние на состояние дорог, оказывает погодно-климатические условия, т.е. водно-тепловой режим грунта земляного полотна и материала дорожной одежды, особенно температура воздуха и атмосферные осадки.

Различают две основные физико-механические фазы пучинообразования: первая фаза пучинообразования связана с промерзанием грунтов, вторая со скоростью оттаивания.

Поэтому диагностику дорог необходимо производить с учетом водно-теплового режима дорожной конструкции, в частности, с прогнозированием пучинообразования, так как этот процесс может произойти на любом участке дороги при неблагоприятном сочетании погодных и гидрологических факторов. Учесть указанные условия можно прогнозированием пучин, которые могут иметь место в пределах срока службы дороги. Нами разработана методика прогнозирования пучинообразования для любого участка дороги в пределах службы дороги.

Рассмотрим третий тип местности по характеру и степени увлажнения, как наиболее опасный, с точки зрения пучинообразования.

Методика прогнозирования пучинообразования следующая:

1. Принимается величина пучения для данного участка дороги (допускаемая, контрольная или другая любая искомая);
2. По формулам Н. А. Пузакова, М. Б. Корсунного или по любым другим, в зависимости от типа местности по увлажнению, определяется глубина промерзания грунта;
3. По глубине промерзания грунта по картам изолиний находят среднюю глубину промерзания  $Z_{cp}$  и коэффициент вариации  $C_v$ ;
4. Определяют модульный коэффициент  $k_s$ ,  $k_s = Z/k_n \cdot Z_{cp}$ , где  $k_n$  – переходный коэффициент от глубины промерзания грунта без снега и под снегом;
5. По таблицам Крицкого и Менкеля находят вероятность появления пучин.

## Роль дорог в лесном комплексе Беларуси

Вырко Н. П.

Белорусский государственный технологический университет

Освоение и воспроизводству лесных ресурсов в Республике Беларусь придается большое значение, так как они являются важнейшей составляющей экономики страны

Ежегодно заготавливается около 16 млн. м<sup>3</sup> древесины, более 20 тонн побочной продукции (ягод, грибов, лекарственных растений и т.д.).

Общая площадь земель лесного фонда Республики Беларусь составляет 9300 млн. га, из них особо охраняемые – заповедные леса (Беловежская Пуша, Березенский заповедник и др.).

Общий запас древесины составляет 1,4 млрд. м<sup>3</sup>. Лесистость в среднем по республике составляет 39%. Густота транспортной сети в настоящее время составляет 256 м/га, а для нормального ведения лесного хозяйства и лесозаготовок необходимо иметь густоту транспортной сети 434 м/га. Протяженность автомобильных дорог, используемых для вывозки леса, составляет 113300 км, в том числе 7860 км (7%) дорог общего пользования, 1460 км (1,3%) лесных дорог.

Грунтовые дороги составляют 8070 км (7,7%). Исследованиями установлено, что для вывозки каждого 4-10 тыс. м<sup>3</sup> заготовленного леса требует строительства 1 км временных дорог (веток), а в зависимости от запаса древесины на 1 га требуется веток и усов на 1 млн. м<sup>3</sup> вывозки древесины можно определить по таблице 1

Таблица 1

Вид ги	Потребность временных транспортных путей, км, при запасе древесины на 1 га/м <sup>3</sup>				
	50	75	100	125	150
Ветки	38,9	24,8	18,0	13,9	11,2
Усы	46,0	30,6	23,0	18,4	15,3

Чтобы решить данную проблему, предлагается для экономии материальных и финансовых ресурсов создать в лесах республики единую транспортную сеть постоянных дорог многоцелевого назначения. Эксплуатационные характеристики их должны соответствовать техническим требованиям, предъявляемым к лесным дорогам.

Проблема финансирования строительства лесных дорог может решаться за счет централизованных источников или за счет собственных средств лесхозов и леспромхозов.

## **Характеристики состояния автомобильных дорог и методы их определения**

Зубелик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Первостепенной задачей в дорожной отрасли является создание четкой системы оценки работоспособности автомобильной дороги на основании разработанных методов измерений и требований. Это обусловлено тем, что дороги являются важнейшей составляющей дорожно-транспортного комплекса, а их качество всецело определяет условия и эффективность работы автомобильного транспорта. Понятие “качество дороги” не является однозначным. К дорогам различных типов и назначений предъявляются различные требования по качеству. Даже одна и та же дорога в разное время года или в разные периоды ее эксплуатации имеет различия в характеристиках, которые имеют существенное значение. Для оценки качества автомобильных дорог используют ряд транспортно-эксплуатационных показателей, к которым относят: прочность дорожной одежды и земляного полотна; шероховатость дорожных покрытий; ровность дорожных покрытий; сцепные качества дорожной одежды; дефектность автомобильных дорог.

Для оценки транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог обычно используют комбинированные методы оценки, которые позволяют оценивать дорогу и как инженерное сооружение, и как инженерно-транспортное сооружение, предназначенное для обеспечения удобного и безопасного движения транспортных средств с высокими скоростями и установленными нагрузками.

Оценку транспортно-эксплуатационных показателей дороги выполняют применительно к ее работе в осенне-весенний период года с использованием двух критериев – показателя качества и состояния дороги и коэффициента обеспеченности расчетной скорости движения. Для улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дорог необходимо систематически изучать их состояние, режимы движения транспортных средств, регулярно проводить паспортизацию и инвентаризацию дорог.

Только на основе детальных обследований возможно правильно установить необходимый вид ремонтных работ и их очередность.

В данной работе представлен анализ практических методов оценки транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог на основании данных диагностики и предлагается применение на практике полученных результатов при назначении ремонтных мероприятий.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

**Выбор машин и технологий для ликвидации дефектов обнаруженных в процессе диагностирования автомобильных дорог**

Иванович Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Дефект — любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым его свойствам, нарушающее исправность, работоспособность или правильность функционирования объекта. Визуальное обследование автомобильной дороги — один из важнейших этапов оценки ее состояния. Основной целью такого обследования служит выявление дефектов различных конструктивных элементов дороги.

Детальное изучение такого явления, как колейность, выявило, что причиной его появления лишь в 19% случаев являлась деформация асфальтобетонного слоя, в остальных же 81% случаев слабым местом оказывалось дорожное основание, а ещё чаще — земляное полотно. Решение проблем с колейностью — использование геосетки в основаниях и прочного на сжатие и сдвигоустойчивость покрытия.

Ямочный ремонт — ремонт асфальтобетонного покрытия с использованием установки для инфракрасного нагрева асфальта.

Восстановление герметизации деформационных швов и консервация трещин — важные этапы работ по продлению эксплуатационного ресурса покрытий. При выборе типа герметика учитывают возможные максимальные отрицательные и положительные температуры воздуха региона, где эксплуатируются покрытия.

Эффективность ремонта поверхностного слоя цементобетонного покрытия может быть обеспечена за счет использования относительно недорогих смесей, которые можно легко приготовить и нанести на поверхность покрытия, быстрого ввода в эксплуатацию отремонтированного покрытия и его высоких эстетических качеств и применения материалов, имеющих высокие морозостойкость, прочность, деформативность и адгезию к бетону. Выравнивание поверхности выполняют на основе ее дефектации по данным нивелирования. Устранение небольших неровностей на покрытии производят путем его фрезерования, а также с помощью алмазных режущих инструментов.

Однако иногда используют инструмент, изготовленный из твердых металлов, что значительно дешевле. Соотношение стоимости в этих двух случаях выражается как 1:8, но при этом структура бетона после обработки инструментом из твердых металлов имеет большие повреждения.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

УДК 625.7.

## **Светотехнические характеристики и способы освещения автомобильных дорог**

Карпович В.А.

Белорусский национальный технический университет

Освещение дорог играет немаловажную роль в обеспечении безопасности как водителей, так и пешеходов, и в то же время в значительной степени определяется экономическими факторами, связанными с потребляемой электроэнергией. Восприятие водителем дорожной ситуации, его психофизиологическое состояние во многом зависят от светотехнических характеристик дорожного покрытия и системы освещения автомагистралей.

Неотъемлемую часть в освещении и обеспечении безопасности движения на автомобильной дороге любой категории будут составлять светотехнические показатели. Основными характеристиками освещения дорожного покрытия и составляющих являются сила света, световая отдача, яркость, светимость, освещенность и многие др. Учет вышеперечисленных показателей служит одним из важнейшим фактором в организации дорожного движения.

Имеют место перспективы развития светодиодного освещения для решения технико-экономических задач освещенности на автотрассах. Наиболее оправданным является применение светильников последнего поколения со сверхвысоким КПД (до 80-90%). Подобные системы имеют наилучшие показатели эффективности и срока службы на сегодняшний день.

Также значительное влияние на светотехнические характеристики оказывает правильное размещение и расчет требуемой высоты опор и металлоконструкций для освещения. В настоящий момент успешно используются варианты применения металлических граненых опор при проектировании освещения автомобильных дорог различных категорий, в том числе при прохождении трасс через населенные пункты.

В заключении хочется отметить высокую значимость экспериментальных исследований в области оценки светотехнических характеристик осветительных устройств с помощью передвижных лабораторий. Однако благодаря быстрому росту технологий в сфере компьютеризации появилось большое количество современных программных средств, которые в полной мере могут их заместить, что в значительной степени облегчит и ускорит будущие разработки в данной сфере.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

**Теоретические основы прочности дорожных одежд**

Климюк А.А.

Белорусский национальный технический университет

Дорожная одежда является наиболее дорогостоящим элементом автомобильной дороги. Одним из основных параметров, характеризующих состояние дорожной одежды, является её прочность. Характеристики прочности дорожной одежды определяют её срок службы, от параметров прочности одежды в значительной степени зависит важнейшее транспортно-эксплуатационное качество дороги — скорость движения, удобство, долговечность.

Впервые осознанное представление о методах расчета дорожных одежд автомобильных дорог начинает появляться в литературе в начале 40-х годов прошлого века. Первые шаги расчёта заключались в определении экспериментальных напряжений и в их сравнении с полученными формулами. Глубокую аналитическую классификацию методов расчета и конструирования дорожных одежд проводил неоднократно профессор Н.Н.Иванов. М.Б. Корсунский разработал метод расчета дорожной одежды по предельному относительному удлинению при изгибе покрытия, Смирнов А.В. разработал теорию работоспособности дорожных одежд, основанную на энергетической гипотезе и законе сохранения энергии с включением в расчетный аппарат срока службы. Вопросы теории прочности дорожных конструкций подробно рассмотрены в научных трудах профессоров Н.Н. Иванова, М.Б. Корсунского, И.И. Леоновича, Б.С. Радовского и других.

В практике применяются различные методы расчета дорожных одежд на прочность основанные на различных предпосылках. К ним относятся:

1. Методы, в которых за предельное состояние дорожной одежды принят предельный относительный прогиб конструкции;

2. Методы, в которых в качестве критериев предельного состояния дорожной одежды применяется ряд характеристик: предельное относительное упругое удлинение при изгибе покрытия; местное предельное равновесие по сдвигу; предельный относительный упругий прогиб всей конструкции;

3. Методы, в которых в качестве критерия прочности дорожной одежды принята величина допускаемой нагрузки, согласующаяся с вертикальной и дополнительной реакцией дискретной среды;

4. Методы, в которых дорожная одежда исследована на применение реологических моделей и учет реологических свойств материалов.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

## **Поверхностный сток проезжей части с различной шероховатостью покрытия**

Колуха К.В.

Белорусский национальный технический университет

Влажность покрытия оказывает значительное влияние на состояние автомобильных дорог. Она возникает в результате выпадения атмосферных осадков. Атмосферные осадки – это содержащаяся влага в облаках, которая выпадает на Землю в разных видах: снег, дождь, град и т. д. В связи с этим необходимо обеспечивать правильный и своевременный поверхностный сток воды с проезжей части автомобильных дорог.

Поверхностный сток – это процесс перемещения вод атмосферного происхождения по земной поверхности под действием сил тяжести.

Условия движения в период действия неблагоприятных метеорологических явлений значительно сложнее, чем при сухом и чистом покрытии. Различия определяются рядом факторов, основными из которых являются: снижение сцепных качеств покрытия, изменение взаимодействия автомобиля с дорогой, ухудшение ровности покрытия под влиянием осадков, гололеда, тумана, повышенной влажности воздуха и других факторов. Основной задачей организации поверхностного стока с покрытий с различной шероховатостью является обеспечение своевременного и целенаправленного сбора и отвода с проезжей части дождевых, ливневых и талых вод и последующее отведение в водоёмы или иные места.

Следствием плохой организации поверхностного стока является такое явление как аквапланирование. Оно возникает при полной потере сцепления, которое вызвано присутствием непрерывного водяного слоя, отделяющего шины движущегося транспортного средства от дорожной поверхности. Во избежание этого важно своевременно обеспечивать отвод воды с поверхности дороги. Необходимо соблюдать государственные стандарты в области дренажа, в том числе принцип поперечного уклона дорожного покрытия.

Правильный поперечный уклон проезжей части автомобильных дорог обеспечивает более быстрый поверхностный сток воды. Он должен быть не менее 4% для твёрдых монолитных покрытий и не менее 5% при отсутствии ливневой канализации. Это позволяет своевременно удалять осадки в дренажные системы, тем самым улучшая сцепление шин с дорогой и снижая вероятность аквапланирования.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

## Географическое распределение суммарной радиации, включая Беларусь

Копылова А.С.

Белорусский национальный технический университет

Поступающая на поверхность Земли солнечная радиация является основной энергетической базой формирования климата. Она определяет основной приток тепла к земной поверхности.

Солнечная радиация бывает прямой и рассеянной, вместе они образуют суммарную солнечную радиацию. Распределение солнечной радиации зависит от:

1. плотности и влажности воздуха;
2. географической широты местности;
3. годового и суточного движения Солнца;
4. характера земной поверхности.

Географическое распределение годовых и месячных количеств суммарной радиации не вполне зонально: радиации на картах не совпадают с широтными кругами, что объясняется влиянием прозрачности атмосферы и облачности. Максимальные годовые количества суммарной радиации зафиксированы в северной Африке, где достигают 200-220 ккал/см<sup>2</sup>, у экватора значения понижаются до 100-120 ккал/см<sup>2</sup>, а к более высоким широтам и вовсе падают до 60-80 ккал/см<sup>2</sup>. Над океанами суммы радиации ниже, чем над сушей. Беларусь не отличается высокими суммами, суммы радиации здесь составляют 84-97 ккал/см<sup>2</sup>. В июне наивысшие суммы радиации, свыше 22 ккал/см<sup>2</sup>, над северо-восточной Африкой, Аравией, Иранским нагорьем. В облачных приэкваториальных областях они снижены до 8-12 ккал/см<sup>2</sup>. В летнем южном полушарии они быстро убывают к югу, до нуля за южным полярным кругом. Что касается Беларуси, то суммы тут средние по миру и составляют 15 ккал/см<sup>2</sup>.

В декабре наибольшие суммы радиации, до 20-22 ккал/см<sup>2</sup> в пустынях южного полушария. Но в облачных районах у экватора, как в июне, они снижены до 8-12 ккал/см<sup>2</sup>. Несколько севернее полярного круга суммарная радиация опускается до нулевой отметки, а на территории Беларуси падает до -1 ккал/см<sup>2</sup>.

Солнечная радиация наносит вред автомобильной дороге. Под действием солнца в асфальтобетонной смеси происходит нагревание битума, вследствие чего появляются колеи. Однако сейчас разработан новый вид асфальтобетона, так называемый битумно-резиновый композиционный вяжущий, который менее подвержен таким видам деформаций.



## **Экологически безопасные противогололедные материалы**

Лайтер А.Э., Сегай Н.С., Куприянчик А.А.  
Белорусский национальный технический университет.

Основной задачей зимнего содержания дорог является проведение комплекса мероприятий по предотвращению зимней скользкости на дорогах, но, как правило, реагенты, используемые для данных целей, пагубно влияют на почву и окружающую среду в целом.

Наиболее распространенным способом ликвидации гололеда на дорожных покрытиях является применение химических реагентов, которые приводят к переводу снежно-ледяных отложений в жидкое или рыхлое состояние, обеспечивающее возможность их своевременного удаления с дорожного покрытия.

Антигололедные реагенты бывают в нескольких агрегатных состояниях: жидкие, твердые (гранулированные) и имеют различный химический состав. Но у всех реагентов имеется уникальное свойство снижать температуру плавления льда, что и обуславливает их применение.

Применяемые противогололедные материалы не должны вызывать значимого агрессивного воздействия на металл, бетон, кожу, резину.

Широко применяют противогололедные материалы на основе хлористых солей и, в первую очередь, на основе хлористого натрия. Говорить о безопасности и экологичности этого материала не приходится. В настоящее время все большее распространение получают противогололедные материалы нового поколения на основе ацетатов, формиатов и другого экологически безопасного сырья.

Одним из таких является продукт Cryotec СМА производства США, в состав которого входят ацетаты кальция и магния. Защитный эффект от коррозии металла у СМА составляет более 94%. Он не вызывает отрицательного действия на природные объекты, но имеет очень высокую стоимость.

Учитывая все вышеизложенные обстоятельства, в Белорусском национальном техническом университете был создан новый эффективный противогололедный материал (ПГМ) на основе отсевов дробления доломита – химико-фрикционный антикоррозионный материал (ХФА), запасы которого имеются в Витебской области в карьере «Руба». Он одновременно сочетает в себе низкую стоимость, высокую эффективность и экологичность. Плавающая способность реагентов входящих в состав ХФА несколько выше ныне применяемых ПГМ, скорость коррозии стали снизилась; также ХФА не вызывает значимой коррозии бетона, что позволяет использовать его на мостах и путепроводах.

## Стратегия повышения качества местных автомобильных дорог

Лайтер А.Э.

Белорусский национальный технический университет.

На сегодняшний день в развитии дорог Беларуси наиболее критичным вопросом является состояние местных дорог. Министерство транспорта и коммуникаций как ответственный орган госуправления совместно с облисполкомами, сельскохозяйственными службами и службами энергоснабжения разрабатывает для местных дорог нормативы и требования, в том числе по их содержанию. Разработана Программа «Дороги Беларуси» на 2006-2015 годы по улучшению местной сети дорог.

Ниже описаны стратегии повышения качества местных автомобильных дорог для каждого конструктивного элемента.

### Земляное полотно:

- разработка и внедрение устойчивого и бессадочного земляного полотна;
- совершенствование устройств поверхностного водоотвода с проезжей части дорог, откосов насыпей и выемок;
- укрепление откосов выемок и насыпей, в том числе и подтопляемых, с применением защитных и дренирующих прослоек из геосинтетики, геосеток, габионных конструкций, сборных ребристых плит, что обеспечит экономию бетона и железобетона, повышение долговечности земляного полотна в 1,5 раза при снижении трудоемкости работ в 2 раза.

### Дорожные одежды:

- разработка и применение укрепленных вяжущими оснований (тощий бетон в георешетке, материалы и грунты, укрепленные цементом или комплексными вяжущими, органоминеральные материалы);
- применение неукрепленных оснований (щебеночные, щебеночно-гравийные, в том числе армированные рулонными геосетками);
- применение в верхних слоях оснований высокопористого асфальтобетона, что обеспечивает снижение расхода щебня на 50 процентов и повышение долговечности на 5–8 лет за счет увеличения несущей способности оснований.

Проектирование, строительство и ремонт местных дорог низших категорий при условии соблюдения максимальной экономии ресурсов и тщательном учете особенностей сельскохозяйственного производства представляют собой сложную в научно-техническом отношении задачу, отличающуюся существенной спецификой и до настоящего времени изученную пока еще недостаточно.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

## Предпосылки к учету диагностик воздействий автомобилей на покрытие автомобильных дорог

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет.

Динамические воздействия автомобиля на дорожное покрытие можно рассматривать как статическую нагрузку ( $P_{ст}$ ), умноженную на динамический коэффициент ( $K_d$ ), то есть  $P_y = P_{ст}K_d$

Для определения динамического коэффициента необходимо рассмотреть колебания автомобиля, возникающие под воздействием внешних возмущающих сил. Эти силы зависят от величины и характера неровностей дорожного покрытия. Последние могут быть описаны методами математической статистики, если они имеют стохастический характер или выражены в виде математических моделей, если являются детерминированными. Ниже приведены значения динамической нагрузки соответствующей для четверти автомобиля  $F_d$ , при неровностях в виде импульса (стыки плит), параболы (отдельные неровности) и синусоиды (повторяющиеся неровности). Уравнения вынужденных колебаний:

а) возмущающая сила в виде импульса

$$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL = \int f(t)dt,$$

б) возмущающая сила в виде параболы

$$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL = hC(1 - v^2t^2),$$

в) возмущающая сила в виде синусоиды

$$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL = hC \left(1 - \cos 2\pi \frac{x}{S}\right).$$

Значение соответственно будет равно:

$$M_{нп}\omega v \sqrt{\frac{R^2 - (R_k - h_0)^2}{(R_k - h_0)^2}}; \quad M(\omega^2 - 4\vartheta^2); \quad \frac{Mh\omega^2\vartheta^2}{\omega^2 - \vartheta^2}.$$

В этих формулах:  $M_{нп}$  - неподрессоренные массы;  $\omega$  - частота собственных колебаний автомобиля;  $h$  - амплитуда неровности;  $S$  - длина неровностей;  $\vartheta$  - частота возмущающей силы;  $h_0$  - высота пороговой неровности;  $R$  - радиус недеформированного колеса;  $R_k$  - радиус качения;  $v$  - скорость движения автомобиля.

Динамический коэффициент определяется из выражения:

$$K_y = \frac{P_{ст} + F_{max}}{P_{ст}}.$$

По величине ( $K_d$ ) судят о динамическом воздействии на покрытие.

## Сезонные осмотры, как составная часть технической диагностики автомобильных дорог

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет.

Техническое, технико- и транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог общего пользования находится под постоянным контролем дорожных организаций. Выполняются ежемесячные, патрульные и сезонные осмотры, проводятся выборочные и целевые проверки эксплуатационного состояния, а на республиканских дорогах и инструментальные измерения прочности, ровности и сцепных качеств дорожных покрытий. Сезонные осмотры дорог играют существенную роль в управлении дорожным хозяйством. Они проводятся создаваемыми представительскими комиссиями в установленное время по единой системе учета эксплуатационного состояния и качества содержания автомобильных дорог. Для весеннего осмотра отводится месяц после окончания подготовки дорог к эксплуатации в летний период, а осенний проводят в основном в период с 1 по 31 октября. Требования к качеству содержания и состояния дорог оцениваются баллами: 5 баллов – отлично; 4 балла – хорошо; 3 балла – удовлетворительно; 2 балла – плохо и 1 балл – очень плохо. Балльная система имеет соответствующую практическую основу, а для комплексной оценки объекта введены коэффициенты элементной весомости. Уровень эксплуатационного состояния дороги или отдельного ее участка определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_d = \frac{\mathcal{E}_n t_1 + \mathcal{E}_{зп} t_2 + \mathcal{E}_m t_3 + \mathcal{E}_r t_4 + \mathcal{E}_{об} t_5}{n},$$

где  $\mathcal{E}_n, \mathcal{E}_{зп}, \mathcal{E}_m, \mathcal{E}_r, \mathcal{E}_{об}$  – оценка эксплуатационного состояния проезжей части, земляного полотна, мостов, труб, инженерного обустройства;

$t_1 \dots t_5$  – коэффициенты весомости соответствующих элементов дороги;

$n$  – число осмотренных элементов.

Оценка сети автомобильных дорог определяется как средневзвешенное значение состояния ее составляющих

$$\mathcal{E}_{с.д.} = \frac{\sum \mathcal{E}_{д(i)} L_i}{L_i},$$

где  $\mathcal{E}_{д(i)}$  – оценка состояния  $i$ -той дороги;

$L_i$  – длина  $i$ -той дороги.

Существующая система проведения сезонных осмотров соответствует современным требованиям. Но было бы целесообразным более детально учитывать дефекты и дефектность дорожных покрытий.

## **Колейность автомобильных дорог и причины ее образования**

Малахов С.В.

Белорусский национальный технический университет

Колея – это деформирование поперечного профиля проезжей части с образованием углублений и гребней выпора вдоль полос наката вследствие неравномерного износа и накопления пластических деформаций в покрытии, а также остаточных деформаций в слоях дорожной одежды и земляного полотна, происходящее при многократном воздействии колёс автомобилей. Борьба с колейностью является важным направлением в диагностике автомобильных дорог.

Наиболее часто колея образуется на нежестких дорожных одеждах с покрытием из асфальтобетона и других битумоминеральных смесей, однако колея истирания может формироваться и на цементобетонных покрытиях.

Как и большинство других деформаций, колея образуется при неблагоприятном сочетании двух групп факторов:

- внешние факторы – воздействия нагрузки, климатические факторы, особенно температура воздуха и солнечная радиация, а также условия увлажнения грунта земляного полотна;

- внутренние факторы – физико-механические характеристики дорожной конструкции: сдвигоустойчивость, структурное состояние, прочность и степень уплотнения дорожной одежды и земляного полотна, тип грунта и его свойства.

Самым важным из всех факторов образования колеи является воздействие тяжелых многоосных автомобилей. Процесс образования колеи начинается одновременно с открытием движения по дороге.

Вначале он идет медленно, затрагивая только верхний слой покрытия, а затем распространяется на другие слои дорожной одежды и на земляное полотно.

Однако в случае, когда материал какого-то слоя дорожной одежды плохо уплотнён или имеет низкую прочность и сдвигоустойчивость, остаточные деформации накапливаются в этом слое и проявляются на поверхности покрытия.

Прежде всего, колея может образовываться за счёт доуплотнения слоев дорожной одежды, если они не были достаточно уплотнены при строительстве. Колея по этой причине образуется в первый год эксплуатации. Борьба с колейностью является важным направлением в диагностике автомобильных дорог.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

## **Надежность автомобильных дорог с позиции вероятностного обеспечения движения транспортного потока**

Провлоцкий Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Под надежностью автомобильной дороги будем подразумевать ее состояние, при котором обеспечивается возможность безопасного и высокоэффективного движения транспортного потока с расчетными скоростями и нагрузками.

Степень возможности можно считать как вероятностный фактор. Если дорога по всем критериям соответствует требованиям, то вероятность обеспечения требования будет равна 100%. Если же по тем или иным причинам дорога полностью разрушена, то вероятность ее обеспечения движения равна 0%.

С обеспечением требования движения равным 100% будем сопоставлять процент дефектности равный 0%, а в том случае, когда вероятность обеспечения движения равно 0%, процент дефектности равен 100%.

Из этого условия можно построить график обратной зависимости между вероятностью обеспечения и процентом дефектности.

Для того, чтобы определить, как дефектность влияет на скорость движения автомобиля, существует такой показатель, как коэффициент безопасности, показывающий отношение максимальной безопасной скорости движения, обеспечиваемой тем или иным участком дороги, к максимальной возможной безопасной скорости въезда автомобиля на этот участок.

Возьмем, к примеру, дорогу 2 категории с допустимой скоростью движения для легковых и грузовых автомобилей 90 км/ч.

В случае появления на покрытии дефектности в 5%, скорость, с которой будет двигаться транспортный поток, уменьшится примерно до 85 км/ч, а при дефектности в 10%, скорость снизится где-то до 70 км/ч. Коэффициент безопасности в этом случае соответствует отношению скорости на первом участке 85 км/ч, к безопасной скорости на втором участке 70 км/ч и будет равен 1,21.

В заключение нужно сказать, что состояние автомобильной дороги оказывает значительное влияние на скорость автомобиля; тем самым повышается расход топлива и стоимость перевозок, что сказывается на себестоимости товара, сырья и т.д.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

**Учет свойств дорожно-строительных материалов при выборе технологии ремонта автомобильных дорог**

Савуха А.В.

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-строительные материалы в период эксплуатации подвергаются воздействию внешних механических сил и физико-химических факторов окружающей среды. К внешним механическим воздействиям относят ударные и статические нагрузки транспортных средств, механическую работу воды, ветра и другие. К физико-химическим факторам относят колебания температуры воздуха, инсоляцию, атмосферные осадки, поверхностные и грунтовые воды. Эти факторы влияют на сроки службы дорожной конструкции и материалов, применяемых в ней.

Поэтому возникает необходимость в учете свойств применяемых материалов при выборе технологии ремонта автомобильных дорог для обеспечения максимального срока службы конструкции до следующего ремонта.

В зависимости от того, в каком элементе дорожной конструкции работают материалы, они по-разному подвергаются воздействию внешних сил и физико-химическим процессам окружающей среды. Так, атмосферные воды, попадая в отдельные слои дорожной одежды, могут нарушать структурные связи в материале, растворять и вымывать некоторые вещества. Колебания температуры периодически изменяют внутренние напряжения в материалах, а также изменяют их состояние, что приводит к ослаблению структурных связей, появлению микротрещин, сдвигов под воздействием транспортных средств. Учитывая свойства материалов (как местных так и привозных) необходимо искать оптимальный вариант при выборе технологии ремонта автомобильной дороги, учитывая особенности условий эксплуатации. Таким образом можно подобрать материалы, которые при определенной технологии ремонта максимально продлят срок службы конструкции.

В первую очередь необходимо изучить свойства местных материалов и, исходя из этого, определить целесообразность использования той или иной технологии ремонта дороги, учитывая не только текущий экономический эффект, но и перспективные сроки службы данных материалов в процессе эксплуатации. Свойства дорожно-строительных материалов должны содействовать максимальной сопротивляемости факторам, способствующим разрушению дороги в данных условиях.

## **Развитие синоптики как науки о прогнозе погоды**

Сегай Н.С.

Белорусский национальный технический университет.

Первые попытки предвидения погоды, основанные на местных признаках, относятся к глубокой древности. Наблюдения за погодой можно встретить у многих авторов того времени. Сейчас изучением физических процессов в атмосфере Земли, определяющих будущее состояние погоды, занимается такая наука как синоптика.

Впервые организовать сбор информации о метеоусловиях на территории Европы в 1654 году попытались герцог Тосканский и его секретарь иезуит Антинори. Надо признать, что из-за одновременности измерений и огромных задержек почтового «канала связи», ни о какой возможности создания карты погоды здесь и речи быть не могло.

В 20-х годах XIX века произошло важное для развития новой науки событие. В Германии Брандес составил первые синоптические карты для Европы. Но ученым необходимо было также найти способ быстро обмениваться данными метеорологических наблюдений в разных регионах. И самым подходящим средством для этого оказался электромеханический телеграфный аппарат, который незадолго до того был изобретен Сэмюэлом Морзе. Таким образом, в 1863 году Парижская обсерватория получила возможность издавать первые карты погоды, или синоптические карты, в таком виде, какой они имеют сегодня. К 1872 году то же стала делать и Британская метеорологическая служба.

Было разработано сложное научное оборудование. Сегодня сотни метеорологических станций по всему миру поднимают в атмосферу воздушные шары с радиозондами. Применяются также метеорологические радиолокаторы. Новые перспективы для более точного прогнозирования погоды открылись в 1960 году, когда на орбиту Земли был выведен первый в мире метеорологический спутник — «Тайрос-1», оборудованный телекамерой. Сегодня с метеоспутников ведутся наблюдения за всей планетой. Геостационарные спутники всегда остаются над одной и той же точкой земной поверхности и постоянно следят за той частью земного шара, которая находится в поле их обзора.

Несмотря на постоянное развитие синоптической метеорологии, в ней остается много нерешенных проблем. Как отмечал еще Тур Бержерон, прогрессу в синоптической метеорологии препятствует недостаточное знание метеорологии у части теоретиков и, может быть, слабая подготовка в области математики у синоптиков.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.



УДК 625.7

## **Анализ весовых и габаритных параметров автомобилей и их учет при рассмотрении взаимодействия подвижного состава с покрытием**

Сивец К.И., Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги являются важнейшим элементом транспортной системы государства. Без дорог было бы невозможно осуществление междугородних и международных перевозок пассажиров и грузов. Поэтому надо следить за тем, может ли дорога выдерживать нагрузку от транспортных средств и погодно-климатических факторов. Каждое транспортное средство по-своему влияет на состояние дорожной одежды, поэтому необходимо знать основные характеристики транспортных средств, такие как разрешённая максимальная масса, масса без нагрузки и др. Учет осевой нагрузки, скорости движения очень важны для обеспечения непрерывного и безопасного движения по дорогам республики.

По дорогам Республики Беларусь в транспортном потоке наблюдается большое количество транспортных средств различных марок, видов и конфигураций. Существует классификация легковых автомобилей по сегментам. Они значительно отличаются по внешнему виду, габаритам и нагрузкам на ось. Также существуют большие различия грузовых автомобилей. Они предназначены для перевозки как мелких, так и крупногабаритных грузов. Использование полуприцепов, прицепов приводит к формированию автомобильных поездов. Воздействие их на покрытие во многом отличается от воздействия одиночных автомобилей. Не последнее место среди транспортных средств занимают автобусы, длина которых, а, следовательно, их пассажироемкость и общий вес, могут достигать значительных величин и превышать нагрузки, которые были заданы при проектировании дорожных одежд. Все данные по допустимым габаритам и нагрузкам на оси приведены в нормативных документах, и им обязаны соответствовать все дороги, по которым могут совершать движение транспортные средства.

Из-за достаточно большой массы грузового транспорта и непостоянных погодно-климатических условий необходимо ограничивать движение транспорта в определенные периоды года. Это относится к весенней распутице и летнему периоду, когда температура воздуха превышает 25°C. И если необходимо на некоторое время вводить подобные меры на дорогах нашей страны, то лучше сделать это своевременно, чем потом устранять последствия и ущерб, тратя большие средства.

**Учет качества автомобильных дорог  
в деятельности логистических центров**

Шарейко В. А.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь в силу исторических причин является транзитным государством. Поэтому особую роль в социально-экономическом развитии республики играют автомобильные дороги, представляющие собой главные транспортные артерии страны.

Для того, чтобы решить проблему доставки грузов от поставщика к потребителю в кратчайшие сроки и с наименьшими финансовыми затратами создаются логистические центры. Издержки, связанные с перемещением товаров, занимают большую долю в их себестоимости.

Перевозки грузов автомобильным транспортом составляют до 90%. Поэтому эффективность работы логистических центров во многом зависит от качества дорог. Состояние сети дорог, а значит, и себестоимость перевозок по ним напрямую зависят от затрат на содержание автомобильных дорог.

Состояние дорожных покрытий оказывает существенное влияние на эффективность работы автомобильного транспорта. При минимальной ровности дорог минимальна и эффективность эксплуатации грузового автомобиля. Всевозможные повреждения и неровности на покрытии приводят к перерасходу топлива автомобилями. Это связано с тем, что при движении по неровным участкам дороги приходится снижать скорость. Возникновение повышенного уровня вибраций ускоряет износ и дорожного покрытия, и автомобилей, а это еще и затраты на ремонт автомобиля. Вследствие этого стоимость перевозок автомобильным транспортом в 1,5 раза, а расход горючего на 30% превышают аналогичные показатели развитых зарубежных стран. Особенно это сказывается в условиях бездорожья, когда коэффициент сопротивления качению на порядок увеличивается. Также качество и долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий в значительной степени определяются качеством битума. Установлено, что одна тонна высококачественного битума экономит 3 т автомобильного топлива. На данный момент времени состояние дорог вполне удовлетворительное, но отсутствие средств на капитальные ремонты в настоящее время потребует через несколько лет реконструкции основных автострад, так как уже сегодня 22% (по протяженности) дорог требуют усиления дорожной одежды. Это же касается 25% мостов, требующих срочной реконструкции.

Работа выполнена под руководством профессора Леоновича И.И.

**Динамика развития сети автомобильных дорог Непала**

Кришна Чакхун

Белорусский национальный технический университет

В Непале, где 83% территории занимают горы, автомобильные дороги являются основными средствами коммуникации. Первая автомобильная дорога под названием Ная Садак (Новая улица) была построена в 1924 г. в г. Катманду. К сожалению, в те времена, строительство дорог не было приоритетом для феодального правительства. В 1929 г. была построена 42-х километровая дорога Амлехганз – Бимпеди, которая позволила осуществить важный подход к холмам в сторону Катманду из Тарайской равнины. В 1951 г. общая протяжённость дорог составляла всего 376 км. В 1953 г. построили Трибхуван Разпатх, протяжённостью 115 км, которая связала Катманду как с Тараем, так и с внешним миром. Несмотря на острую нехватку транспортной сети, строительство продолжалось невысокими темпами. Это объяснимо сложностями, связанными и с экономическими вопросами, и с климатом и ландшафтом страны. Тем не менее, общая протяжённость дорог выросла вместе с годами.

Год	км	км/100км <sup>2</sup>	Год	км	км/100км <sup>2</sup>	Год	км	км/100км <sup>2</sup>
1951	376	0,3	1962	1193	0,8	1970	2504	1,7
1980	4940	3,4	1990	7330	5,0	2000	15905	10,8
2004	17280	11,7	2006	18828	12,79	2010	19875	13,52

В настоящее время дороги делятся на две основные категории – стратегическая, то есть основная дорожная сеть (SRN) и местная дорожная сеть (LRN). В 2010 г. определились дополнительные 22000 км местных дорог, используемых в период сухого сезона. На 2012 год протяжённость сети SRN составляла 11635 км, LRN – 50944 км, что в общей сумме составляет 62579 км, что соответствует плотности 42,52 км/100км<sup>2</sup>. Но при проведении отдельного экономического обзора 2012 г. обнаружено всего 24583 км дорог, используемых в любом сезоне. В последнем десятилетии много дорог сети LRN было построено, но большинство из них были земляные, эксплуатируемые в сухом сезоне. Предстоит улучшить состояние сезонных дорог до соответствующего уровня. Запланировано строительство 31000 км дорог до 2017 г, включая 8 маршрутов транзитных торговых коридоров между соседними Индией и Китаем, развитие магистрали Восток - Запад до уровня Азиатской автомагистрали.

Несмотря на невысокие темпы строительства, заинтересованность в развитии отрасли дорожного строительства способствует её динамичному развитию.

Литвин А.А.

Белорусский национальный технический университет

Тепловой баланс Земли — баланс энергии процессов теплопередачи и излучения в атмосфере и на поверхности Земли. Основной приток энергии в систему атмосфера—Земля обеспечивается излучением Солнца. По данным за 2000—2004 годы усреднённый по времени и по поверхности Земли этот поток составляет  $341 \text{ Вт/м}^2$ , или  $1,74 \cdot 10^{17} \text{ Вт}$  в расчёте на полную поверхность Земли. Основной приток энергии к Земле обеспечивается солнечным излучением и составляет около  $341 \text{ Вт/м}^2$  в среднем по всей поверхности планеты. На внутренние источники тепла приходится  $0,08 \text{ Вт/м}^2$ . Из  $341 \text{ Вт/м}^2$  солнечного излучения, попадающего на Землю, примерно 30 % ( $102 \text{ Вт/м}^2$ ) сразу же отражается от поверхности Земли ( $23 \text{ Вт/м}^2$ ) и облаков ( $79 \text{ Вт/м}^2$ ), а  $239 \text{ Вт/м}^2$  в сумме поглощается атмосферой ( $78 \text{ Вт/м}^2$ ) и поверхностью Земли ( $161 \text{ Вт/м}^2$ ). Из  $161 \text{ Вт/м}^2$  поглощаемой поверхностью Земли энергии  $40 \text{ Вт/м}^2$  возвращается в космическое пространство в виде теплового излучения, ещё  $97 \text{ Вт/м}^2$  передаются атмосфере за счёт различных тепловых процессов ( $80 \text{ Вт/м}^2$  — испарение воды,  $17 \text{ Вт/м}^2$  — конвективный теплообмен). Около  $356 \text{ Вт/м}^2$  излучения Земли поглощается атмосферой, из которых  $333 \text{ Вт/м}^2$  возвращается в виде обратного излучения атмосферы. Таким образом, полное тепловое излучение поверхности Земли составляет  $396 \text{ Вт/м}^2$  ( $356+40$ ), что соответствует средней тепловой температуре  $288\text{К}$ . Атмосфера излучает в космическое пространство  $199 \text{ Вт/м}^2$ , включая  $78 \text{ Вт/м}^2$ , полученные от излучения Солнца,  $97 \text{ Вт/м}^2$ , полученные от поверхности Земли, и разность между поглощаемой и излучаемой энергией между поверхностью земли и атмосферой в объёме  $23 \text{ Вт/м}^2$ . Внутренние источники тепла Земли менее значительны по мощности, чем внешние. Считается, что основными источниками являются: распад долгоживущих радиоактивных изотопов, гравитационная дифференциация вещества, приливное трение, метаморфизм, фазовые переходы. При быстрых понижениях температур с переходом ниже  $0$  образуются температурные трещины в дорожной одежде. При сезонном промерзании и оттаивании при определенных условиях на дорожной одежде могут наблюдаться пучины. Интенсивный прогрев солнечными лучами в летний период приводит к повышению пластичности асфальтобетона, что способствует образованию колея, сдвигов, волн на покрытии. Кроме того, температура оказывает сильное влияние на условия движения транспорта, изменяя восприятие, а также снижая сцепные качества покрытия.

# **Транспортные сооружения**

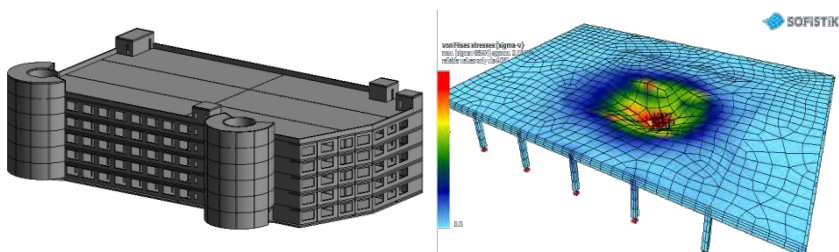
## Использование BIM-технологий при исследовании напряженно-деформированного состояния паркинга в г. Минске

Бойко В.И., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

В виду остановки строительства и длительного нахождения здания паркинга в г. Минске под воздействием окружающей среды, существенно снижается несущая способность основных конструкций сооружения. Для установления фактической несущей способности конструкций здания с учетом повреждений, выполнены расчеты по несущей способности и деформациям конструкций и сопоставление их с натурными испытаниями.

Анализ деформаций и напряжений конструкций паркинга выполнен с использованием совместной работы современных программных комплексов, таких как Revit и SOFiSTiK. Моделирование здания было выполнено в программном комплексе Autodesk Revit. При создании 3D модели здания, параллельно создается его аналитическая модель. Аналитическая модель содержит данные о нагрузках, размеры конструктивных элементов и их допустимую прочность, а также может содержать как всю модель здания, так и его отдельные фрагменты. В процессе анализа расчетной модели здания выполнена передача фрагмента аналитической модели паркинга в расчетный комплекс SOFiSTiK.



Выполненные исследования показали эффективность использования BIM-технологий при создании моделей зданий или сооружений с последующей передачей их в расчетные комплексы. Применение этих программных комплексов позволяет легко добиваться результатов и сопоставлять их с результатами натурных испытаний.

## **Особенности проектирования неразрезных железобетонных рамных мостов**

Ахмад Алхава Амер Сахар, Пастушков Г.П.  
Белорусский национальный технический университет

Мостостроение является наиболее широкой областью применения предварительно напряженного железобетона. В настоящее время в мире построен ряд уникальных железобетонных мостовых сооружений с большими пролетами. Наибольшее распространение получили железобетонные мосты из Т-образных рам: рамно-балочные и рамно-консольные. Рамно-балочные системы мостов получают из рамных и подвесных пролетных строений, шарнирно опертых на консоли рам. В ригелях Т-образных рам возникают только отрицательные изгибающие моменты, а в подвесных разрезных пролетных строениях – только положительные. Опоры этих рам от действия вертикальных нагрузок передают на основание вертикальную силу и изгибающий момент.

В рамно-консольных системах Т-образные рамы шарнирно связаны между собой. В рамно-консольной системе рамы соединяют в середине пролетов шарнирами, допускающими относительные продольные перемещения концов ригелей соседних рам. Опоры мостов этой системы передают на основание еще и горизонтальную силу. Рассмотренные рамные системы представляется возможным возводить навесным бетонированием или навесным монтажом. Однако такие системы имеют один крупный недостаток: наличие большого количества деформационных швов, в местах расположения которых от проезжающих автомобилей возникают удары. Консоли рам могут быть омоноличены, в этом случае получается многопролетная рамно-неразрезная система. Основой таких мостов также являются Т-образные рамы, ригели которых сооружают навесным способом. Особое внимание следует обращать на устройство деформационных швов на устоях, особенно при значительной длине моста. Пространственный расчет таких систем следует производить по все виды воздействий с применением вычислительных комплексов, ориентированных на проектирование мостовых сооружений. Многопролетные неразрезные конструкции сооружаются уравновешенно в обе стороны от промежуточных опор. В полученной системе требуется нижняя арматура.

Отрицательные моменты вызывают появление сжатой зоны в нижней части сечения ригеля, что приводит к необходимости применения коробчатых сечений пролетного строения.

**Проектирование плитных сталежелезобетонных мостов  
по новым нормам**

Пастушков Г.П.

Белорусский национальный технический университет

В сталежелезобетонных пролетных строениях разрезных мостов сочетается относительная легкость стальной конструкции с эффективностью работы бетона, работающего на сжатие. Применение предварительного напряжения в неразрезных пролетных строениях позволяет эффективно использовать железобетон и в зонах, растягиваемых временной нагрузкой. В настоящее время для мостов, как на автомобильных, так и на железных дорогах, начали использоваться плитные пролетные строения с утопленными в бетон стальными балками.

Расчет стальных элементов с учетом пластических деформаций в той или иной мере допускается почти всеми нормативными документами мира. По нашим нормам предельные состояние элементов при действии в их сечениях всего комплекса силовых факторов при любых их сочетаниях устанавливаются по критерию ограниченной пластической деформации.

В основу определения предельных усилий нормами проектирования мостов заложена наибольшая пластическая деформация в крайней фибре, достигающая величины 0,06 %. В новых нормах проектирования стальных элементов предусмотрено четыре класса напряженно-деформированных состояний сечений. Предельное состояние по прочности без ограничения деформаций сжатого бетона представлено эпурой, при которой пластические деформации возникают по всей высоте сечения в стальной балке, в арматуре и в сжатом бетоне. В отечественных нормах при проектировании сечений стальных мостов применение 1 класса напряженно-деформированного состояния не допускается.

В новых американских нормах и в Еврокоде для мостов для сечений определенного класса в предельном состоянии допускается возможность образования пластического шарнира, т.е. текучести по всей высоте сечения элемента (1 класс напряженно-деформированного состояния).

Применяя деформационную модель расчета сечения и составленную на ее основе программу расчета можно построить кривые взаимодействия усилий по заранее назначенному максимальному значению пластической составляющей для любых сечений плитных сталежелезобетонных конструкций и при любом сочетании силовых факторов.



**Теоретические аспекты армирования углеродными волокнами конструкций мостов и тоннелей**

Ляхевич Г. Д., Мотамеди Сайед

Белорусский национальный технический университет

Для работы в современных конструкциях материал должен обладать не только высокой прочностью, но и жесткостью. За последние годы удалось достигнуть повышения удельной прочности материалов, однако модуль упругости оставался неизменным. Увеличение этого показателя — необходимое условие повышения несущей способности конструкции, так как использование традиционных материалов с более высокой прочностью и неизменным модулем упругости сопровождается ростом упругих деформаций, что зачастую неприемлемо по конструктивным соображениям.

Повышению технических параметров изделий, увеличению их надежности, срока службы, снижению веса и материалоёмкости в значительной мере способствовало созданию композиционных материалов. Углеродные волокна на сегодняшний день признаны идеальным материалом для армирования конструкционных материалов, так как имеют: низкую плотность, высокую прочность, долговечность; возможность оптимизации материала под заданные свойства; высокую коррозионную стойкость в кислых, щелочных и агрессивных средах; низкие эксплуатационные расходы; длительный срок хранения в неподготовленных условиях; низкую звуко- и теплопроводность; большой межремонтный период; экологическую чистоту, пожаробезопасность изделий и конструкций в эксплуатации; низкую энергоёмкость изготовления и утилизации.

Эффективность армирования конструкций углеродными волокнами в процентах: уменьшение образования микротрещин и внутренних напряжений при пластической усадке до 75%; увеличение водонепроницаемости до 50%; морозостойкости до 50%; повышение прочности при сжатии до 25%; повышение прочности при раскалывании до 35%; повышение ударной и усталостной прочности до 500%; препятствие расслаиванию бетонной смеси до 25%; сокращение времени первичного и окончательного твердения, ускорения оборота форм до 45%.

Поэтому исключительно перспективным направлением в мосто- и тоннелестроении является создание новых легких конструкций, модифицированных углеродными волокнами, обладающими повышенными физико-механическими свойствами и способных длительно сохранять эксплуатационную пригодность в изменившихся экологических условиях.

**Нанотехнологии в производстве бетона для мостовых  
и тоннельных конструкций.**

Ляхевич Г.Д., Ортнер Д.В., Матуть А.Е.  
Белорусский национальный технический университет

За последние годы композиционные материалы (КМ) на основе углеродных волокон получили в производстве прочных легких и жестких элементов конструкций. Особенно важным направлением в создании композиционных материалов является использование фуллерона - материала, состоящего из чистого углерода.

Перспективен фуллерон для производства высокопрочных пластиков. Наиболее эффективным следует признать не сферическую форму фуллерона, а углеродную трубку, которая может быть использована для изготовления суперпрочных бетонов с пределом прочности на сжатие более 250 МПа. Нанотехнология позволяет получать из ориентированных под различными углами нанотрубок тонкие пленки, обладающие микротвердостью в 1,6 раза больше, чем у твердосплавных металлов.

Наличие отверстий в нанотрубках позволяет разделять смеси на атомы и молекулы. Изменяя диаметр отверстий в нанотрубках можно вводить в них полимерные или металлические высокопрочные волокна, создавая тем самым широкий спектр композиционных материалов с заданными физико-химическими и механическими свойствами.

Фуллероны являются фундаментальными элементами для синтеза новых КМ. Одним из них является сверхтвердый материал, полученный путем кристаллизации фуллеронов при высоком давлении около 20 ГПа. В связи с тем, что твердость нового материала выше, чем у алмаза, возникает проблема определения его механических характеристик, особенно в случае алмазных плёнок. Последние при плотности  $3400 \text{ кг/м}^3$  обладают модулем упругости вдоль волокон, равный 900 ГПа.

Таким образом, роль в производстве новых КМ является определяющей, а его возможности поистине неисчерпаемы. В случае решения технологических проблем по выпуску длинномерных элементов применение КМ для усиления нижних поясов стальных и сталежелезобетонных балок позволит существенно увеличить длину не перекрываемых пролетов и долговечность конструкций мостов.

Максимальный эффект будет получен при изготовлении всех элементов балок из композитов с матрицей из лёгких сплавов, армированных высокопрочными углеродными и борными волокнами.

**Клееная древесина в мостовом строительстве (Часть 1)**

Расинская Л.Г., Азаренок Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Клееная древесина является современным строительным материалом, который весьма перспективен для деревянного мостостроения. Проблеме проектирования и строительства деревянных мостов в настоящее время придается особое значение. За последние 15-20 лет древесина за рубежом приобрела широкое признание и стала конкурентноспособным строительным материалом для мостовых конструкций.

Сравнение стоимости мостов металлических, железобетонных и деревянных, проведенное в США показало, что если стоимость деревянного моста принять за 100%, то стоимость металлического моста составит 150%, а железобетонного 310%. Сроки службы деревянных мостов из клееной древесины по их же данным составляет 50 лет, что объясняется высокими качествами современной антисептированной древесины. Через 50 лет конструкции в связи с изменением условий требуют модификации. Занимая первое место в мире по запасам древесины, страны СНГ (Россия, Беларусь и Украина) отдают предпочтение таким материалам как железобетон и металл. В то время как страны Америки (США и Канада) и Западной Европы развивают деревянное мостостроение. Так, в США и Канаде деревянные мосты составляют сотни тысяч единиц. С начала 90-х годов развивается строительство деревянных мостов из клееной древесины и в странах Западной Европы для чего разрабатываются специальные программы на государственном уровне. Построены интересные по конструкции деревянные мосты из клееной древесины.

Современные автодорожные и пешеходные клееные мосты в этих странах применяются различных систем: как простые разрезные балочные, так и более сложные – неразрезные, балочно-консольные, рамные, арочные, висячие, вантовые.

Даже среди обычных балочных мостов встречаются оригинальные по своей конструкции сооружения. Например, **пешеходный мост в г. Ердинг (Германия)**. Мост балочный пролетом 39.6 м. Пролетное строение состоит из двух дощатоклееных балок сечением 18x120см, каждая из которых усилена шпренгельной системой с двумя V-образными подкосами, поставленными в третях пролета. Через 3 м по длине расположены поперечные балки сечением 18x36 см с консолями.

**Клееная древесина в мостовом строительстве (Часть 2)**

Расинская Л.Г., Азаренок Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Очень интересен мост **«Pine Mobile Bridge»**, расположенный на федеральной автомобильной дороге в 20 км от Хельсинки (Финляндия). Мост был введен в эксплуатацию в 1999 г. Полная длина моста 182 м. На данный момент это самый большой клееный деревянный мост в мире. Он состоит из пяти пролетов. Схема моста  $21+3 \times 42+21$ . Береговые пролеты по 21 м – балки с железобетонной плитой проезжей части. Сечение балок  $19 \times 135$  см. Три центральных пролета по 42 м – балочные треугольные фермы с ездой понизу. В поперечном сечении две фермы. Ширина проезжей части – 7,5 м, полная ширина моста – 11 м. Все деревянные конструкции выполнены из клееной древесины. Расход леса на пролетные строения составил 1 тыс. м<sup>3</sup>. Все конструкции моста были защищены антисептиками методом глубокой пропитки под давлением в автоклавах. Треугольные фермы центральных пролетов обшиты клееными досками, что дополнительно защищает конструкции моста от атмосферных воздействий. Долговечность моста оценивается в 100 лет.

Широко применяются неразрезные клееные балочные мосты. Например, мост в г. **Зиме** (Швейцария) для пешеходного и велосипедного движения. Высота моста над отметкой уровня меженных вод составляет 25 м. Река в средней части мостового перехода судоходна. Мост трехпролетный ( $27+54+27$  м), крытый. Неразрезное пролетное строение в поперечном сечении состоит из двух клееных ферм с параллельными поясами с двумя треугольными шпренгельными системами в нижней части ферм для опирания на промежуточные опоры. Езда осуществляется поверху. Длина панелей по 6,75 м. Высота ферм 2,94 м, у опор – 5,88 м. Другой пример – пешеходный мост у м. **Мюнстери** (Германия). Мост балочный трехпролетный неразрезной с ездой понизу. Схема моста  $12,0+20,5+12,0$  м. Ширина проезжей части – 2,5 м. В поперечном сечении две клееные прямоугольные балки сечением  $14 \times 100$  см. Проезжая часть выполнена в виде клееной древесоплиты из досок сечением  $12 \times 8$  см, покрытых гидроизоляцией из армированного стеклотканью битуминизированного картона, верхний настил – диагональный из сосновых досок.

В настоящее время в мире прослеживается тенденция увеличения количества деревянных мостов. Необходимо и нам в Беларуси относиться к дереву как весьма эффективному и экономически выгодному строительному материалу для мостостроения.

## Оценка надежности мостовых сооружений как строительной технической системы

Нестеренко В.В., Рогатень С.С.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки надежности мостового сооружения как строительной технической системы необходимо создание надежностной схемы мостового сооружения, в которой теоретически и путем наблюдений обоснованы вероятности отказов каждого элемента и стоимость устранения каждого отказа.

Наиболее существенной особенностью оценки надежности мостового сооружения является многочисленность критериев, обусловленных многофункциональностью мостового сооружения и его значимостью в системе государственного хозяйствования.

При оценке надежности мостового сооружения целесообразно говорить о надежности исполнения функций, предписанных системе, и методика оценки надежности исполнения функций строительной системой должна соответствовать предъявляемому к ней уровню требований.

Мостовые сооружения относятся к системам, к которым предъявляются высокие требования в смысле надежности. Надежность такой системы можно принять равной надежности выполняемой функции с максимальной вероятностью отказа.

Так, при оценке надежности пролетного строения, состоящего из  $m$  элементов – балок (плит) по критерию отказавших балок (плит), надежность пролетного строения определяется количеством отказавших элементов. (Например, считается, что надежность системы исчерпана, если количество отказавших балок (плит) в пролетном строении равно или больше 1).

При одинаковых вероятностях отказов всех элементов, вероятность отказа системы определится на основании теоремы об умножении вероятностей:

$$Q_{sist,t} = \sum_n^m \frac{m!}{n! \cdot (m-n)!} \cdot Q_{el,t}^n \cdot (1 - Q_{el,t})^{m-n},$$

где:  $n = 1, 2, 3$  и т.д. – допустимое количество отказавших элементов;

$Q_{el,t}$  – вероятность отказа одного элемента в момент времени  $t$ .

Надежность системы в тот же момент времени:

$$W_{sist,t} = 1 - Q_{sist,t}.$$

**Новые универсальные гидроизоляционные покрытия  
на основе «жидкой резины»**

Гусев И.А., Агабаба Ранграз Алиреза Наджиб, Мотамеди Сайед  
Белорусский национальный технический университет

В перспективе одним из наиболее востребованных будет гидроизоляционный материал из «жидкой резины». Она представляет систему состоящую из базисного компонента (битума и латекса) и катализатора отверждения. Техническая характеристика ее: плотность 1010-1100 кг/м<sup>3</sup>; массовая доля нелетучих компонентов – около 60%; отверждение происходит через 18-24 часа; условная прочность – более 0.2 МПа. Она не токсична, огнестойка, проста в транспортировке и хранении. При нанесении на твердую поверхность «жидкая резина» приобретает уникальные свойства: монолитности, эластичности, водонепроницаемости и др. Она обладает высокой адгезией к стали, бетону, рубероиду и др., не содержит швов, не огнеопасна, не имеет запаха, обладает длительным сроком службы, не нуждается в разогреве. Гидроизоляционный материал из «жидкой резины» отличается уникальной эластичностью, которая составляет более 1000%, и отлично выдерживает резкие температурные колебания от минус 45 до плюс 80°С. «Жидкая резина» стала альтернативой мембранным и рулонным покрытиям, наносимым горячим методом. Так, например, по техническим характеристикам кровля с 4-мя слоями рубероида сопоставима со всего 2-миллиметровым слоем бесшовной мастичной изоляции. Заделка швов с помощью такой резины является эффективным процессом. Рабочая поверхность, заполненная «жидкой резиной», не потребует дополнительного обслуживания и ремонта.

После химической реакции между компонентами на защищаемой поверхности образуется прочная эластичная монолитная мембрана. При этом «жидкая резина» не выделяет опасных летучих соединений. Входящий в состав водный раствор отвечает за практически мгновенное затвердевание материала, что, несомненно, можно отнести к неоспоримым его преимуществам. Мембрана из «жидкой резины» защищена от воздействия ультрафиолетовых лучей и отличается эластичностью: коэффициент предельного удлинения больше 1000% с одновременным высоким пределом прочности. Это предотвращает возможность ее отслаивания от поверхности при неблагоприятном воздействии циклических изменений температуры, давления воды, вибрации, резких ударов и др.

Руководитель работы – профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 624.282

## Применение программы Revit при выполнении курсового проекта «Многоэтажное транспортное здание»

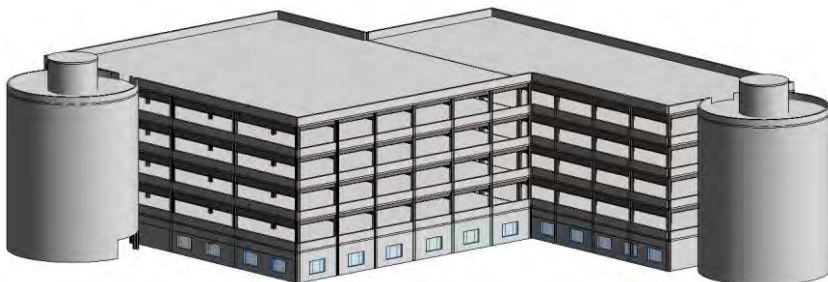
Друзик А.А., Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время широкое распространение получает новый метод в проектировании транспортных зданий и сооружений информационное моделирование – BIM (от принятого в английском языке термина Building Information Modeling). Одним из таких программных комплексов является Revit компании Autodesk.

Данный программный комплекс был использован для разработки курсового проекта многоэтажного транспортного здания (паркинга). В Revit создавалась 3D модель сооружения, из которой получались необходимые для проекта 2D чертежи. Все изменения, внесенные в проект, автоматически изменяются во всей модели. Функция зонирования территории позволяет более рационально использовать полезную площадь для расстановки автомобилей и организации их движения. Имеется возможность использовать различные материалы и их сочетания для строительных конструкций. Сами же конструкции создаются как отдельные семейства и имеют достаточно высокую параметризацию.

Отличительной особенностью данной программы является то, что она имеет двунаправленную связь с внешними расчетными программами, созданная модель является расчетной схемой (аналитической моделью) для экспорта в такие расчетные комплексы как SOFiStiK, Midas, Robot и др.



УДК 699.82: 624.26

## **Битумно-полимерный материал для защиты конструкций искусственных сооружений**

Агабаба Ранграз Алиреза Наджиб

Белорусский национальный технический университет

Для приготовления битумно-полимерного материала использовали: изопреновый каучук марки СКИ-3, нефтяной битум марки БН 70/30, волокнистый наполнитель, резиновую крошку, гранулят суспензии растворенной резины (ГСРР) – многофункциональный компонент, упрочняющий, пластифицирующий, стабилизирующий битумно-полимерный материал (БПМ). Характеристика ГСРР: плотность при 20 °С – 1,7612 г/см<sup>3</sup>; температура текучести по Агде-Линксеру-Рябоконевоу (Тт) – 92 °С; температура вспышки – более 290 °С; текучесть по Рашигу (Тр) при 150 °С – 97 мм.; компонентный состав, мас. %: углеводороды – 22,8; смолы – 17,1; асфальтены – 6,5; техуглерод 48,9; оксид цинка 4,7. Изготовление композиции битумно-полимерного материала осуществляли на вальцах с коэффициентом фрикции 1:1,15. Температура валков в °С: переднего 50-55, заднего 85-95. На вальцы загружают изопреновый каучук, а затем волокнистый наполнитель, резиновую крошку, ГСРР, нефтяной битум. Массу вальцуют, каландруют и полученный безосновный рулонный битумно-полимерный материал испытывают. Результаты испытаний показали, что: условная прочность при растяжении составила 1,87 МПа; относительное удлинение при разрыве – 118%; водопоглощение за (24+0,5ч) – 0,12%; эластичность, количество двойных перегибов 96; гибкость на стержне диаметром 10+1мм. при температурах – 20<sup>0</sup>С выдерживает, так как отсутствовала трещина или сетка мелких трещин на испытуемом образце.

Таким образом, высокие физико-механические свойства образцов битумно-полимерного гидроизоляционного материала, содержащих 25-45% гранулята суспензии растерной резины, полученного из изношенных покрышек в среде высокомолекулярного нефтепродукта – асфальта деасфальтизации, подтверждают целесообразность его применения для защиты конструкций искусственных сооружений. Использование такого битумно-полимерного материала особенно целесообразно в осложненных местах, например при устройстве гидроизоляции над деформационными межсекционными швами труб на фундаменте, при устройстве примыкания гидроизоляции к блокам тротуаров.

Руководитель работы – профессор Ляхевич Г.Д.



**Физико-механическая характеристика бетонов,  
содержащих микрокремнезем**

Альаззави Аюб Басим, Кравченя Ф.С., Ортнер Д.В.  
Белорусский национальный технический университет

Для решения поставленной задачи были использованы:

- цемент марки М-400, ПЦ-Д0, ОАО «Красносельскстройматериалы», с тонкостью помола — 92,7%, истинной плотностью —  $3,1012 \text{ г/см}^3$ , величиной удельной поверхности —  $2546 \text{ см}^2/\text{г}$ ;

- заполнитель – щебень с максимальной крупностью зерен 20 мм. Физико-механические свойства щебня: плотность  $2681 \text{ кг/м}^3$ , влажность 0,14 мас. %, содержание, мас. %: глинистых и пылеватых частиц – 0,13, марка щебня – 1200, соответствует ГОСТ 8267;

- песок кварцевый для строительных работ, ГОСТ 8736, с модулем крупности  $M_k$ , равным 2,12;

- для затворения бетонных смесей применялась водопроводная вода, которая отвечала требованиям СТБ 1114;

- суперпластификатор С-3.

Состав бетонной смеси в мас. %: щебень 49,8; песок 19,6; цемент 22,5; вода 8,1. Добавки вводили в % от массы цемента: микрокремнезема 6-15, суперпластификатора 0,8 – 1,4.

Результаты испытаний образцов бетонов: предел прочности бетона при осевом сжатии находится в пределах 60,7 – 92,4 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе 6,4 - 10,3 МПа а для контрольного состава без микрокремнезема и суперпластификатора (при В/Ц равном 0,54) эти показатели имели значения 42,8 и 3,9 МПа. Водонепроницаемость бетонов, содержащих микрокремнезем и суперпластификатор С-3, составила W10 – W18, против W6 для контрольного образца.

Таким образом, для получения бетона с повышенными физико-механическими свойствами бетонная смесь, включающая цемент, щебень, песок, воду, и добавки, должна в качестве добавок должна содержать оптимальное количество 9-14 мас% микрокремнезем и 0,9-1,2 мас% суперпластификатора С-3 количестве суперпластификатор 4–12 мас.% (от цемента).

Руководитель работы – профессор Ляхевич Г.Д.

## **Бизнес-планирование в мостовом строительстве**

Галковская Л.А, Шатилена А.В.

Белорусский национально технический университет

Бизнес-план – это план развития организации или предприятия на определенный период времени. В нем отображаются проблемы, с которыми предстоит столкнуться предпринимателям в процессе производства, и наиболее приемлемые способы их решения.

Бизнес-план может быть разработан как для новых организаций (с целью привлечения инвесторов), так и для уже существующих на очередном этапе их развития.

Международная организация UNIDO (Организация Объединенных Наций по промышленному развитию) рекомендует составлять план согласно следующей структуре:

- 1) Вводная часть или резюме,
- 2) Описание предприятия и продукции (услуг),
- 3) План маркетинг и сбыт продукции (услуг),
- 4) Производственный план,
- 5) Организационный план,
- 6) Финансовый план (сюда входит оценка риска и страхование),
- 7) Направленность и эффективность проекта,
- 8) Приложения.

Не менее важным для создания бизнес-плана является проведение маркетингового исследования занимаемого рынка, т.к. на сегодняшний день рынок строительных услуг переживает трудное время. Поэтому необходим не только качественный анализ рыночной конъюнктуры и инфраструктуры, но и план действий преодоления кризиса в отрасли. Так, уместно разработать определенные шаги, на случай резкого повышения цен на строительные материалы, а также ряд мероприятий по поиску новых клиентов. Также важно провести качественный анализ конкурентной среды.

Любой бизнес-план должен иметь финансовую часть, где должны быть указаны источники финансирования и срок окупаемости проекта. В общем виде это часть плана мало чем отличается от аналогичной части других компаний. И в заключении бизнес-плана обязательно должно быть приведены приложения, на основании которых были сделаны выводы и расчеты, что подтверждает действенность документа и его обоснованность.

## **Повышение долговечности мостовых сооружений**

Мирук А.С., Рогатень С.С.

Белорусский национальный технический университет

По данным обследований мостовых сооружений Республики Беларусь одним из самых распространенных дефектов мостового полотна является разрушение деформационных швов, их разгерметизация. Это относится ко всем типам деформационных швов и приводит к фильтрации агрессивной воды на торцы и боковые грани балок пролетных строений в зоне их опирания, на грани ригелей, подферменные площадки, что в конечном итоге ведет к разрушению бетона и коррозии арматуры этих элементов. Ремонт узлов опирания балок и устоев трудоемкий и не всегда качественно выполнимый из-за стесненных условий и наличия недоступных зон, что в ряде случаев требует полной разборки пролетных строений.

Для деформационных швов, работающих в сложных условиях, проектный срок службы устанавливается действующими нормами, как для покрытия проезжей части, в пределах 7-10 лет, при этом для дорог высших категорий этот срок определяется по меньшему значению. О начале разгерметизации деформационных швов могут свидетельствовать потечи по граням шкафных стенок и по боковым граням опорных зон балок.

Учитывая, что срок службы деформационных швов ограничен, то при эксплуатации процесс их разрушения следует контролировать, своевременно ремонтировать и выявлять наиболее долговечные конструкции деформационных швов.

При проектировании сооружений не было бы лишним предусматривать защиту вертикальных граней элементов конструкций (торцов и боковых граней консольной части балок пролетных строений, граней шкафной стенки), контактирующих с конструкцией деформационного шва, путем нанесения гидроизолирующего слоя по предварительно прогрунтованным поверхностям.

Более надежным решением повышения долговечности элементов мостовых сооружений может быть вынос конструкций деформационных швов за пределы наружных граней ригелей устоев со смещением опорных площадок балок к наружным граням ригелей.

Руководитель работы – доцент Мацкевич А.С.

**Анализ влияния внешних факторов на эксплуатационные характеристики мостовых сооружений**

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

Специалистами научно-исследовательской лаборатории мостов и инженерных сооружений БНТУ в октябре–ноябре 2013 г. были выполнены исследовательские работы в целях оптимизации поддержки принятия решений в системе управления состоянием мостовых сооружений на автомобильных дорогах посредством анализа влияния внешних факторов на эксплуатационные характеристики мостовых сооружений. При этом использовались данные, полученные в ходе диагностики мостовых сооружений с определением их грузоподъемности и расчетных параметров конструктивных элементов. Объектами исследования являлись мостовые сооружения на республиканских автомобильных дорогах, находящиеся в эксплуатации РУП «Гродноавтодор». Состояние сооружений оценивалось по объему и характеру дефектов, влияющих на грузоподъемность, долговечность и безопасность движения с учетом понижающего фактора дефектов.

В результате анализа полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы.

Основными причинами ухудшения эксплуатационного состояния исследуемых объектов являются не силовые воздействия, а недостатки проекта, некачественное выполнение работ, низкое качество бетона: его недостаточные плотность, водо- и морозостойкость, нарушение технологии работ, а также воздействие погодно-климатических и химических факторов. Недостаточное внимание уделяется такой важной эксплуатационной характеристике, как безопасность движения.

Большое влияние на эксплуатационное состояние сооружений оказывает человеческий фактор. Так, своевременное и качественное выполнение ремонтных работ способствует повышению общей оценки эксплуатационного состояния мостовых сооружений, которая выполнялась с целью правильного назначения режима эксплуатации сооружений, выявления необходимости ремонта, реконструкции или усиления, а также составления оптимальных планов работ и мероприятий.

Использование диагностики мостовых сооружений по методологии СУСМ «Белмост» является ответом на актуальные задачи по разработке практического мониторинга эксплуатируемых мостовых сооружений с учетом их фактического состояния на стадии обеспечения всех потребительских и эксплуатационных качеств сооружений.

**Актуальные аспекты исследования технико-эксплуатационного состояния средних и малых мостов на республиканских автодорогах Могилевской области**

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

Специалистами научно-исследовательской лаборатории мостов и инженерных сооружений БНТУ в 2013 г. были выполнены исследовательские работы по изучению технико-эксплуатационного состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах Могилевской области – было исследовано тринадцать малых и средних мостов (общей длиной 552,51 п.м.).

В рамках проведенного исследования технико-эксплуатационного состояния мостовых сооружений:

- проанализированы прочностные, геометрические и конструктивные параметры конструкций,
- определено напряженно-деформированное состояние несущих конструкций пролетных строений мостовых сооружений с учетом данных натурных обмеров и испытаний прочностных характеристик;
- проведен анализ влияния факторов эксплуатационного воздействия, дефектов и повреждений на характеристики несущей способности конструкций пролетных строений и безопасность движения по сооружению;
- разработаны актуальные рекомендации по режиму дальнейшей эксплуатации мостовых сооружений.

Результаты проведенных исследований показали, что основные дефекты, которые снижают долговечность, грузоподъемность и безопасность эксплуатации исследованных мостовых сооружений, это:

- разрушение защитного слоя бетона элементов пролетных строений и опор с обнажением и коррозией рабочей арматуры в результате увлажнения и действия знакопеременных температур;
- нарушение герметичности деформационных швов над опорами, замачивание нижележащих конструкций;
- недостатки проектов, по которым строились или ремонтировались мостовые сооружения.

Проведенные исследования показали, что технико-эксплуатационное состояние изученных мостовых сооружений Могилевской области, в основном, определяется уровнем содержания каждого из этих сооружений. Уровень работ по содержанию мостовых сооружений определяется, прежде всего, квалификацией специалистов, которые осуществляют эти

работы, и объемом финансирования работ по содержанию мостовых сооружений.

УДК 624.21.012

### **К вопросу проектирования мостовых сооружений на развязках**

Мацкевич А.С.

Белорусский национальный технический университет

В ряде случаев организации движения транспортных потоков в городской черте и на дорогах общего пользования необходимо создание сложных комплексов развязок, включающих мостовые сооружения (путепроводы, эстакады и др.), в которых должны выполняться архитектурно-планировочные, производственно-эксплуатационные, расчетно-конструктивные и экономические требования. Однако не все эти требования выполняются в полном объеме, так опоры путепроводов, эстакад должны быть легкими, хорошо гармонировать с окружающей средой, улучшать эстетичный вид сооружений и в наименьшей мере стеснять под мостовое пространство. В действительности часто имеем массивные опоры с широкими ригелями, которые ухудшают вид сооружений, уменьшают габарит приближения конструкций под путепроводами. Такой дефект менее заметен при больших пролетах и его можно было бы избежать, применяя неразрезные, рамные или вантовые системы.

При проектировании развязок элементы пролетных строений и опор мостовых сооружений следует принимать удобными для изготовления, монтажа и эксплуатации.

Для выполнения расчетно-конструктивных требований необходимо стремиться к обеспечению равной прочности, жесткости конструкций на весь планируемый срок службы, при этом сооружение и его элементы должны быть стойкими на воздействие температуры, воды, солей, агрессивных газов.

При проектировании мостовых сооружений развязок экономичность решений достигается применением прогрессивных конструкций и повышением эффективности использования материалов.

Для обеспечения безопасного проезда под мостовыми сооружениями на развязках необходимо уделять соответствующее внимание водоотводу, исключать естественный водосброс на проезжую часть с мостового полотна, так как неправильная организация водоотвода может служить причиной повышающей аварийность на дорогах.

## **Сталефибробетоны в мостовом строительстве**

Архипов В.А., Звонник С.А., Гусев И.А.

Белорусский национальный технический университет

Сталефибробетоны являются сложными полиструктурными и гетерогенными системами. В бетонной смеси формируется фибробетонный каркас, в ячейках которого продолжается гидратация цемента, схватывание бетонной смеси и твердение бетона. Внешние механические силы вибрации также улучшают структуру фибробетонной смеси, способствуя диспергации цементных зерен, разрушению флоккул и равномерному распределению воды по поверхности твердой фазы. В результате пульсационного воздействия вибрации волокна фиброкаркаса становятся источниками вторичных колебаний, возбуждающими бетонную смесь. Вокруг них происходит виброразжижение смеси, что позволяет грубодисперсным частицам заполнителя, обладающим инерционной силой, перемещаться в разжиженное пространство. Вслед за ними туда же вовлекаются и кластерные образования из частиц цемента и наполнителя.

Грубодисперсные частицы заполнителя, с одной стороны, разрушают часть кластерных образований и тем самым производят разжижение смеси с дальнейшим неоднократным переформированием кластеров, с другой стороны, они, осаждаясь на стальных волокнах, за счет адгезии образуют достаточно плотные контактные зоны в виде систем «цементное тесто с заполнителем – стальное волокно», затем «мелкозернистый бетон – стальное волокно». Именно за счет указанного процесса сталефибробетон, как композиционный материал, приобретает высокую прочность, трещиностойкость, морозостойкость и низкую газопроницаемость, улучшает другие эксплуатационные свойства.

Опыт подтверждает высокую технико-экономическую эффективность использования в мостовом строительстве сталефибробетонных конструкций по сравнению с железобетонными за счет снижения трудо- и материалоемкости, повышения долговечности, увеличения межремонтного ресурса, исключения недостатков, присущих стержневому армированию.

Убедительным подтверждением эффективности сталефибробетона в строительстве является зарубежный опыт применения, широкий ассортимент стальной фибры и большое количество фирм, производящих ее на постоянной основе. Только в Европе применяется в год более 150 000 т стальной фибры, или около 3 млн м<sup>3</sup> сталефибробетона.

Руководитель работы – профессор Ляхевич Г.Д.

## Гидрофобные бетоны для ремонта мостов и путепроводов

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

При ремонте и восстановлении защитного бетонного слоя большой толщины оправданным может оказаться применение для этих целей гидрофобных бетонов с добавкой отработанной глины вводимой в количестве до 4,0 %.

В результате водонепроницаемость повышается до 2,5 раз, а водопоглощение снижается более чем в 1,15 раза. Это объясняется тем, что органическая масса выстилает стенки пор и капилляров, придавая им водоотталкивающие свойства, а бентонит частично заполняет капиллярные поры, препятствуя проникновению влаги в бетон.

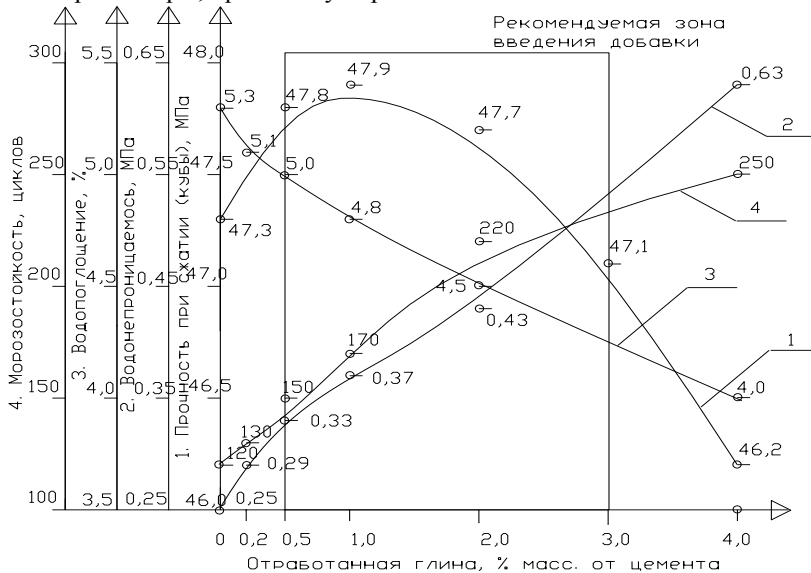


Рисунок – влияние добавки ОГ на физико-механические свойства бетона

В качестве базового рекомендован состав, в который вводится добавка ОГ в количестве 1-3 %, при котором сочетается повышение водонепроницаемости и снижение водопоглощения при сохранении показателей по прочности. При введении добавки ОГ в количестве 2,5 % прочность на сжатие сопоставима с прочностью бездобавочного состава,



водонепроницаемость в 1,9 раза и морозостойкость в 1,9 раза выше, а водопоглощение в 1,14 раза ниже.

УДК 699.82:624.2

### Цементно-песчаные ремонтные составы с отработанной глиной

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния отработанной глины на свойства цементно-песчаных растворов. Установлено, что отработанная глина повышает прочность сцепления цементно-песчаных образцов с бетоном до 34 %. Одновременно следует отметить, что показатель прочности при введении отработанной глины в количестве до 2 % находится на уровне не менее, чем у бездобавочных образцов.

Это можно объяснить диспергацией цементных зерен и, как следствие, увеличением площади взаимодействия с образованием дополнительных коагуляционных контактов. Кроме того, замедление набора прочности на начальном этапе, снижает напряжения и препятствует образованию усадочных трещин.

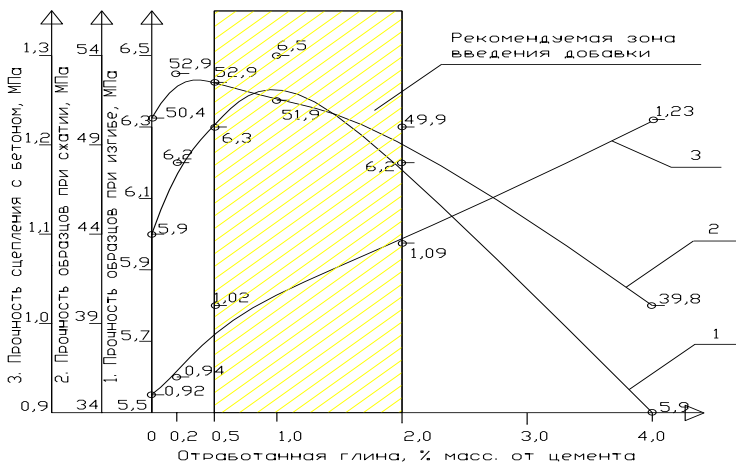


Рисунок – Влияние отработанной глины на физикомеханические свойства цементно-песчаных образцов

Данные цементно-песчаные растворы применяются для ремонта и восстановления защитного слоя бетонных конструкций мостов и

путепроводов. Приготовление раствора производится непосредственно на строительной площадке. Их применение позволяет значительно увеличить объемы проведения ремонтных работ.

УДК624.282

### **Обследование конструкций Тереспольских ворот для крепления основных канатов восстанавливаемого висячего моста**

Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Тереспольские ворота – одни из четырёх ворот Кольцевой казармы, ведущих в Цитадель Брестской крепости. Они выходят на берег реки Западный Буг. В XIX веке здесь был подвесной мост, пострадавший в 1915 году во время военных действий и разрушенный во время Второй мировой войны. Во время артиллерийского обстрела ворота были сильно повреждены, а верхняя часть полностью уничтожена.

Мост, длиной 90,5 м и габаритом 2Г-3,35 м, был запроектирован и построен как пешеходный висячий мост с заделкой канатов в анкерных устройствах. Анкерным устройством со стороны Цитадели являлись конструкции Тереспольских ворот, на противоположном берегу были выполнены конструкции анкерного устоя.

В настоящее время разрабатывается проект восстановления пешеходного подвесного моста для прохода к пограничному переходу. Для этого было необходимо проведение обследования конструкций Тереспольских ворот.

В ходе обследования установлено, что техническое состояние конструкций оценивается как неработоспособное: в верхней части выявлены пустоты в кладке, вымывается цементный камень, обнаружены трещины, сколы и раковины в бетоне, вывалы кирпичей. Согласно проведенным исследованиям фактическая марка кирпича составляет М75, а прочность строительного раствора, установленная неразрушающими методами, составила 1-2 МПа.

Для обеспечения требуемой надежности закрепления канатов рекомендуется произвести инъектирование кирпичной кладки проникающими составами с заполнением выявленных пустот, разработать новые железобетонные конструкции и выполнить передачу усилий от канатов пролетного строения на них.

## К расчету коротких железобетонных упоров накладной плиты реконструируемых мостов

Мацкевич А.С.

Белорусский национальный технический университет

При разработке проекта реконструкции мостовых сооружений применение накладной плиты без анкерных соединений с существующими балками пролетных строений может привести к отслоению накладной плиты от балок при их изгибе и прекращению работы на восприятие сдвигающих сил. Совместная работа монолитной железобетонной плиты с существующими балками пролетных строений может быть обеспечена посредством арматурных элементов, трубобетонных нагелей или применением коротких железобетонных упоров, входящих в отверстия плиты усиливаемых балок (рис.1). Расчет этих упоров на действие сдвигающей силы может быть выполнен как коротких консолей, с обеспечением прочности по наклонной сжатой полосе исходя из условия

$$[1] \quad T \leq 0,8 \varphi_{w2} \cdot R_b \cdot b \cdot h_b \cdot \sin \Theta,$$

где правая часть условия принимается не более  $3,5R_b t \cdot b \cdot \ell$ ;

$\Theta$  – угол наклона расчетной сжатой полосы к вертикали.

Коэффициент  $\varphi_{w2}$ , учитывает влияние хомутов и определяется по формуле:

$$\varphi_{w2} = 1 + 5\alpha \mu_{w1}, \text{ где } \alpha = E_s / E_b; \mu_{w1} = A_{sw} / b \cdot S_w;$$

$A_{sw}$  – площадь сечения хомутов в одной плоскости;

$S_w$  – расстояние между хомутами.

Расчетная сдвигающая сила на один упор монолитной плиты определяется по формуле  $T = \tau_1 \cdot d$ ,

где  $d$  – расстояние между осями упоров;  $\tau_1$  – сдвигающая сила на единицу длины балки в плоскости осей упоров  $\tau_1 = Q \cdot S / b \cdot J$ .

Здесь  $Q$  – расчетная поперечная сила в рассматриваемом сечении;  $S$  – статический момент;  $b$  – ширина упора;  $J$  – момент инерции сечения.

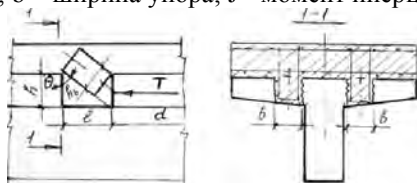


Рис.1. Схема к расчету упоров

### Литература:

1. СНиП 2.03.01-84 Бетонные и железобетонные конструкции

**Сетевое планирование в экономике**

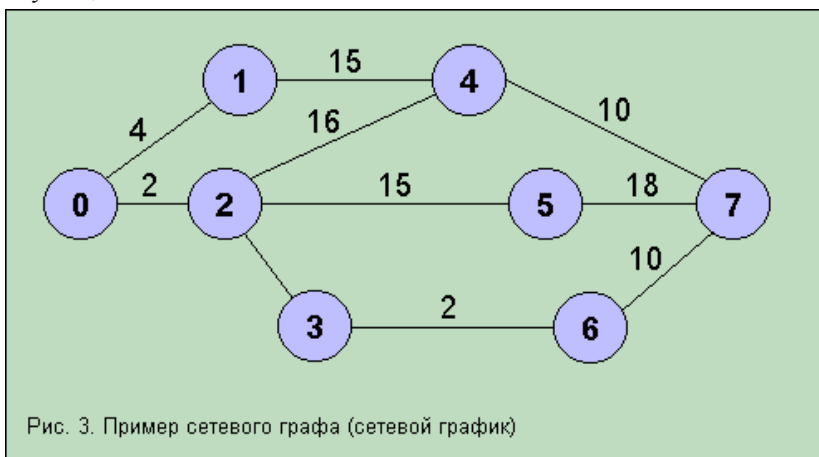
Галковская Л.А., Давидович В.К.

Белорусский национальный технический университет

Сетевое планирование применяют для организации и составления календарных планов реализации больших комплексов работ. При строительстве любого объекта некоторые виды работ не могут быть сделаны раньше, чем завершены некоторые другие. Например, укладка фундамента не может быть начата раньше, чем будут доставлены необходимые материалы; эти материалы не могут быть доставлены раньше, чем будут построены подъездные пути; любой этап строительства не может быть начат без составления соответствующей технической документации и т. д.

Сетевая модель изображается в виде сетевого графика (сети), состоящего из стрелок и кружков. Стрелками в сети изображаются отдельные работы, а кружками – события. Над стрелками указывается ожидаемое время выполнения работ. Экономическая эффективность от внедрения сетевых графиков определяется в первую очередь возможностями уменьшения общего цикла работ и сокращением затрат за счет более рационального использования трудовых, материальных и денежных ресурсов.

Уменьшение деятельности комплекса работ обеспечивает сокращение сроков окупаемости инвестиций и более раннему введению сооружения в эксплуатацию.



УДК 69.002.5

**Разработка мостовой машины для капитального ремонта,  
реконструкции и строительства транспортных сооружений**

Максименко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь на капитальный ремонт, реконструкцию и строительство мостов выделяется 16% дорожного фонда. Для выполнения этих работ нами разработана, изготовлена и находится в эксплуатации мостовая машина. Она исключает необходимость использования сложных вспомогательных устройств, подмостей, люлек, временных опор и других устройств при работе с пролетными строениями.

Разработанное устройство установлено на автомашинах МАЗ 4370743 и МАЗ 5340А3. Такое устройство позволяет работать на фасадах мостов, перекрывая тротуары шириной до 2,5 м и в подмостовом пространстве с проникновением на 8 и 11 м от фасада моста. Его функции: обследование мостовых сооружений, текущие и капитальные ремонты пролетных строений, прежде всего, в труднодоступных местах. Особенность предлагаемого устройства заключается в его мобильности и способностью быстро разворачиваться в рабочее положение на объекте. Оборудование простое в эксплуатации, занимает всего 2,5 м проезжей части, удобно для использования в городах и на дорогах с большой интенсивностью движения.

На рисунке показан общий вид мостовой машины непосредственно на объекте в развернутом виде. На основании разработанной конструкции предлагается ряд мостовых машин различных модификаций.



**Адгезионное взаимодействие нефтеполимерного гидроизоляционного материала с бетонной поверхностью**

Максименко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшим элементом защиты мостовой конструкции от коррозии является устройство гидроизоляции. Перед нанесением основного слоя гидроизоляции подготовленную цементобетонную поверхность обрабатывают битумным или битумно-полимерным лаком, который состоит из 25-30 мас. % вяжущего и 70-75 мас % растворителя. Для создания битумно-полимерного раствора эффективно взаимодействующего с цементобетонной поверхностью необходимо учитывать структуру межмолекулярного взаимодействия полидисперсной системы для создания надежной и долговечной грунтовки.

При обработке цементобетонной поверхности битумно-полимерным раствором происходит адсорбция твердой поверхностью, веществ находящимися в растворе. Адсорбция битумно-полимерных компонентов в большей степени определяется силовым полем цементобетона, его составом, структурой и состоянием поверхности. Свойства полидисперсной коллоидной структуры изменяется вблизи поверхности раздела фаз жидкость – пористое тело цементобетона, а именно: плотность, вязкость, температура кристаллизации и др. свойства битумно-полимерного коллоида. Устойчивость полидисперсной битумно-полимерной системы важнейшее условие надежности гидроизоляции, которая достигается неизменностью во времени дисперсности и равновесного распределения дисперсной фазы битумно- полимерного вещества в растворителе. Принципиально важным для устройства надежной гидроизоляции является выбор пластичного вяжущего, растворителя и получение эмульсии с условной вязкостью при 20°С 10-20 сек. Такая эмульсия является дисперсной системой, включающей дисперсионную среду и дисперсную фазу. Размеры частиц дисперсной среды составляют менее 1 мкм. Эти частицы обеспечивают более высокую прочность и твердость грунтовки по сравнению с крупными частицами, полученных из тех же веществ. Поэтому для создания битумного лака, нами выбраны высокодисперсный компонент – суспензия растворенной резины, оксидат отработанных минеральных масел, содержащий значительное количество функциональных групп, которые обеспечивают повышенную полярность коллоидной структуры.

Руководитель работы – профессор Ляхевич Г.Д.

## **Многослойные обделки в дорожных тоннелях**

Грачёв М.Л.

Белорусский национальный технический университет

В современном тоннельном строительстве есть некоторые тенденции, которые продиктованы экономическими соображениями, есть технологии, которые постоянно развиваются благодаря появлению современных материалов. Одна из таких тенденций – это строительство тоннелей с многослойными обделками. Этот способ строительства известен сравнительно давно, есть примеры подобных обделок и в отечественном строительстве (страны СНГ). Многослойные обделки состоят из первичной и основной частей, работающих совместно, но загружаемых при различных стадиях работы. Первичная часть обычно представляет собой временную крепь горной выработки: набрызг-бетонное покрытие поверхности или траншейная (свайная) стена ограждения котлована.

Такой вид конструкции многослойной обделки уже на практике показал свою эффективность, поэтому есть смысл изучать и развивать эту технологию.

В этой связи применительно к белорусскому тоннелестроению появляются 2 основные задачи, которые необходимо решить. Так, метод сооружения тоннеля с многослойной обделкой диктует высокие требования к качеству строительных работ и подразумевает сложный производственный процесс строительства. Здесь возникает задача: разработать технический регламент и внедрить его в производство, для конструкций многослойных обделок такого рода.

Эффективные методы расчета конструкций данного типа зачастую являются интеллектуальной собственностью проектных организаций, преимущественно зарубежных. Старые методы расчетов зачастую сложны в инженерной практике и поэтому практически не применимы. Отсюда – задача: найти оптимальные подходы к расчету конструкций многослойных тоннельных обделок современными средствами на основе имеющихся данных и опыта в тоннелестроении.

Первая задача – это большой организационный вопрос, который должен решаться совместно с изыскателями, подрядчиками и проектировщиками.

Вторая задача – это совместная работа проектировщиков и ученых, которая непосредственно должна быть тесно связана с процессом проектирования и строительства

Руководитель работы – профессор Пастушков Г.П.

## **Систематизация европейских, белорусских и российских транспортных нагрузок**

Коликов А.О., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь находится в центре Европы. Через территорию страны проходят десятки европейских магистралей, перевозится порядка 11,2 миллионов тонн грузов автомобильным транспортом.

Объем транзитных перевозок растет с каждым годом. Увеличиваются нагрузки на транспортные сооружения. В соответствии с этим разрабатываются новые нормы проектирования, принципы сбора нагрузок.

При проектировании транспортных сооружений на территории Республики Беларусь для обеспечения качественной пропускной способности необходимо учитывать и нормы соседних государств.

Цели работы:

1. Систематизация европейских, белорусских и российских принципов сбора транспортной нагрузки с использованием следующих нормативных документов:

- ТКП 45-3.03-232-2011 «Мосты и трубы»,
- СНиП 2.01.07-84 «Мосты и трубы»,
- ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог»,
- СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»,
- ТКП EN 1991-2-2009 (02250) Еврокод 1;

2. Сравнение количественных показателей нагрузок различных стран в рамках одного проекта;

3. Разработка программного комплекса для реализации данной задачи.

Актуальность темы состоит в том, что впервые в рамках одной работы и программного комплекса были систематизированы транспортные нагрузки Европы, Беларуси и России.

Теоретическая значимость работы обусловлена наличием сравнительного анализа количественных показателей различных транспортных (временных) нагрузок.

Практическая значимость заключается в разработке программного комплекса, позволяющего производить сбор нагрузки на сооружение с применением различных нормативных документов.



## **Капитальный ремонт железнодорожного моста в г. Могилеве**

Кисель М.А.

Белорусский национальный технический университет

Железнодорожный мост через р. Днепр в г. Могилеве был построен в 1929-1930 гг. Схема моста: 18+109,2х2+18 м. Центральные пролеты выполнены в виде полигональных ферм, сталь Ст-3 под нагрузку Н8. Опоры построены под нагрузку Н7. Основными дефектами фермовых пролетов являются коррозия металла с ослаблением сечения до 70% и «усталость» металла, связанная с большим сроком эксплуатации сооружения, а также деформациями, полученными в результате подрыва моста во время Великой Отечественной Войны. При рассмотрении отдельных элементов фермовых пролетов наиболее изношенными оказываются элементы проезжей части. В связи с этим было принято решение об ограничении скорости движения всех видов железнодорожного транспорта через мост, до окончания срока проведения работ по капитальному ремонту.

Основные виды работ по капитальному ремонту: выправление опорных частей, замена отдельных элементов проезжей части фермовых пролетов моста (верхних и нижних поясов продольных и поперечных балок, вертикальных и горизонтальных связей продольных балок, нижних диагональных связей ферм), пескоструйная очистка и покраска всех поверхностей металлических и железобетонных элементов моста, а также замена мостобруса на плиты безбалластного мостового полотна.

Особенностью данного ремонта является применение новейшего оборудования для производства работ по замене металлических элементов, их пескоструйной очистке и последующей грунтовке и окраске. Для окраски применялись лакокрасочные материалы группы Цинол. Особенностью данной грунтовки является проникновение молекул цинка в структуру металла. Для всех бетонных работ использовалась сухая строительная смесь EMACO S88, EMACO S88C, EMACO S66 российского производства.

Работы по замене металлических элементов проезжей части, выправке пути, замене мостобруса на плиты безбалластного мостового полотна производятся в технологические «окна» с полной остановкой движения на данном участке.

**О методике оценки неэкономических потерь  
при отказе строительных конструкций**

Нестеренко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Любая строительная конструкция и мостовое сооружение в целом имеют объективную вероятность отказа. Наиболее тяжким отказом является физическое разрушение конструкции, на площади поражения которой находятся люди. При этом становится реальной угрозой их здоровью и жизни. Выяснение степени такой угрозы является важной социальной и технической задачей, решение которой позволило бы численно обосновать безопасность эксплуатации мостового сооружения как на этапе проектирования и экспертизы проекта, так и на стадии его эксплуатации.

В практике исследований строительных конструкций и сооружений относительно недавно появился термин «неэкономическая ответственность». Он означает, что строительные системы и элементы должны быть безопасны для жизни и здоровья людей.

Считается, что практически все сооружения имеют смешанную экономическую и неэкономическую ответственности. Необходимость учета социальных критериев при проектировании строительных конструкций привела итальянских ученых к разработке зависимости, определяющей вероятность отказа в зависимости от различных социальных факторов (Аугусти, Г. Вероятностные методы в строительном проектировании / Г. Аугусти, А. Баратта, Ф. Кашиати. – М.: Стройиздат, 1980. – 584 с.):

$$Q = \frac{10^{-4} \cdot \zeta_s \cdot T}{L},$$

где:  $\zeta_s$  – коэффициент социальной значимости (для мостов  $\zeta_s = 0,5$ );

$T$  – расчетный срок службы мостового сооружения в годах;

$L$  – среднее число людей, находящихся в непосредственной близости от мостового сооружения в течение периода, за который оценивается риск.

Методика учета неэкономической ответственности предполагает, что планируемое размещение людей по площади расположения мостового сооружения неравномерно и зависит от приоритета места. При этом нагрузка на конструкции мостового сооружения создается не людьми. Решение задачи основано на принципах теории массового обслуживания (система с каналами связи с отказами).

## Современные технологии проектирования мостов

Голочалов С.А., Шатохин Д.А.

Белорусский национальный технический университет

На государственном предприятии «Белгипродор» успешно положено начало внедрению программного комплекса «SOFiSTiK» для расчета мостовых сооружений. В качестве пилотного проекта был выбран проект путепровода на съезде № 3 транспортной развязки в месте пересечения автомобильных дорог М-5/Е271 Минск-Гомель.

Схема путепровода 15+2×21+15, крайние опоры – свайные двухрядные козлового типа. Сваи сечением 35×35 см длиной 13,0 м, шаг свай 1,6 м. Насадки, шкафные стенки, открьлки опор монолитные железобетонные. Промежуточные опоры – стоечные на свайном основании, фундаменты монолитные железобетонные. Сваи основания сечением 35×35 см длиной 8 м. Стойки опор объединяются с надпорными участками пролетного строения при помощи выпусков.

Пролеты длиной 15 и 21 м составлены из цельноперевозимых железобетонных балок таврового сечения индивидуального проектирования высотой 0,76 м (балка «Журавлева»). Крайние балки во всех пролетах приняты без плиты высотой 0,6 м. В поперечном сечении 19 балок с шагом 1,12 м.

Расчет сооружения проводился для временной вертикальной нагрузке, принятой согласно заданию класса А14, НК-112. Учитывая, что проект был рассчитан с применением стандартных методик, используемых на предприятии, стояла задача провести расчет сооружения, используя современные технологии, в частности программный комплекс «SOFiSTiK». Была создана модель сооружения и загружена согласно всем нормативным требованиям, после чего был произведен программный расчет сооружения.

Результаты расчета в программном комплексе «SOFiSTiK» являются вполне сопоставимыми с ранее используемыми, проверенными методиками и имеют ряд преимуществ:

- происходит значительное сокращение времени, необходимого для проведения расчетов мостовых сооружений;
- возникает возможность создания типовых расчетных схем, для последующего использования на предприятии;
- создается наглядное представление расчетной схемы сооружения, что облегчает принятие и оценку принимаемых конструктивных решений.

# **Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов**

## Оценка функционирования насыщенных регулируемых пересечений

Лагерев Р.Ю., Лагерев С.Ю.

Иркутский государственный технический университет

В последние годы зарубежными и российскими специалистами особое внимание уделяется вопросам оптимизации работы светофорных объектов функционирующих в условиях повышенной загрузки, когда использование классических подходов [1], основанных на минимизации суммарных задержек оказывается малоэффективным. Именно поэтому, авторы задались целью разработать программу для оценки функционирования регулируемых пересечений, включая насыщенные (рисунок 1).

Оценка эффективности функционирования регулируемого перекрестка								
Расположение перекрестка Ул.на Дев. Событий						Город Иркутск		
Учетчик Лагерев Р.Ю.						Альтернатива есть		
Дата и время 08.08.2008						Проект основной		
Направления движений транспортного потока	↶	→	↷	↶	←	↷	↶	↷
	З-С	З-В	З-С	В-Ю	В-З	В-С	Ю-В	Ю-С
<b>I. Расчет значений интенсивности групп полос (ГП)</b>								
1 Количество полос	1	2	2	1	2	1	2	2
2 Пиковый фактор (PHF)	0,50	0,50	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
3 Интенсивность движения, ед/ч	10	189	4	30	700	20	30	370
4 Совмещена с потоком "прямо"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Конфликт с движением	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6 Доля поворачивающих без конфликта	0		0	0		0	0	
7 Конфликт с пешеходами	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Тип прибытия потока	3	4	3	3	2	3	3	3
9 Инт-сть направо с РНФ, ед/ч	20	378	4	33	778	22	33	411
10 Инт-сть ГП с РНФ, ед/ч		383	4	33	778	22	33	411
11 Доля поворотных потоков, (Pл, Pпр)	0,052		1,000	1,000		1,000	1,000	
12 К-т прибытия потока, (Rp)		1,333	1,000	1,000	0,667	1,000	1,000	1,00
4 Фазовый к-т, (v/s)		0,128	0,002	0,036	0,259	0,022	0,018	0,13
5 Критический ФК, (v)								
6 Сумма критических ФК, (Ус)							0,397	
7 Потерянное время в цикле, (L)							8	
8 К-т загрузки перекрестка, (Xс)							0,448	
<b>IV. Расчет транспортных задержек и уровня транспортного обслуживания</b>								
1 Анализируемый период, (T), ч	0,25							
2 К-т контроллера, (k)	0,5							
3 К-т влияния пред. пересеч., (l)	1							
4 Длина очереди в начале периода T	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Равномерная задержка, (d1)		29,5	25,8	14,3	18,7	14,1	8,4	9,6
6 Вероятностная задержка, (d2)		26,1	6,8	5,6	5,2	5,0	2,0	1,6
7 Вторичная задержка, (d3)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8 Общая задержка ГП, с/ед		58,2	32,5	20,0	26,0	19,1	10,4	11,2
9 LOS ГП		<b>Е</b>	<b>С</b>	<b>В</b>	<b>С</b>	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>В</b>

Рисунок 1 – Программа «Перекрёсток», позволяющая определять LOS – уровень регулируемых пересечений по различным оценочным критериям

### Литература:

1. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 266 с.

## Оценка опасности оползней на автодорогах

Филь Н.Ю., Цхай М.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Хозяйственная деятельность, отсутствие надлежащих инженерных и экологических мероприятий по освоению территорий вызывает активное распространение оползней на территории населенных пунктов, что создает угрозу безопасности жизнедеятельности населения, инфраструктуре и территории в целом. В Украине количество оползней составляет около 30 тысяч. Целью работы является повышение эффективности адекватности оценки опасности оползней на магистральных автодорогах (МАД) для проектов мониторинга за счет разработки метода оценки опасности оползней в условиях нечеткой информации. Для формирования систем знаний нечеткого вывода возможно использование блока Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB. Построение системы нечеткого вывода основывалось на алгоритме Мамдани. В результате получена количественная оценка опасности оползня на МАД (рисунок 1) – функция принадлежности лингвистической переменной  $\beta$ . Разработанный метод может составить основу систем принятия решения для мониторинга опасности природных процессов.

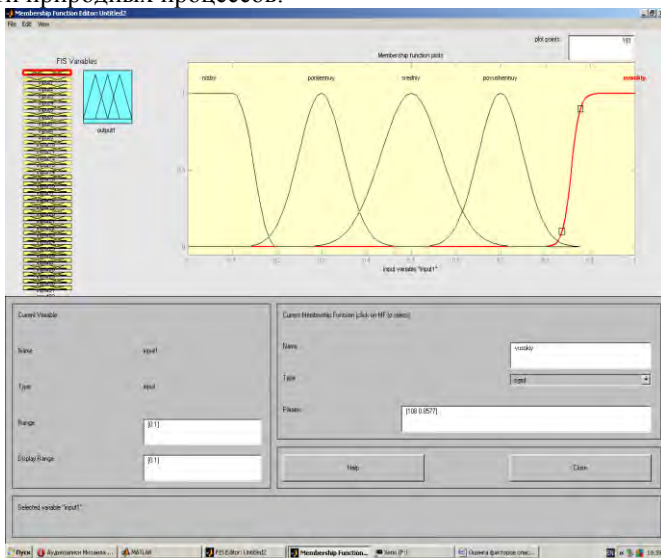


Рисунок 1 – Функция принадлежности лингвистической переменной  $\beta$

## Модель выбора лакокрасочных материалов для металлических дорожных конструкций ограждений

Филь Н.Ю., Можаров В.В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Техническое состояние ограждений является важным фактором безопасности дорожного движения на автомагистралях различного значения. Прочность стальной конструкции в результате многолетней эксплуатации в условиях агрессивной коррозионной среды может значительно уменьшиться за счет коррозионного разрушения составляющих ее элементов [1]. Поэтому долговечность металлической конструкции будет зависеть от правильно выбранной лакокрасочных материалов (ЛКМ). Разработана многокритериальная модель выбора ЛКМ для металлической конструкции, которая позволяет принимать научно-обоснованные решения по многим критериям в зависимости от степени неопределенности информации (рисунок 1).

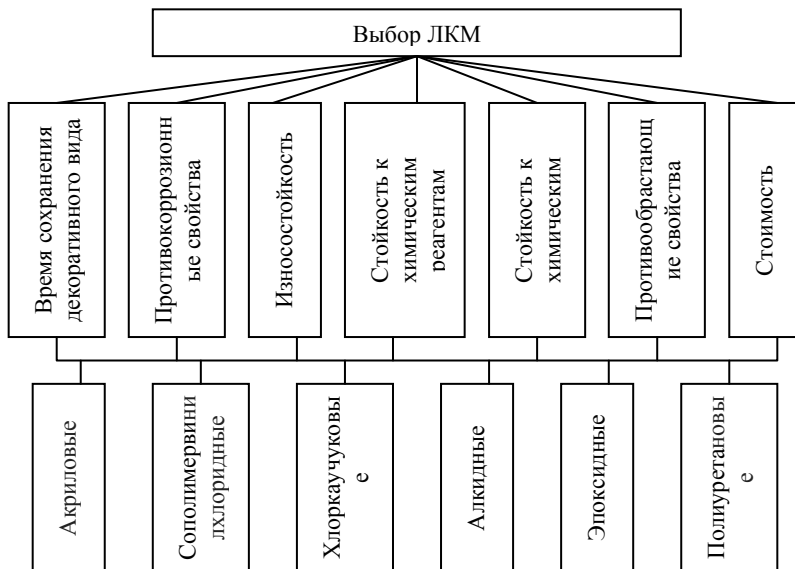


Рисунок 1 – Многокритериальная модель выбора ЛКМ

### Литература:

1. Общие рекомендации по выбору лакокрасочных материалов

УДК 519:654

## Расчет аварийных потерь с помощью компьютерной программы «ОртіМКа»

Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

По методикам прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках [1; 2 и др.] в конфликте «транспорт–транспорт» (столкновения боковые и поворотные), в конфликтах «транспорт–транспорт» (столкновения с ударом сзади и попутные), «транзитный транспорт–пешеход» и «поворотный транспорт–пешеход» разработан, совместно с их автором Капским Д.В., модуль расчета аварийных потерь на регулируемых перекрестках, учитывающий и методику определения расчетной стоимости аварий издержек [2], являющуюся неотъемлемой частью методики определения аварийных потерь. При полном расчете в режиме «Расчет полный», а также при расчете потерь от аварийности в режиме «Аварийность» расчет сопровождается появлением графических и числовых иллюстраций выполняемых этапов расчета в соответствии с методикой, изложенной в [2]. На рисунке 1 приведен фрагмент диалоговых окон определения аварийных потерь. На этом рисунке видны траектории движения конфликтующих участников, а также конфликтные точки, для которых ведется расчет потенциальной опасности в определенном режиме конфликтного взаимодействия с последующим определением аварийных потерь.

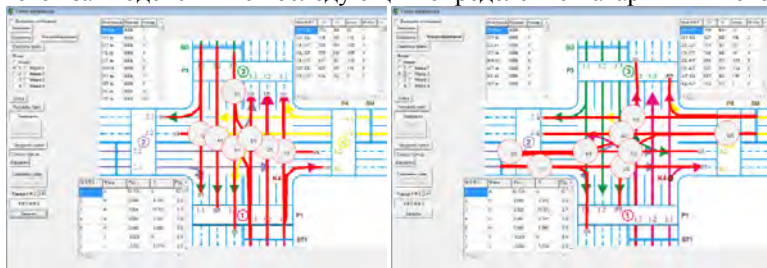


Рисунок 1 – Результаты расчета аварийных потерь различных видов конфликтов

### Литература:

1. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : монография / Д.В. Капский. – Минск: БНТУ, 2008. – 243 с. + вкл.
2. Капский, Д.В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности (в 2-х томах) / Минск : БНТУ, 2013.



## Исследования влияния параметров транспортных потоков на величину потерь в дорожном движении

Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Совместно с Капским Д.В. проводилось изучение влияния изменений каких-либо параметров работы перекрестка на экономические показатели. На рисунке 1 показаны результаты исследования зависимости потерь от различных входных параметров для 4-стороннего перекрестка. Такие исследования использовались для отладки программной модели расчета и анализа функциональных зависимостей для выбора рациональных диапазонов изменения.

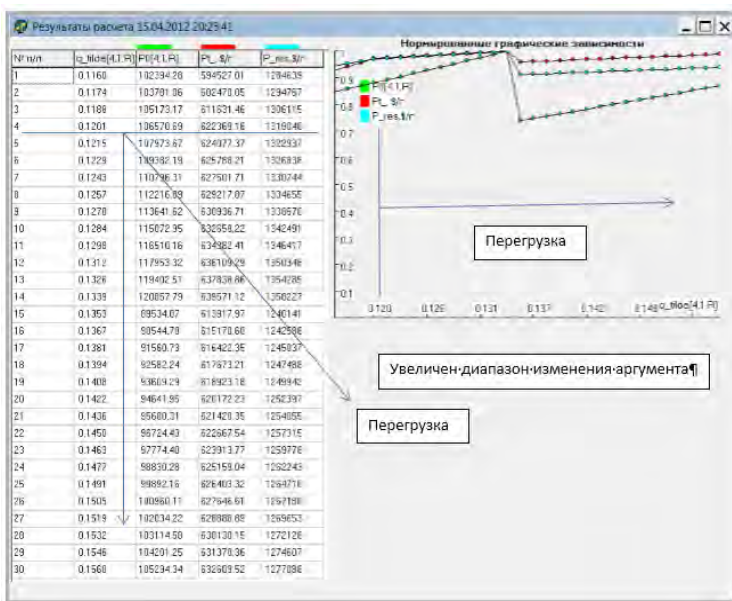


Рисунок 1 – Результаты расчета потерь для различных параметров транспортного потока

Заметно влияние параметров управления светофорным регулированием на критериальную оценку, дающее нелинейное изменение с диапазоном изменения более 10%. Это делает целесообразным последующую оптимизацию управляющих воздействий (в том числе параметров светофорного цикла для адаптивного управления светофорами).

### Совершенствование движения на светофорном объекте

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Ермакова Н.С., Полховская А.С.,  
Артюшевская Н.В., Коржова А.В.

Белорусский национальный технический университет

В научно-исследовательском центре дорожного движения НИЧ БНТУ выполнена реконструкция светофорного объекта на пересечении улиц Орловская и Карастояновой. Поскольку данный перекресток характеризовался повышенным уровнем суммарных (в т.ч. аварийных) потерь в дорожном движении, в соответствии с положениями методологии проведены исследования, направленные на повышение качества дорожного движения на перекрестке. Выполнена оптимизация светофорного регулирования (оптимизация светофорного цикла и введение левоповоротной секции светофора для поворачивающих автомобилей, движущихся со стороны ул. Гая). Изменены геометрические параметры перекрестка (радиусы закруглений кромок проезжих частей, сужения в месте пешеходных переходов для размещения парковок, изменено число полос движения для различных транспортных потоков, выполнено уширение проезжей части за счет разделительной полосы с целью организации движения левоповоротных транспортных потоков; обустроены островки безопасности и т.д.) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Фрагменты разработанных и реализованных мероприятий

Определены потери до (существующие) и после внедрения предлагаемых мероприятий (в т.ч. с учетом введения координированного регулирования на магистрали, что становится возможным после внедрения предлагаемых мероприятий). Предложенные варианты переданы Заказчику, которые осуществил путем согласования выбор одного из них. Именно по этому варианту и производился полный проектный цикл работ. Разработанная проектно-сметная документация после прохождения государственной строительной экспертизы реализована – объект реконструирован в конце 2011 года. По результатам функционирования светофорного объекта наблюдается снижение аварийности (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика аварийности на исследуемом перекрестке

Год	Всего аварий	Число аварий с материальным ущербом	Число аварий с пострадавшими		
			всего	с ранеными	с погибшими
До реконструкции					
2003	21	19	2	1	1
2004	30	28	2	1	1
2005	27	21	6	5	1
2006	18	16	2	2	0
2007	22	18	4	3	1
2008	12	11	1	0	1
2009	13	11	2	2	0
2010	4	нет данных	4	4	0
<b>Итого</b>	<b>147</b>	<b>124</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>5</b>
После реконструкции					
2011	8	5	3	3	0
2012	5	4	1	1	0
2013	4	3	1	1	0
<b>Итого</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

УДК 656.13.08

### Применения мер «сдерживания скорости» – «traffic calming»

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В., Ермакова Н.С., Полховская А.С.,  
Артюшевская Н.В., Коржова А.В.

Белорусский национальный технический университет

По заданию Управления ГАИ в научно-исследовательском центре дорожного движения НИЧ БНТУ выполнялись работы по повышению безопасности дорожного движения путем применения мер сдерживания скорости, широко известных в международной практике как «traffic calming». Выполнено обоснование альтернативных решений искусственной неровности стандартного типа (в отличие от СТБ 1538, «спящий

полицейский») – выбрана альтернативная форма искусственной неровности в виде приподнятого нерегулируемого пешеходного перехода, сужения проезжей части в месте перехода пешеходами проезжей части, «зигзаги» и т.д. (рисунок 1).



Рисунок 1 – Фрагменты различных мер «сдерживания скорости»

Например, на нерегулируемом пешеходном переходе по ул. Могилевская, д. 5, реконструированном в 2012 году, наблюдается снижение аварийности (таблица 1).

Таблица 1 – Аварийности на пешеходном переходе по ул. Могилевская, д. 5

Год	Всего ДТП	Число ДТП с материальным ущербом	Число ДТП с пострадавшими		
			всего	с ранеными	с погибшими
До внедрения					
2006	8	8	0	0	0
2007	14	14	0	0	0
2008	15	14	1	1	0
2009	10	9	1	1	0
2010	11	11	0	0	0
2011	10	9	1	1	0
<b>Итого</b>	<b>68</b>	<b>65</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
После внедрения					
2012	3	3	0	0	0
2013	2	2	0	0	0
<b>Итого</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## К вопросу оборудования остановок общественного транспорта техническими средствами организации дорожного движения

Осипов В.А., Береза А.С., Воробьев А.В.  
ГВУЗ «Луганский строительный колледж»

На сегодняшний день в Луганске существует системная проблема с обустройством остановок общественного транспорта. Нерешенными являются проблемы отсутствия дорожной разметки, освещения, заездных карманов, мусоросборников, повышенного бордюра. Существующие остановки часто не имеют балансовой принадлежности, выполнены в разном дизайне. Отсутствие заездных карманов является причиной не только создания заторов и повышенной загазованности в городе, но и совершения большого количества ДТП. Объектом исследования был выбран маршрут автобуса № 117 «пл. Ленина – кв. Дзержинского» протяженностью 16,2 км. Согласно паспорта, маршрут имеет 38 остановок; анализ выявленных недостатков показан на рисунке 1.

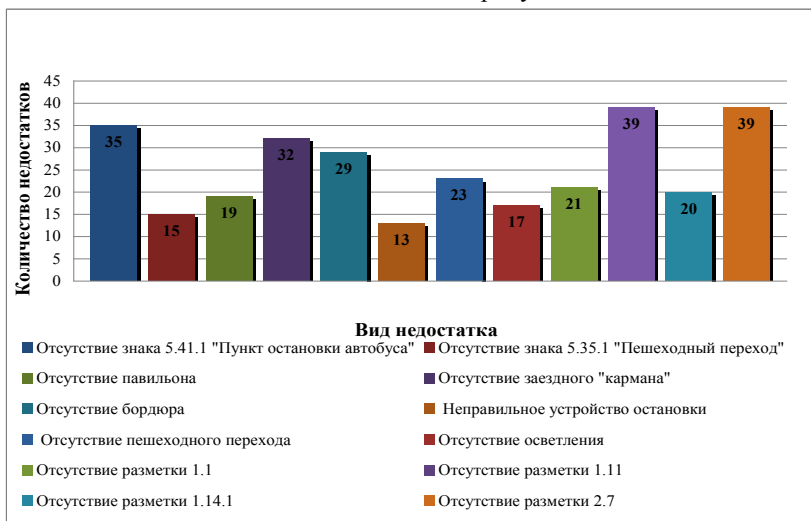


Рисунок 1 – Анализ недостатков содержания остановок МПТ

Постоянные остановки организуют в местах образования постоянного пассажирообмена со значительным числом принятых и высаженных пассажиров, то есть, с точки зрения кинематики движения автобусов на маршруте, они обуславливают обязательную остановку автобуса. Маневры снижения скорости, остановки, начала движения и разгона автобуса на

определенном участке улично-дорожной сети формируют особые условия безопасности движения, которые необходимо учитывать. На основании математической модели рядом исследователей были разработаны компьютерные программы, которые позволяют моделировать и визуализировать транспортные потоки в разных дорожных системах, анализировать пропускную способность остановочных пунктов, а также получать другие их характеристики работы. С помощью этих программ были установлены зависимости транспортных задержек и максимальные удлинения очереди ТС перед остановочным пунктом от разных значений параметров остановочного пункта и транспортного потока, а также от разных вариантов организации движения перед ним. Пересмотр отношения к реализации мероприятий по повышению безопасности движения на местах остановки городского транспорта позволит повысить качество и безопасность проживания жителей города. Проведенный анализ ставит ряд вопросов, перспективных для рассмотрения: исследование проблем маршрутизации общественного транспорта и представление конкретных предложений относительно ее усовершенствования; обработка и систематизация статистики аварийности на остановках с целью выявления степени влияния того или иного фактора на совершение ДТП; построение математической модели зависимости влияния отдельных недостатков на вероятность совершения ДТП. Это позволит в дальнейшем определять степень опасности объекта, прогнозировать аварийность и устанавливать очередность ликвидации недостатков по степени их опасности; разработка методики оценки уровня БДД на местах остановки автобусов по критериям его устройства ТС ОДД и инженерным оборудованием.

#### Литература:

1. Осипов В.О. Організація та безпека дорожнього руху (частина I): конспект лекцій / [укл. Осипов В.О.]. – Луганськ: ЛБК, 2013. – 64 с.
2. Транспорт Луганска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lugansktrams.org.ua/>. – Название с экрана.

УДК 621.1

### **Предложения по внедрению в производство передвижной снегоплавильной установки**

Осипов В.А.

ГВУЗ «Луганский строительный колледж»

Сегодня проблему ликвидации снега, который накапливается на улицах населенных пунктов, решают стационарные снегоплавильные установки, которые имеют интенсификатор таяния снега, выполненный в виде

инфракрасных излучателей или коллектора с оросительными трубами. Вышеупомянутые установки громоздкие, трудоемкие для изготовления, занимают большие площади, поэтому должны устанавливаться вне черты города. Дополнительным финансовым бременем ложатся транспортные расходы на вывоз снега. Другим решением задачи по ликвидации снега являются снегоплавильные установки локального действия – оборудования, которые устанавливаются на шасси для перевозки снега на базе автомобильного прицепа. Теплоносителями в указанных установках являются выхлопные газы, предварительно залитая горячая вода, газовые горелки. Однако устройства с горячей водой имеют низкий к.п.д., поскольку остывшую воду в емкостях периодически необходимо сливать и опять заполнять горячей водой. Устройства с газовыми горелками взрывоопасны, нестабильны из-за засорения горелок при попадании в них посторонних включений. Назрела необходимость разработки компактного, передвижного устройства, которое могло бы в короткий срок и при привлечении небольших средств решить проблему ликвидации снеговых отложений в условиях плотной застройки городов. В связи с недостаточным финансированием дорожной отрасли актуальным становится вопрос уменьшения расходов на эксплуатационное содержание автомобильных дорог, в том числе и на зимнее содержание. Одним из направлений оптимизации расходов может стать новое передвижное снегоплавильное устройство. Предложенное устройство имеет вид прицепного оборудования на базе распределителя удобрения РУМ с парогенератором МСД-240, который работает на твердых отходах (древесина). В сельхозпредприятиях скопилось большое количество таких распределителей еще советского производства, которые практически не используются по своему основному назначению, но еще имеют эксплуатационный потенциал. Именно РУМ имеет бункер-накопитель объемом 6–8 м<sup>3</sup>, в который планируется засыпание снега. Конструктивной особенностью РУМ является наличие на задней части шасси основного бункера-накопителя кронштейна для крепления тарелки – распределителя удобрения. На этом кронштейне и предлагается расположить компактный парогенератор МСД-240. Паровой котел комбинированного типа МДС-240 предназначен для получения пара давлением 4 кгс/см<sup>2</sup>. Котел может работать на жидком топливе, дровах, а также на торфяных и угольных брикетах. Это один из самых компактных котлов, который позволяет получать 130 кг пара в час на твердом топливе.

Котел имеет надежную конструкцию, несложный в эксплуатации и не требует электропитания в своей работе. От котла водяной пар через металлические трубки, которые необходимо установить на внутреннем периметре бункера-накопителя в виде спиралей, будет нагревать как сами

трубки так и внутреннюю поверхность бункера. Именно этот процесс будет растапливать предварительно загруженную снежную массу и превращать ее в жидкость. В дальнейшем жидкость через отверстие в нижней части бункера-накопителя по гибкому пожарному шлангу под собственным давлением стекает в люки ливневого коллектора. В качестве топлива для парогенератора предлагается использовать обрезки нежелательной дерево-кустарниковой растительности, которая накапливается в процессе санитарной прорубки деревьев вдоль автодорог и улиц.

УДК 624.21/.8

### **Исследование проблемы влияния снеговой нагрузки на мостовые сооружения**

Осипов В.А., Даниленко А.В., Чумакова А.Д.  
ГВУЗ «Луганский строительный колледж»

Согласно ДБН В. 1.2-2:2006, мосты работают под воздействием ряда нагрузок: постоянные нагрузки и влияния (собственный вес сооружения, влияние предварительного напряжения, давление веса почвы и т.д.); временные нагрузки и влияния от подвижного состава транспорта; временные нагрузки и влияния от других факторов (ветровая, ледовая нагрузка, нагрузка от навала судов, температурно-климатические нагрузки и т.д.). Однако в нормативе отсутствуют сведения о возможности влияния снеговой нагрузки на мосты. Исходя из этого сформулирована гипотеза: временная снеговая нагрузка может иметь влияние на мостовое сооружение, если это сооружение уже имеет ограниченную несущую способность в следствии длительного срока эксплуатации. Свыше 30 лет на 424 мостах и путепроводах Луганской области общей протяженностью 10675 п.м. (76,4 % существующих сооружений) не проводятся работы по реконструкции и капитальному ремонту; 262 моста, (или 47 %) не удовлетворяют нормам по габариту и нагрузкам. Также в последние годы, в результате недостаточного финансирования дорожной отрасли, наметилась тенденция снижения качества зимнего эксплуатационного содержания дорог, в том числе и мостов, то есть часть искусственных сооружений длительное время находятся под воздействием снеговой нагрузки. Учитывая такое положение и постоянное увеличение нагрузки от транспорта, исследование имеет актуальность.

Объектом исследования был выбран малый мост на автомобильной дороге местного значения О131506 Луганск – Сватово – Сутоган (км 4+449). После выпадения снега в январе 2014 года был проведен отбор снежной массы для определения ее плотности с целью дальнейшего расчета веса, который оказывает влияние на данный мост. Толщина слоя снега на мосту составила 6 см, что соответствует данным, приведенными в климатических сборниках для



Луганской области. Плотность снега определялась с помощью мерной колбы объемом 150 мл и электронных весов Nova ACS – A9 со средним классом точности. Результаты расчетов показали, что масса свежеснегавшего снега на мосту составляет 2,975 т, масса уплотненного снега – 5,601 т. Согласно ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009, элементы моста в эксплуатационном цикле находятся последовательно в одном из пяти эксплуатационных состояний в зависимости от степени деформаций. Согласно паспорта моста и визуального осмотра, исследуемое сооружение относится к 4 состоянию – ограниченно работоспособный. Износ в зависимости от характера деформаций и разрушений составляет от 27 до 42 %. Если брать максимальное значение износа, то фактическая грузоподъемность будет:  $80 \cdot 0,42 = 33,6$  т., где 80 – максимально допустимая нагрузка на сооружение от транспорта, т; 0,42 – коэффициент износа сооружения. Если учесть массу уплотненного снега, который находится на сооружении, то грузоподъемность моста снизится до 28 т. Этого недостаточно даже для того, чтобы сооружение выдержало одновременно два грузовика (например, полная масса грузовика КАМАЗ-55111 – 22,4 т). Учитывая это, предлагается к мероприятиям, которые предусмотрены ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 для ограниченно работоспособных мостов, добавить пункт, регламентирующий очередность их очистки, которая в свою очередь будет зависеть от возможности мостов выдерживать предельные нагрузки. Первоочередной очистке подлежат мосты вместе с дорогами согласно их классификации (от государственных к местным), то есть по их хозяйственному значению.

В результате проведенного исследования выявлено, что нагрузки от снега не имеют значительного влияния на несущую возможность относительно новых мостов, однако с увеличением срока их эксплуатации это влияние может в значительной степени увеличиваться. Перспективным выглядит сосредоточение внимания исследователей на выведении математической зависимости влияния толщины снега и срока службы моста на его несущую способность с учетом объема не только выпавшего снега, а и снегоприноса, и внесения необходимых изменений в нормативные документы.

УДК 656.1

### **Изучение перспективы восстановления работы «зеленой волны» в г. Луганск**

Осипов В.А., Павленко Д.В.  
ГВУЗ «Луганский строительный колледж»

Некоторые улицы Луганска периодически бывают загружены

автотранспортом, что иногда приводит к возникновению транспортных заторов. Эта проблема свойственна крупным населенным пунктам в связи с постоянным ростом количества автомобилей и движением транзитного транспорта в пределах городской черты. Поэтому актуальным является вопрос разгрузки транспортных артерий городов путем проведения организационных и градостроительных мероприятий. Изучив существующие способы решения проблемы, наиболее перспективным считаем возобновление работы «зеленой волны» – методики обеспечения непрерывного движения транспорта за счет согласованного включения зеленого света светофора на перекрестках. Скоростной режим автомобилей, который заложен в работу системы, для летнего периода составляет 55 км/ч, для зимнего – 45 км/ч. Но в связи с тем, что водители не придерживаются скоростного режима, рекомендованного для прохождения по «зеленой волне», система не работает. Причиной этого среди прочего является отсутствие информации о рекомендованной скорости. Кроме того, препятствия для движения автомобилей с постоянной скоростью по «зеленой волне» создают несанкционированные парковки автомобилей на проезжей части в районе стихийных рынков и других объектов торговли. Транспорт, прибывающий на рынок, занимает две крайних полосы и движение в ограниченных условиях осуществляется только по одной. Не позволяет двигаться с постоянной скоростью также отсутствие на пешеходном переходе в районе ресторана «Радуга» светофорного регулирования. Такое же положение по ул. Оборонная, где автомобили паркуются на проезжей части, а для движения остается одна полоса. Препятствуют и рекламные щиты, расположенные над проезжей частью (закрывают светофоры и не позволяют водителям вовремя получить дорожную информацию), и наличие большого количества нерегулируемых пешеходных переходов.

По-видимому, некоторые улицы города теоретически пригодны для внедрения системы «зеленая волна»; препятствиями на пути внедрения системы является ряд факторов; существует большая вероятность задержки транспортных потоков вследствие непредсказуемого выхода пешеходов на проезжую часть и несоблюдение необходимой скорости движения водителями ТС; назрела необходимость разработки целевой программы для системного изучения и внедрения мероприятий с привлечением определенного количества средств (замена светофоров, разработка проектов организации дорожного движения ПОДД, ликвидация нерегулируемых пешеходных переходов, установления знаков с рекомендованной скоростью, знаков, запрещающих остановку транспорта, установка пешеходных ограждений и т.д.).

## Совершенствование оповещения водителей об опасностях на автодорогах

Осипов В.А., Даниленко А.В.

ГВУЗ «Луганский строительный колледж»

Большинство ДТП на дорогах происходят в связи с внезапным появлением на проезжей части препятствий в виде пешеходов, попутного или встречного транспорта, деформаций покрытия, и т.д. При этом водитель не всегда успевает адекватно отреагировать на дорожную ситуацию и принять управленческое решение. Эти условия можно предупредить и минимизировать. Для этого предлагается усовершенствовать способ предупреждение водителя о возможности возникновения аварийной ситуации.

С целью выявления пиковых всплесков аварийности во времени проведен статистический анализ на МК ДТП опорной сети автодорог Луганской области. За основу проведения исследования была взята внутренняя статистика аварийности УГАИ ГУМВД в Луганской области за три года на основных дорогах. Анализ выявил максимально опасные временные интервалы, когда водитель имеет наиболее высокие шансы попасть в ДТП (рисунки 1–3). Анализ ДТП на этих участках по видам показал, что наибольшую их часть составляет столкновение (рисунок 4).

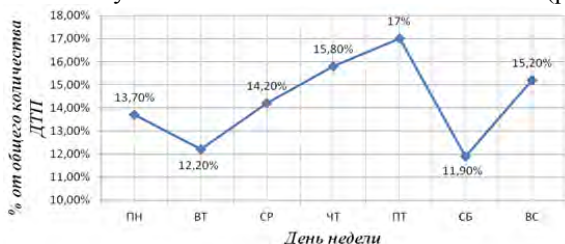


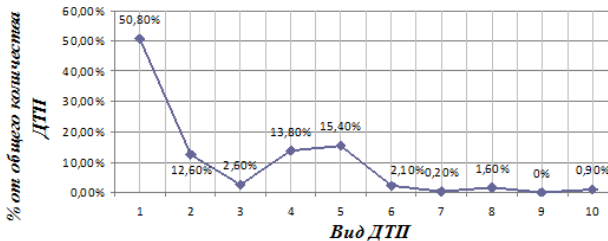
Рисунок 1 – Распределение ДТП по дням недели



Рисунок 2 – Распределение ДТП по времени суток



Рисунок 3 – Распределение ДТП по месяцам года



1 – столкновение; 2 – опрокидывание; 3 – наезд на стоящее ТС; 4 – наезд на препятствие; 5 – наезд на пешехода; 6 – наезд на велосипедиста; 7 – наезд на гужевой транспорт; 8 – наезд на животных; 9 – падение пассажира; 10 – падение груза

Рисунок 4 – Распределение ДТП по видам

Имея четкую структурную информацию о времени совершения ДТП и учитывая информацию об их видах, представляется возможным организовать информирование участников движения об ожидающих их рисках. В качестве информационного источника предлагается использовать дорожные знаки со сменной информацией (по ДСТУ 4142-2003). Возможна синхронизация работы знаков с программными продуктами, например, алгоритмом работы электронного будильника. В определенное время подается сигнал для вывода на электронный знак нужной информации. Информация должна содержать предупреждение о конкретном виде ДТП на этом участке дороги, которое может произойти именно в этот временной период.

УДК 711.73

### Недостатки классификации улиц и дорог

Гук Валерий, Стешенко М., Гук Владимир  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

Рассмотрим насущный вопрос о совершенствовании классификации

городских улиц и дорог, который широко обсуждается градостроителями (транспортниками и планировщиками) в связи с безудержным ростом автомобильного транспорта, мобильности и необходимостью совершенствования планировочных решений в генеральных планах городов. Изменение условий проживания и работы в крупнейших постсоветских городах изменили и мобильность городского населения как пешком, так и на различных видах транспорта. Быстрый рост автомобилизации привел к заторам, пробкам и тянучкам на неподготовленных для восприятия автомобильного движения на существующих улицах и дорогах. Спрос не соответствует предложениям. Высокий уровень дорожно-транспортных происшествий и продолжительной конгестии требуют создания для их ликвидации новых автомагистралей. Высокий уровень плотности населения в микрорайонах под влиянием многоэтажной застройки в 300, 500 и более человек на гектар превращает магистрали районного значения в общегородские, а городские дороги – в автостреды. Свои условия комфортных и регулярных перевозок пассажиров диктуют новые виды скоростного общественного наземного транспорта, а также быстрое, безопасное, удобное и самое дешёвое велосипедное движение, но прежде всего, спокойная пешеходная ходьба на широких тротуарах и в пешеходных торговых и развлекательных центрах с отдыхом, общением, с застройкой согласно человеческому масштабу восприятия среды обитания.

УДК 656.135 (571.56 + 571.65)

### **Организация доставки грузов потребителям территориальным регионам**

Филиппова Н.А., Беляев В.М.

Московский государственный автомобильно-дорожный университет (МАДИ)

Оптимальная схема завоза грузов в Северные регионы по целому ряду объективных причин предусматривает сложный технологический процесс: передача грузов с железнодорожного транспорта на водный, догрузку флота, задержка речных судов в устьевых пунктах северных рек, а также передача грузов с крупнотоннажного в малотоннажный флот с последующей перевозкой на автотранспорте, который доставляет груз потребителям. В каждом звене технологической цепи необходимо решать задачи, связанные с обработкой речных, железнодорожных, автомобильных транспортных средств, а также задачи взаимодействия различных видов транспорта во всех узлах перевалки и взаимного согласования работы. При решении поставленных задач рекомендуется

рассматривать три основных вида взаимодействия: технологическое, техническое и экономическое.

Первые два вида взаимодействия мало изменились в процессе проведения экономических реформ. Важным в условиях рыночных отношений является экономическое взаимодействие всех видов транспорта. Исключение речного транспорта из системы перевозок грузов в районы Крайнего Севера является невозможной (большие объёмы и небольшая стоимость), но его использование приводит к решению сложной комплексной задачи обусловленной тем, что отправители грузов в основном находятся за много километров и доставка грузов может осуществляться по различным направлениям, а схемы многовариантны.

Перевозки грузов речным транспортом в Арктические районы Северо-Востока осуществляются в судах класса «О», «М», «М-СП» (Российского речного регистра), принадлежащих ОАО «Ленское объединенное речное пароходство». Изменение макроэкономической ситуации в стране повлияло на функционирование системы планирования северного завоза как на макроуровне, так и в рамках отдельно взятой судоходной компании.

В условиях рынка плановая работа пароходства усложняется – оно самостоятельно определяет и прогнозирует параметры внешней среды, конкурентов, свои долгосрочные цели и стратегию их достижения через текущее планирование. Судоходным компаниям, осуществляющим северные перевозки, приходится решать новые задачи обоснования и выбора оптимальной технологии и организации доставки грузов потребителям; принятия обоснованных решений в изменяющихся условиях выполнения транспортного процесса. Для тех случаев, где работа речного транспорта осуществляется в условиях конкурентной среды, судоходные компании оценивают свою конкурентоспособность на рынке транспортных услуг. Организацию и контроль за выполнением плана перевозок выполняет диспетчерская служба. Управленческие функции целесообразно выполнять организованной территориальной транспортно-логистической транспортно-экспедиционной компанией, обеспечивающей согласование потребностей грузополучателя, грузоотправителей, владельцев транспортных средств и промежуточных и конечных терминальных комплексов. Схема управления характеризуется наличием замкнутого цикла передачи информации. С одной стороны, от диспетчера к управляемому объекту по цепи управления поступает информация в виде сигналов управления, с другой стороны, от объекта к диспетчеру по цепи обратной связи поступает информация о фактическом состоянии управляемого объекта. Анализ существующих методов планирования, управления и организации доставки грузов в северные регионы РФ позволил выявить специфику доставки топлива для этих условий с учётом различных вариантов взаимодействия отдельных

видов транспорта, как на объектах комплектации грузов, так и в процессе их доставки потребителям.

УДК 711.73

### Предложения по классификации улиц и дорог

Гук Валерий, Стешенко М., Гук Владимир

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

Для обобщения, но без детализации, предлагается следующая классификация улиц и дорог:

1. **Автострады** – от автомагистралей транспортных коридоров автодорожные вводы, протрассированные касательно центров города, все пересечения выполняются согласно моделированию в разных или одном уровне при равной пропускной способности перегонов и пересечений. Количество полос движения рассчитывается, а не нормируется, в соответствии с прогнозируемой интенсивностью транспортных потоков.

2. **Магистралей общегородского значения** – обеспечивают транспортную связь районов между собой с центром города и промзонами, в зависимости от перспективных размеров транспортных потоков, на основе моделирования пересечения выполняются в одном и в разных уровнях. Обязательно дублируют автострады. Предусматриваются полосы для наземного общественного транспорта. Ширина проезжей части определяется по количеству полос движения с обязательным устройством местных проездов вдоль застройки в две-три полосы и гостевых стоянок.

3. **Улицы** – пространство для обслуживания прилегающей малоэтажной застройки. Ширина в две-три полосы с устройством гостевых стоянок, вело путей и планировочными ограничениями скорости до 35 км/ч.

4. **Местные проезды и подъезды** – транспортные подъезды к прилегающей застройке внутри микрорайонов и к отдельным зданиям и сооружениям. Обязательно двухполосные с гостевыми стоянками и планировочным ограничением скорости движения до 15 км/ч.

5. **Пешеходные улицы** – главные улицы районов и города с местами отдыха площадями и скверами. Целесообразно размещать в исторической части города и по берегам водоёмов.

6. **Велоулицы** – велопути, связывающие все районы города и пассажирообразующие центры между собой, оборудуются велосипедной инфраструктурой. Прокладываются по существующим улицам, бывшим магистральям районного значения, превращая их общегородские.

7. **Городские дороги** – призваны для организации грузовых перевозок к логистическим центрам, промпредприятиям и торговым центрам.

Ширина их в 4 полосы с нормативами в соответствии к дорожным нормам.

Из общей классификации исключены магистрали районного значения, которые с увеличением этажности застройки и плотности населения быстро превращаются общегородские магистрали, однако их, заложенные в проектах, габариты уже не соответствуют размерам увеличивающихся транспортных потоков и как результат – возникает конгестия. Поэтому нужно проектировать города так, чтобы одна треть населения города могла спокойно передвигаться на своих автомобилях, одна треть пользоваться общественным транспортом, а остальные жители ходить пешком и ездить на велосипедах. Нет необходимости нормировать и режимы движения: непрерывный, регулируемый, нерегулируемый и саморегулируемый – режим движения должен обеспечивать пропускную способность перекрестка, равную пропускной способности перегона, иначе будет возникать конгестия. Это возможно лишь планировочными методами. Пешеходные улицы должны проектироваться с учетом человеческого восприятия окружающей застройки и пространства. Это и есть Главные улиц районов и центра города, девиз которых: прогулка, общение, отдых. Велопути становятся главным конкурентам общественного транспорта, так как передвигаться на велосипедах быстрее, бесплатно, здоровее и безопаснее. Более подробное проектирование улиц и дорог необходимо выполнять с применением известных программных продуктов моделирования для конкретных условий планировки.

УДК 711.73:656

### **Функциональная классификация дорог**

Врубель Ю.А., Баханович А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что уровень регулировочных воздействий должен соответствовать уровню нагрузки или опасности. Невозможно одни и те же требования нормативов распространять на все случаи жизни – это ведет к абсурду. Классический пример – запрещение перехода проезжей части там, где в зоне видимости имеется пешеходный переход или перекресток. Это положение справедливо для сильнонагруженных магистралей, оно спорно для средненагруженных улиц и дорог и совершенно абсурдно для ненагруженных местных улиц, не говоря уже о *проселочных дорогах*. Или другой пример – запрещение стоянки ближе 15 м от перекрестка и пешеходного перехода. Если для малонагруженных местных улиц это приемлемо, для средненагруженных – спорно, то для сильнонагруженных магистралей это не только неприемлемо, – это преступно! Чтобы



управляющие воздействия были адекватны многообразию условий и были приемлемы участникам движения, улицы и дороги должны классифицироваться на несколько *регулируемых* групп. Такая классификация, в принципе, уже существует, но она, как представляется, имеет незавершенный вид и слабо отражается в нормативных документах, в частности, в Правилах. Поэтому здесь предлагается *рабочая* классификация с *рабочими* названиями, к которой нужно относиться как к одному из возможных *рабочих* вариантов. Итак, **загородные дороги** предлагается делить на 3 категории: магистральные, нормальные (стандартные), местные. *Магистральные дороги* уже имеются в нормативах, характеризуются отсутствием пересечений в одном уровне, запрещением движения тихоходных транспортных средств и пешеходов. Скорость движения (стандартная) предлагается 120 км/ч. Обозначаются, в принципе, согласно действующим нормативам. *Нормальные (стандартные) дороги* – дороги с усовершенствованным покрытием, не относящиеся к категории магистральных или дороги с гравийным покрытием, по которым организовано регулярное автобусное сообщение. Стандартная скорость – 90 км/ч. Управляющие воздействия – Правила, дорожные знаки, разметка, светофоры и т.д. Пешеходам разрешается переходить проезжую часть в любом незапрещенном месте, но под защитой закона они находятся только на пешеходных переходах или приравненных к ним местах. *Местные дороги* – дороги без покрытия или с покрытием, на которых отсутствует регулярное автобусное движение. Это – многочисленные местные, проселочные или иные дороги вспомогательного значения. Никаких обязательных требований к установке знаков или иных средств регулирования (кроме названий населенных пунктов или иных объектов) нет. Управляющие воздействия – Правила. Пешеходам разрешается ходить в любом месте, уступая дорогу транспорту.

УДК 711.73:656

### **Функциональная классификация улиц**

Врубель Ю.А., Баханович А.Г.

Белорусский национальный технический университет

**Улицы** предлагается классифицировать на пять *регулируемых* групп: магистральные, нормальные (стандартные), местные, жилые, пешеходные. *Магистральные улицы* – улицы со стабильно высокой транспортной нагрузкой, как правило, магистрали общегородского значения. Они характеризуются напряженным движением и очень высокими потерями. На них повсеместно, кроме специально разрешенных мест, запрещена

остановка-стоянка и движение тихоходного транспорта. Допуск пешеходов на проезжую часть, кроме регулируемых пешеходных переходов, повсеместно запрещен посредством ограждений, дорожных знаков и надписей. Работает координация, практически исключающая остановки потока, необязательные разгоны–торможения, опережения и т.д. Все въезды, выезды и сама улица обозначаются специальными знаками, а предписываемые режимы движения жестко контролируются. *Нормальные (стандартные) улицы* – это улицы с умеренной транспортно-пешеходной нагрузкой. Они не обозначаются и все на них так же обычно, как принято сейчас. *Местные* улицы – это улицы со стабильной низкой транспортной и пешеходной нагрузкой, возможно без усовершенствованного покрытия. Регулирование – как на нормальных улицах, однако в некоторых случаях могут быть рекомендации (или даже ограничения на отдельных, особо опасных участках) пониженной скорости до 40 км/ч. Пешеходам разрешается переходить проезжую часть в любом месте, но под защитой Закона они находятся только на пешеходном переходе. *Жилые улицы* – это улицы со стабильно низкой интенсивностью движения транспорта, относительно высокой интенсивностью движения пешеходов и не очень хорошими условиями для разделения транспортных и пешеходных потоков. Как правило, они находятся в селитебной зоне, на незакрытых ведомственных или дворовых территориях и т.п. Характеризуются резко ограниченной скоростью – до 20 км/ч и совмещенным движением транспорта и пешеходов с «равным» приоритетом. Начало и конец улицы оговаривается. Такая категория улиц имеется в действующих нормативах под названием «жилая зона». *Пешеходные улицы* характеризуются однозначным приоритетом пешеходов и запрещением движения транспортных средств. На этих улицах разрешается только движение специальных машин – уборочных, доставочных и т.д., – при этом, как правило, только в ночные или утренние часы. Пешеходные улицы организуются в зоне расположения многочисленных объектов пешеходного тяготения и обозначаются в соответствии с действующими нормативами.

УДК 656.135

### **Развитие транспортной схемы г. Чугуева как структурной части Харьковской агломерации**

Линник И.Э., Сосипатров А.М., Никитенко Ю.В.

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

Чугуев входит в аграрно-промышленную агломерацию Харьковской области и, располагаясь на международном транспортном коридоре

«Европа – Азия», имеет статус «трансграничной территории». Планы развития Чугуева связаны с перспективами создания интерагломерации, в которой Чугуев потенциально может занять ключевое место. Для эффективного использования транзитного потенциала Украины и Харьковской области при интегрировании ее транспортного комплекса в общеевропейскую и мировую систему транспортных сетей, а также в условиях развития трансграничного сотрудничества, по территории области и, в частности, г. Чугуева намечено прохождения автомобильной участка международного транспортного коридора (МТК) «Европа – Азия» (Краковец – Львов – Ровно – Житомир – Киев – Полтава – Харьков – Чугуев – Дебальцево – Должанский / Луганск – Изварино), который подлежит реконструкции.

Сегодня Чугуев – большой промышленный, транспортный и культурный центр Харьковской области, расположенный на пересечении крупных транспортных путей – здесь находится стратегически важный перекресток железнодорожных и автомобильных магистралей. Наличие в мощного транспортного узла делает его удачным для развития транспортно-коммуникационных видов бизнеса. Благоприятное географическое расположение, близость к мощным рынкам сбыта Харькова, Донбасса, России обеспечивают потенциальным предпринимателям приток потребителей и относительно незначительные затраты на транспортировку готовой продукции. В связи с этим в Чугуеве предлагается создать региональный транспортно-складской логистический центр (мультимодальный грузовой терминал) в непосредственной близости от аэродрома «Чугуев» на пересечении южной автомобильной обводной дороги и грузовой железнодорожной станции. Предполагается, что региональный логистический центр будет специализироваться на переработке грузов по заказам различных фирм и предоставлении сопутствующих услуг. За счет массовости операций их себестоимость будет умеренной, а, следовательно, и тарифы на них могут быть приемлемыми для потребителей.

На подходах к г. Чугуеву, в том числе на автодорогах государственного значения предлагается выполнить следующие первоочередные мероприятия: реконструкцию участка автодороги М03 «Киев – Харьков – Должанский»; строительство южной автомобильной обводной дороги, которая одновременно станет подъездным путем к аэродрому, грузовой железнодорожной станции и будущему региональному транспортно-складскому логистическому центру; строительство в юго-западной части города регионального транспортно-складского логистического центра (мультимодального грузового терминала) с базой оптовой торговли плодоовощной продукцией и продовольственными товарами;

строительство путепроводов на примыканиях улиц Харьковской и Ростовской к обводной автодороге; строительство путепроводов на пересечении обводной автодороги с автодорогами на поселок городского типа Эсхар и на г. Купянск; строительство двух эстакад на обводной автодороге над железнодорожными путями; строительство моста на обводной автодороге над рекой Северский Донец; реконструкцию имеющегося военного аэродрома с учетом будущего использования его для принятия гражданских грузовых самолетов; реконструкцию с расширением грузовой железнодорожной станции.

Мероприятия, которые рекомендуется провести на улично-дорожной сети города: капитальный и текущий ремонты проезжих частей и тротуаров улично-дорожной сети; реконструкция улиц и дорог в направлении районов Осиновка, Зачуговка и Преображенка с организацией автобусных маршрутов; создание сети минипарковок для легковых автомобилей и велосипедов; сооружение стоянок для легкового транспорта; строительство велодорожек и велотрасс; создание условий для пользования электромобилей (зарядные станции).

Развитие автобусного транспорта: планирование рациональной маршрутной системы; благоустройство автобусных остановок; доступность автобусного транспорта для людей с особыми потребностями; внедрение системы автоматического учета объема и качества предоставляемых транспортных услуг; реализация проектов субсидирования лизинговых и кредитных схем развития автобусного транспорта; поддержка инвестиций значительным объемом финансирования из общественных фондов; внедрение современных телекоммуникационных и навигационных спутниковых технологий; организация разъяснительной работы с жителями о новых формах транспортного обслуживания и правилах пользования нововведениями, привлечение граждан и общественных организаций к принятию и внедрению соответствующих решений.

УДК 519.654

### **Некоторые пути решения транспортных проблем городов Республики Беларусь**

Аземша С.А., Стрельченко В.С.

УО «Белорусский государственный университет транспорта»

Анализ опыта развитых стран в решении транспортных проблем городов [1,2] показывает предпочтительность проведения сбалансированной транспортной политики. Ее суть заключается в проведении мероприятий

сдерживающих пользование личным автомобилем и стимулирующих использования общественного транспорта. Количественно оценить эффект сбалансированной политики можно на следующем примере: имеется 100 человек, которых необходимо доставить из пункта А в пункт В, расстояние между которыми 10 км. Рассматривается два диаметрально противоположных варианта перевозки: все пассажиры будут доставлены легковыми автомобилями; все пассажиры будут доставлены автобусом МАЗ-203. Результаты сравнительного анализа по некоторым критериям приведены на рисунке 1.

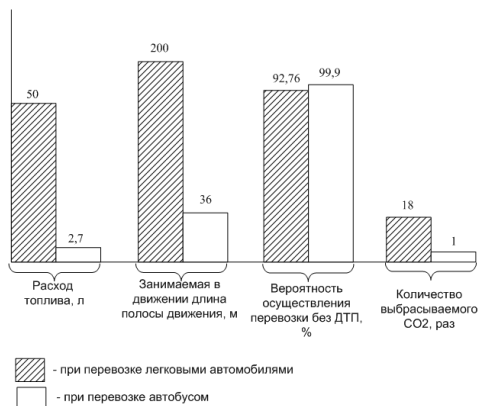


Рисунок 1 – Сравнительный анализ результатов перевозки 100 пассажиров двумя вариантами

В расчетах принято: расход топлива легковым автомобилем – 10 л / 100 км, автобусом – 27 л/100 км; средняя наполняемость легкового автомобиля – 2 чел.; длина автомобиля – 4 м, автобуса – 12 м; коэффициент приведения транспортного средства по габариту: легковой автомобиль – 1, автобус – 3 [3]; вероятность осуществления перевозки без ДТП определена на основании отчетных данных [4]; количество выбросов CO<sub>2</sub> при сжигании топлива пропорционально количеству сжигаемого топлива.

Очевидно, что по всем приведенным на рисунке 1 критериям использование автобуса предпочтительнее легковых автомобилей. При этом отдельно следует отметить следующие немаловажные факторы: Беларусь не располагает существенными залежами нефти. С учетом этого, снижение валютных затрат на импорт нефтепродуктов за счет стимулирования использования общественного транспорта приобретает особое, в некотором смысле стратегическое значение; легковые автомобили не производятся (массово) на территории нашей страны, а

ввозятся гражданами из-за рубежа. Естественно, это способствует увеличению оттока валютных средств. Отсутствие должного понимания проблемы, приводит в Республике Беларусь к доминированию такой транспортной политики, в которой системный подход и долгосрочные критерии подменяются сиюминутными соображениями и изолированным рассмотрением отдельных элементов транспортной системы. Это со временем приводит как к очевидным (заторы, аварии, ухудшение экологической обстановки), так и скрытым (отрицательное влияние на внешнеторговый баланс страны, увеличение стоимости производимой продукции) негативным последствиям.

#### Литература:

1 Трофименко, Ю.В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 464 с.

2 Вукан Р. Вучик. Транспорт в городах удобных для жизни / пер. с англ. А. Калинина; под научн. ред. М. Блинкина // Территория будущего. – Москва, 2011. – 413 с.

3 Врубель, Ю.А. Исследования в дорожном движении: учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» / Ю.А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2007. – 178 с.

4 Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2011 году: аналитический сборник / под общ. ред. заместителя Министра внутренних дел – начальника МОД МВД Республики Беларусь Мельченко Н.А.. Минск: полиграфический центр МВД 2012 г. – 89 с.

УДК 656.135

### **Классификация цепей поставок при перевозке грузов автомобильным транспортом**

Мочалин С.М., Тюкина Л.В.

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

Известны различные классификации цепей поставок. Классификация цепей поставок, приведенная в [1], не учитывает особенности протекания транспортных процессов при доставке грузов, например: закономерности протекания транспортных процессов, многозвенность цепи поставок (ЦП), мощность грузовых потоков по ЦП, пропускную способность по ЦП и т.д. Базовая классификация предложена в [2]. В ходе исследования заявок на доставку груза установлены ограничения и условия, накладываемые на этот

процесс, выявлено, что доставки делятся на моно- и полипартионные. *Монопартионная доставка* – такая доставка груза, которая осуществляется в рамках заявки одной партии. *Полипартионная доставка* – такая доставка, в которой предъявленный объем груза доставляется за  $n$ -ое количество партий, где  $n > 1$ . Например: согласно полученной заявке грузополучателю необходимо доставить груз. Общий объем груза 80 т, но 20 т необходимо доставить к 10.00 ч, 30 т – к 14.00 ч, 30 т – к 18.00 ч. Таким образом, доставка груза будет осуществляться партиями: 1 партия – 20 т к 10.00 ч, 2 партия – 30 т – к 14.00 ч, 3 партия – 30 т – к 18.00 ч.

Данные виды доставки можно классифицировать по следующим признакам проходящего материального потока в соответствии с условиями данной заявки:

1) количество доставок за время работы ЦП: – монопартионная доставка; – полипартионная доставка;

2) объем перевозимого груза за одну партию (для полипартионной доставки), за одну езду (для монопартионной доставки): с фиксированным объемом перевозимого груза за партию (езду); с нефиксированным объемом перевозимого груза за партию (езду);

3) время ожидания грузополучателем очередной порции (партии) груза: с одинаковым временем ожидания; с различным временем ожидания;

4) время ожидания автомобиля начала исполнения езды (партии): без времени ожидания; с одинаковым временем ожидания; с различным временем ожидания;

5) ограничение по времени начала и окончания партии (езды): с ограничением времени начала партии (езды); с ограничением времени окончания партии (езды); с ограничением времени начала и окончания партии (езды);

6) однородность перевозимого груза за партию. Данный признак характерен только для полипартионной заявки: однородный – неоднородный.

#### Литература:

1. Иванов, Д.А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 660 с.

2. Чебакова, Е.О. Техничко-экономическое планирование транспортного процесса в цепях поставок: монография / Е.О. Чебакова, С.М. Мочалин, В.В. Варакин. – Омск: СибАДИ, 2009. – 320 с.

**Безопасность дорожного движения в зоне железнодорожных переездов**

Рожанский Д.В., Урбанович А.Г.

Белорусский национальный технический университет

На железнодорожных переездах (ЖДП) происходят наиболее крупные и тяжелые ДТП, которые причиняют значительный материальный и социальный ущерб в результате гибели или ранения людей, повреждения ТС, дорожного обустройства, простоя ПСЖД и нарушения графика движения, вызывающего несвоевременную доставку перевозимых грузов и пассажиров. Около 25 % ДТП на ЖДП происходит без участия ПСЖД и вызываются более сложными дорожно-транспортными условиями по сравнению с прилегающими участками автодорог.

На территории Беларуси функционирует около 2 тысяч ЖДП. Более 80% из них расположены на железнодорожных линиях БелЖД, в т.ч. 1806 относятся к ЖДП общего пользования и размещаются при пересечении их с автодорогами общего пользования.

Общее количество ЖДП I категории, эксплуатируемых на путях БелЖД (по состоянию на 2013 г.), составляет 58 ЖДП на главных путях, II категории – 59 на главных путях и 8 на подъездных путях, III категории – 174 на главных путях и 32 на подъездных путях, IV категории – 1129 на главных путях и 345 на подъездных путях. Количество ЖДП с дежурными и оборудованными шлагбаумами и АСС составляет 84, с АСС без шлагбаума и без дежурного работника – 1178 на главных путях и 83 на подъездных путях. Остальные ЖДП оборудованы только дорожными знаками и дорожной разметкой. Их количество составляет 158 на главных путях и 303 на подъездных путях (рисунок 1).



Рисунок 1 – Распределение ЖДП в зависимости от оснащения ТСОДД



## Транспортная система: транспортная инфраструктура – основа логистики

Седюкевич В.Н., Грабауров В.А., Селезнева Д.С.  
Белорусский национальный технический университет

Транспортная система – отрасль материального производства, осуществляющая перевозки людей и грузов. Все виды транспорта – еще не система. Система подразумевает интеграцию этих видов – состояние связанности отдельных частей и функций системы в единое целое, а также процесс, ведущий к такому состоянию. Только интегрированная система может предоставлять экономичные перевозки и позволяет клиенту выбирать способ транспортировки на разных участках транспортной цепочки в зависимости от его требований. Самым гибким, не зависящим от расписаний и доставляющим грузы «от двери к двери» точно в срок, является дорожный транспорт, поэтому дороги приобретают жизненно важное значение для национальной экономики и являются показателем ее качества. Но нужен простой переход с одного вида транспорта на другой. Для этого необходимы: стандартизация размеров транспорта, использование модульных контейнеров, полная механизация погрузочно-разгрузочных работ в терминалах и т.д. Возрастает роль не только транспортных сетей, но и сопутствующих услуг, оборудования, приспособлений, мероприятий, технологий и т.д., т.е. всего того, что ускоряет продвижение груза. Более важной становится транспортная инфраструктура.



*Рисунок* – Транспортная инфраструктура – основа логистической системы (с учетом затраты)

Транспортная инфраструктура – совокупность сооружений, зданий, систем и служб, необходимых для поддержания транспортировок. Она прямо влияет на перевозки. А они, в свою очередь, оказывают влияние на товаропотоки в системе логистики. Все компоненты транспортной инфраструктуры взаимосвязаны. Транспортная инфраструктура прямо влияет на: общие затраты; время доставки; надежность доставки; повреждение грузов; объемы запасов и оборотные фонды; эффективность использования транспортных мощностей.

Если транспортная инфраструктура позволяет осуществлять гибкие перевозки, легко перемещаясь с одного вида на другой, в соответствии с требованиями клиента, то такая транспортная инфраструктура становится мультимодальной и позволяет осуществлять мультимодальные перевозки.

УДК 711.4; 72.01

### **Использование традиционных принципов проектирования структурных элементов экопоселений**

Печерцева Е.А.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры.

Понятие «экопоселение» имеет множество определений, однако, в целом, его можно охарактеризовать как поселение со всеми чертами человеческой деятельности разумных пределов, в котором человеческая деятельность безопасно интегрирована в природную среду таким образом, что поддерживает здоровое, подвижное развитие человека и может успешно продолжаться неопределенно долгое время. Основными структурными элементами экопоселения являются: транспортная сеть, антропогенный и природный ландшафт, а также различные здания и сооружения. При проектировании зданий и сооружений, входящих в состав экопоселения, используется ряд главенствующих принципов, в т.ч. традиционные принципы: основополагающие законы проектирования энергоэффективных сооружений, зависящие от географического положения зданий и наличия определенных природных ресурсов на территории строительства. Таким образом, можно выделить два основных традиционных принципа проектирования экопоселений: подземный и надземный принцип.

Подземный принцип являет собой такой способ организации сооружения, при котором здание частично (углубление основных конструкций дома), или полностью погружается в землю. Данный принцип имеет свою иерархическую систему и, в свою очередь, делится на три составляющих: дом атриумного типа, дом выступающего типа и дом проникающего типа. При этом все три вышеуказанные составляющие являются следствиями земляного способа домостроения. Дом атриумного типа представляет собой земляной дом с внутренним двором. Проект такого дома предполагает наличие открытого пространства и имеет четыре стены, доступные дневному свету. Главные жилые помещения окружают центральный внутренний двор. Дома выступающего типа: выступающий земляной дом с фасада открыт свету. Его крыша покрыта землей. Дом такого типа имеет различную глубину и обычно располагается на склоне

холма. Дома проникающего типа: проникающий земляной дом, в отличие от предыдущих двух, покрывается землей полностью, за исключением окон и дверей. Такой земляной дом обычно строится на уровне земли и засыпается или утрамбовывается землей вокруг и сверху.

Надземный принцип характеризуется возведением здания, соответственно, над поверхностью земли. В области энергоэффективной архитектуры это применимо, в основном, к сооружениям, возведенных с помощью деревянных конструкций, самана и технологии «суперсаман». Дома из самана. Традиционный метод строительства из самана представляет собой древесный каркас, наполненный соломой, пропитанной в натуральном глиняном растворе. Дома из самана также можно строить с использованием длинной соломы, скрепляющей слои саманной массы. Дома из суперсамана. Одной из относительно новых технологий зелёного строительства является «суперсаман». Стены здания возводятся из простых мешков, наполненных землёй (грунтом). Это один из самых дешёвых способов возведения стен. Основатель данного метода – архитектор Надер Халили. Дома с деревянным каркасом. В современном деревянном домостроительстве применяют комбинированные технологии, где деревянные конструкции играют ключевую роль, усиливая достоинства и компенсируя недостатки других технологий. Возведение деревянных зданий предполагает как традиционные способы строительства из дерева, так и усовершенствованные технологии.

Таким образом, существуют два основополагающих принципа проектирования энергоэффективных зданий: подземный и надземный. Каждый из них имеет ряд положительных и негативных качеств. Три общих положительных свойства: экологичность, дешевизна строительства и прочность.

УДК 656.13.05

### **Исследование аварий с участием пешеходов на пешеходных переходах вне перекрестков**

Коржова А.В., Ворик А.С., Кузьмич Н.С., Гамульский И.К.  
Белорусский национальный технический университет

Пешеходы – самая многочисленная, неподготовленная и незащищенная категория участников движения. Они характеризуются огромным рассеиванием психофизиологических свойств, связанных с возрастом, ростом, состоянием здоровья, интеллектом, образованием, уровнем знаний дорожного движения и т.д. Поэтому дорожное поведение пешеходов часто отличается кажущейся нелогичностью и непредсказуемостью, хотя на

самом деле все довольно логично и предсказуемо. По статистическим данным в более 35 % аварий с пострадавшими участвуют пешеходы. Именно эти слабозащищенные участники дорожного движения становятся жертвами аварий (рисунок 1). Пешеходные переходы должны делаться в безопасных местах – должна быть обеспечена боковая видимость, должно быть мало маневрирования, должно быть хорошее покрытие, разметка, определены режимы движения (нерегулируемый, регулируемый, выборный и т.п.) и т.д. Переходы должны быть удобны – расположены на пути следования пешеходов, иметь благоустроенные подходы, на широких улицах – островки безопасности и т.д. Очень бы хотелось ввести в Правила дорожного движения рекомендацию при наличии пешеходов у самого пешеходного перехода снижать скорость при подъезде к нему, скажем, на 20 %: в городе – до 50 км/ч, за городом – до 70 км/ч. Эта норма резко повысила бы статус пешеходного перехода со всеми вытекающими положительными последствиями и практически не ущемила бы права водителей, а только повысила бы безопасность дорожного движения для обоих участников конфликта «транспорт–пешеход».

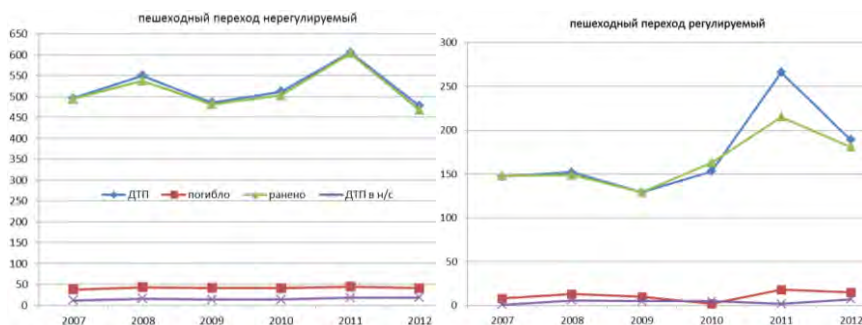


Рисунок 1 – Динамика аварийности с пострадавшими на регулируемых и нерегулируемых пешеходных переходах Республики Беларусь

УДК 656.051:[351.811.122:625.712.34]

## Совершенствование мероприятий по обеспечению условий видимости в зоне нерегулируемых пешеходных переходов. 1

Енина Е.И.

ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»,  
(НИИАТ, Москва)

В России общее количество погибших пешеходов в последние годы снижается (так, за 2012 год произошло более 62 тысяч наездов на пешеходов, в которых погибло 8 220 человек или 30 % от общего числа

погибших). Однако количество ДТП на пешеходных переходах неуклонно увеличивается (рисунок 1). Так, из общей статистики с пешеходами за 2013 год около одной трети наездов на пешеходов произошло на пешеходных переходах – это 22 612 происшествий, в которых погибло 1 243 пешехода [1]. Около 12 % происшествий на пешеходных переходах связано с «неожиданным» выходом пешехода на проезжую часть из-за препятствий, например стоящих транспортных средств или деревьев, то есть в условиях недостаточной видимости. По данным ГИБДД МВД РФ большинство ДТП с участием пешеходов связано с отсутствием безопасных условий для их движения, а принимаемые меры по повышению их безопасности носят эпизодический характер [2]. Данное обстоятельство напрямую свидетельствует о недостаточности существующих значений расстояний видимости на пешеходных переходах для обеспечения безопасности пешеходов, установленных СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89».



Рисунок 1 – Динамика ДТП с участием пешеходов на пешеходных переходах в РФ (2004–2013 гг.)

Треугольники видимости указанных размеров до настоящего времени строятся исходя из условия равенства времени требуемого для остановки транспортного средства и времени выхода пешехода на проезжую часть по методике предложенной еще Д.П. Великановым в 1960-х гг. Действующие нормативные значения треугольников видимости определены для движения транспортных средств по крайнему правому ряду. Но в современных условиях крайний правый ряд проезжей части часто используется для стоянки (парковки) транспортных средств, и поэтому применение действующих нормативных значений треугольников видимости не позволяет обеспечить безопасность пешеходов.

Литература:

1. Баршев, В. Ход пешком [Электронный ресурс] // Российская газета, выпуск от 07 ноября 2013 г. – Режим доступа: [www.rg.ru/2013/11/07/peshehody.html](http://www.rg.ru/2013/11/07/peshehody.html).

2. Госавтоинспекция МВД России [Электронный ресурс] / Официальный сайт. – Режим доступа: [www.gibdd.ru](http://www.gibdd.ru).

УДК 656.051:[351.811.122:625.712.34]

## Совершенствование мероприятий по обеспечению условий видимости в зоне нерегулируемых пешеходных переходов. 2

Енина Е.И.

ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»,  
(НИИАТ, Москва)

Согласно исследованиям оценки времени реакции водителя на появление пешеходов у переходов водитель автомобиля, подъезжая к переходу, успевает определить состав и количество пешеходов, затрачивая на анализ действий пешеходов около 1,0...4,4 с. Указанное время реакции выходит за принятые в нашей стране и повсеместно используемые экспертами-техниками границы в 1,0...2,0 с!

Количество получаемой информации от пешеходов на переходе можно определить как:

$$I_{\text{в}} = -\log_2 p_{k(i,j)} = -\log_2 \left[ \frac{k!}{i! j! (k-i-j)!} (p_1^i p_2^j (1-p_1-p_2)^{k-i-j}) \right],$$

где  $p_{k(i,j)}$  – вероятность, что перехода ожидают  $k$  человек, из них:  $i$  – детей (до 14 лет),  $j$  – людей среднего возраста (до 60 лет),  $k-i-j$  – пожилых;

$p_{k(i,j)}$  – закон распределения состава пешеходов у перехода;

$k = 0, 1, \dots, m_i$ , чел.;  $i = 0, 1, \dots, k_i$ , чел.;  $j = 0, 1, \dots, k-i$ , чел.

Поэтому представляется целесообразным уточнить действующие отечественные нормы видимости пешеходных переходов для водителей на подходах к пешеходным переходам. Для обеспечения возможности своевременной остановки транспортного средства перед пешеходным переходом, необходимая видимость у перехода должна соответствовать остановочному пути транспортного средства, состоящему из расстояния, пройденного за время обработки информации (реакции водителя) и длины тормозного пути транспортного средства (таблица 1).

Полученные значения позволяют определять необходимые требования по обеспечению видимости на пешеходных переходах для водителей транспортных средств, а также рассчитать примерное время реакции водителя при проведении автотехнической экспертизы ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе, если в момент наезда переход осуществлялся группой пешеходов.

Таблица 1 – Видимость пешеходных переходов в зависимости от числа пешеходов в группе и времени обработки информации поступающей от них

Число пешеходов в группе у пешеходного перехода, чел.	Время обработки информации, с	Расчетная скорость движения, км/ч	Необходимая видимость в зависимости от сцепления $\varphi$ , м				
			$\varphi = 0,3$	$\varphi = 0,4$	$\varphi = 0,5$	$\varphi = 0,6$	$\varphi = 0,7$
1	1,0	60	73	59	51	45	41
2	1,5		82	68	59	53	49
3	2,0		90	76	67	62	58
5	3,0		107	93	84	78	74
8	4,4		130	116	107	102	98

УДК 629.113

### Моделирование поведения пассажира при фронтальном столкновении автомобиля с помощью пакета SIMMECHANICS

Туренко А.Н., Ужва А.В., Сергиенко А.В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Безопасность автомобиля является одним из основных направлений исследований в автомобилестроении. Автомобильная промышленность разрабатывает новые средства активной и пассивной безопасности и методы повышения безопасности пассажиров. Для уменьшения материальных затрат на разработку и тестирование систем безопасности целесообразно использовать математическое моделирование аварий. Это необходимо для ранней оценки реакций системы безопасности на воздействие условий соответствующих аварийным. На этапах разработки технического задания и эскизного проектирования оценку уровня безопасности рационально проводить при помощи аналитического моделирования. В области исследования пассивной безопасности автомобиля существует несколько концепций аналитического моделирования движения пассажира во время аварии. В работе [1] описана модель, в которой пассажир представлен в виде одной массы. В [2] – двухмассовые модели. При этом необходимо отметить, что наилучшие результаты дает трехмассовая модель в которой пассажир представлен в виде системы трех масс (рисунок 1) она позволяет точно определить силы воздействующие на голову, грудь и бедра человека в процессе аварии. Трехмассовая модель может с успехом использоваться для определения оптимального времени активации систем подушек безопасности и натяжителей ремней, времени наполнения подушек безопасности, оптимальных геометрических параметров расположения

креплений ремней безопасности и посадки пассажира.

При своих достоинствах трехмассовая модель является наиболее сложной для численного решения, требует сложных математических преобразований и по причине этого редко применяется. Было осуществлено моделирование с помощью библиотеки SimMechanics пакета Simulink, предназначенной для моделирования пространственных движений твердотельных машин и механизмов. Это позволило значительно упростить задачу о трехмассовой модели. Представленная модель SimMechanics полностью учитывает все взаимосвязи, геометрические и массовые характеристики системы. SimMechanics автоматически преобразует это структурное изображение во внутреннюю, эквивалентную математическую модель. К модели прикладывается внешняя сила эквивалентная возникающей при аварийной ситуации.

Модель позволяет оценить возникающие при аварийной ситуации замедления и перемещения тела в зависимости от времени. SimMechanics не только позволяет получить значения сил действующих во время моделирования, но и выводит в режиме реального времени графическое отображение моделируемой системы, что позволяет легко контролировать процесс моделирования и обнаруживать ошибки. Моделирование трехмассовой системы тел в пакете SimMechanics позволило получить решение задачи. Дальнейшее развитие трехмассовой модели планируется путем верификации с экспериментальными данными и моделирования ограничения усилий ремней безопасности.

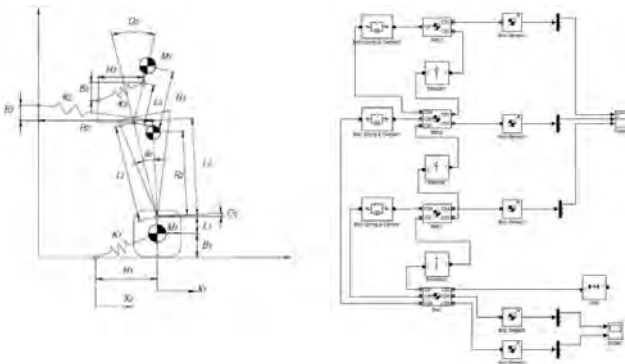


Рисунок 1 – Трехмассовая модель: кинематическая схема и модель SimMechanics

#### Литература:

1. Бохонский, А.И. Моделирование движения пассажира при столкновении автомобиля с преградой / А.И. Бохонский, А.П. Фалалеев // Вісник СевНТУ. – 2010. – № 106. – С. 25–29.



2. Хуанг, М. Vehicle crash mechanics/ М. Хуанг. – Ассоциация автомобильных инженеров США, 2002. – 480 с.

УДК 656.13

### **Транспортная утомляемость и выбор способа передвижения пассажирами при передвижении в пригородном сообщении**

Григорова Т.М.

Военная академия, г. Одесса

Важнейшей задачей повышения эффективности функционирования пассажирских транспортных систем является определение технологических параметров транспортного процесса [1]. Это актуально при организации процесса перевозки пассажиров в пригородном сообщении, поскольку система организации транспортного обслуживания жителей пригорода находится в стадии реорганизации и не отвечает современным требованиям. На выбор способа передвижения существенно влияет транспортная утомляемость пассажиров, которая объективно существует во время и после любого передвижения [1]. Она выражается во временном расстройстве функций нервных клеток коры головного мозга, что распространяется и на другие системы организма и определяет работоспособность человека [2]. Утомление определяется изменением функционального состояния человека [3]. Функциональное состояние – это комплекс имеющихся характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение трудовой деятельности [2]. Любой вид деятельности человека приводит к утомлению. Транспортный процесс также негативно сказывается на характеристиках жизнедеятельности пассажиров. Во время поездки пассажиры тратят время на ее осуществление. В процессе передвижения пассажир устает, что приводит к снижению его выработки на основном производстве. Величина выработки определяется функциональным состоянием пассажира в момент его прибытия на работу. На изменение функционального состояния существенное влияние оказывают затраты времени на передвижение и осуществление поездки. Зависимость между регулярностью движения и длиной маршрута является сложной и многофакторной. Оценить данное влияние и решить поставленную задачу можно путем разработки комплекса моделей, позволяющих исследовать влияние различных факторов на параметры перевозки пассажиров. Это позволит, оказывая воздействие на время ожидания и время движения в транспорте, влиять на результат выбора пассажирами способа передвижения при перемещении в пригородном сообщении.

### Литература:

1. Доля В.К. Пасажирські перевезення / В.К. Доля. – Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. – 504 с.
2. Руководство по физиологии труда / под ред. проф. М.И. Виноградова. – М.: Медицина, 1969. – 408 с.
3. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха / под ред. В.И. Медведева. – Л. Наука, 1984. – 140 с.

УДК 656

### **Обеспечение требуемой надёжности нежестких дорожных одежд при применении местных и привозных каменных материалов с учётом приемлемых условий движения транспортных средств на автомобильных дорогах Литвы**

Петкявичюс К.<sup>1</sup>, Булявичюс М.<sup>2</sup>, Петкявичюс Р.<sup>3</sup>, Петкявичюс Э.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса,

<sup>2</sup>АО «Проблематика», <sup>3</sup>Дирекция автомобильных дорог Литвы,

<sup>4</sup>АО «Летувос Гележинкеляй»

Наши исследования показали, что для надёжной работы дорог различных категорий с асфальтобетонным покрытием (в климатических условиях Литвы) необходимы следующие значения начального коэффициента прочности дорожных одежд  $K_{np}$ : для автомагистралей  $K_{np} = 1,5-1,6$ , для дорог I технической категории  $K_{np} = 1,4-1,5$ , II категории –  $K_{np} = 1,3-1,4$ , III категории –  $K_{np} = 1,2-1,3$ , IV категории –  $K_{np} = 1,1-1,2$ , V категории –  $K_{np} = 1,05-1,1$ . В конце межремонтного срока дорожных одежд, обычно составляющего не менее 8–10 лет, прочность дорожных одежд (по значению коэффициента прочности  $K_{np}$ ) должна быть не менее: для автомагистралей  $K_{np} = 1,00-1,05$ , для дорог I технической категории  $K_{np} = 0,95-1,00$ , II и III категории –  $K_{np} = 0,90-0,95$ , IV категории –  $K_{np} = 0,85-0,90$ , V категории –  $K_{np} = 0,80-0,85$  [1, 2]. Для обеспечения необходимой прочности дорожных одежд устраиваемых и реконструируемых автомобильных дорог необходимо применять минеральные материалы требуемого качества, предназначенные для устройства конструктивных слоёв дорожных одежд. Исследования привозного гранитного щебня, выполненные многими авторами, убедительно доказали, что его качество в большинстве случаев соответствует предъявляемым требованиям. Наши исследования показали, что добываемый в Литве доломитовый щебень также соответствует требованиям нормативных документов. Мы провели параллельные исследования физико-механических показателей (устойчивости, пластичности и остаточной пористости по Маршаллу) мелкозернистого асфальтобетона марки 0/11 S-V,

предназначенного для устройства верхних слоёв покрытий автомобильных дорог с интенсивным движением транспортных средств, приготовленного на основе гранитного и доломитового щебня, а также параллельные исследования физико-механических показателей гранитного и доломитового щебня и убедились, что значения физико-механических показателей обоих видов асфальтобетона (также гранитного и доломитового щебня) соответствовали требованиям нормативных документов. Значения показателей свойств обоих видов асфальтобетона (также гранитного и доломитового щебня) отличались весьма незначительно. Поэтому полагаем, что применяемый для устройства верхних слоёв дорожных одежд привозной гранитный щебень частично можно заменить местным доломитовым щебнем, особенно при устройстве асфальтобетонных оснований и таким образом удешевить устройство дорожных одежд. При соблюдении намеченной прочности (по значению коэффициента прочности  $K_{пр}$ ) устраиваемых нежёстких дорожных одежд будет обеспечена не только требуемая надёжность одежд, но и приемлемые условия движения (по скорости и комфортности) транспортных средств на автомобильных дорогах в течение всего межремонтного срока дорожных одежд.

#### Литература:

1. Петкявичюс, К. Исследования состояния асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог и применение их результатов: обзор научных работ, предъявляемых на габилитационной процедуре // Технологические науки, инженерия строительства (02Т). – Вильнюс: Техника, 2008. – 40 с. (на лит. яз.).

2. Петкявичюс, К. Functioning Conditions and Required Properties and State of Asphalt Concrete Pavement of Motor Roads and their Construction // Строительная наука и техника. – 2008. – № 4(19). – С. 28–31.

УДК 656

#### **Обеспечение надёжности и удобства движения транспортных средств на автомобильных дорогах Литовской Республики**

Петкявичюс К.<sup>1</sup>, Петкявичене Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса,

<sup>2</sup>Литовский эдукологический университет

Основная цель и назначение автомобильных дорог сводится к тому, чтобы обеспечить безопасное движение транспортных средств (с близкой к допустимой скоростью их движения) при удобной и надёжной перевозке пассажиров и надёжной перевозке грузов. Для этой цели основные (магистральные и краевые) дороги Литвы должны иметь достаточно

ровное покрытие (согласно международному показателю ровности  $IRI$ , ровность их покрытия  $Y_{IRI}$  должна составлять  $Y_{IRI} \leq 2,0$  м/км) и достаточно прочную дорожную одежду (значение коэффициента прочности дорожной одежды  $K_{пр}$  должно составлять  $K_{пр} \geq 1,0$ ). При этом уровень повреждения (дефектности) дорожного покрытия  $D$  должен не превышать 5 % поврежденной площади покрытия. Указанные условия обеспечивает только 45–50% длины магистральных дорог (их общая длина составляет 1750 км). Остальные государственные дороги, общая длина которых достигла 19 575 км, указанным условиям не отвечают.

Покрытие автомагистралей Литвы должно быть ещё более ровным и по показателю ровности  $IRI$  составлять  $Y_{IRI} \leq 1,55$  м/км [1]. Неотложной задачей государства является (в первую очередь) обеспечить удобство (пригодные условия) езды на всех магистральных и краевых (их длина составляет 4948 км) дорогах страны. Этими свойствами дороги должны обладать достаточно длительное время – весь нормативный или намеченный (проектный) межремонтный срок. В конце межремонтного срока ровность дорожного покрытия и/или прочность дорожной одежды уменьшаются настолько, что они начинают не соответствовать указанным требованиям, и дороги теряют способность обеспечить удобство езды. Утерянные свойства дорожного покрытия ( $Y_{IRI} \leq 2,0$  м/км) и одежды ( $K_{пр} \geq 1,0$ ) восстанавливаются средствами ремонта. При запаздывании принятия ремонтных мер покрытия и дорожных одежд, ровность покрытия (по показателю  $Y_{IRI}$ ) ухудшается до значения  $Y_{IRI} > 2,0$  м/км, а прочность дорожных одежд (по показателю  $K_{пр}$ ) – до значения  $K_{пр} < 1,0$ . В этом случае автомобильные дороги (или отдельные их участки) теряют способность обеспечить удобство езды. При этом уменьшается скорость движения транспортных средств, и движение становится экономически менее выгодным. Кроме указанных мер, путем принятия рациональных проектных, организационных и других решений, а также – путем рационального размещения инженерного оборудования, на автомобильных дорогах обеспечивается безопасное и удобное движение транспортных средств. При этом следует обеспечить надлежащее качество придорожного сервиса. В Литве для этой цели возле дорог имеется 348 площадок отдыха с местами для стоянки автомобилей. Наши исследования показали, что объектами придорожного сервиса вполне обеспечены только магистральные дороги. На всех дорогах не хватает обзорных площадок для осмотра привлекательных видовых мест. Многие объекты придорожного сервиса размещены очень близко дорог. Со временем эти объекты целесообразно переместить на расстояние, не меньшее чем 330–

350 м от дорог, чтобы обеспечить кратковременный отдых пассажиров вне зоны существенного загрязнения придорожной полосы.

#### Литература:

1. Петкявичюс, К. Управление качеством автомобильных дорог в Литовской Республике / К. Петкявичюс, М. Булявичюс // Наука – образованию, производству, экономике: Материалы Девятой международной научно-технической конференции. – Том 3. – Минск: БНТУ, 2011. – С. 92.

УДК 656

### **Состояние дорожного асфальтобетонного покрытия, влияющее на скорость движения транспортных средств и определяющие ее факторы**

Петкявичюс К.<sup>1</sup>, Петкявичюс Э.<sup>2</sup>, Петкявичюс Р.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса,

<sup>2</sup>АО «Летувос Гележинкеляй», <sup>3</sup>Дирекция автомобильных дорог Литвы

Состояние дорожного асфальтобетонного покрытия, определяемое его ровностью и степенью их разрушения  $D$  (выражаемой в доле повреждённой площади покрытия), в основном зависит от условий функционирования покрытия и дорожных одежд. Условия функционирования дорожных одежд зависят от условий движения транспортных средств (интенсивности и состава движения, а также от осевых нагрузок транспортных средств), от условий местности (уровня грунтовых вод, вида местного грунта, условий увлажнения) и от характеристик материалов слоёв дорожных одежд (прочностных и других свойств материалов, степени их уплотнения, толщины слоёв, ровности укладки слоёв и др.), а также от климатических условий местности (длительности периода с отрицательной температурой, количества переходов температуры через отметку  $0^{\circ}\text{C}$ , длительности периода весенней и осенней распутицы, длительности тёплого периода, количества дней с температурой воздуха  $+30^{\circ}\text{C}$  и выше, глубины промерзания грунтов и других факторов – в течение одного года и всего срока службы дорожных одежд). На состояние дорожного асфальтобетонного покрытия в Литве и соседних странах указанные факторы влияют очень сложным образом: это влияние по-разному сказывается в различные периоды (времена) года (летом, осенью, зимой и весной), в разное время суток (утром, днём, вечером, ночью), при разных погодных условиях (при солнечной, пасмурной, дождливой и снежной погоде). Поскольку в одно и то же время на покрытие и дорожную одежду влияет несколько различных факторов, то влияние каждого из них в отдельности определить очень сложно. Состояние дорожного покрытия и

дорожных одежд со временем ухудшается под общим влиянием всех указанных факторов. Для определения влияния на состояние дорожного асфальтобетонного покрытия каждого из отдельных факторов необходимо провести сложные эксперименты. Однако проведенные нами исследования, а также исследования многих других авторов, указывают на то, что в современных условиях эксплуатации автомобильных дорог решающее влияние на состояние дорожного асфальтобетонного покрытия и дорожных одежд важнейших автомобильных дорог имеет движение тяжёлых транспортных средств. Состояние дорожного асфальтобетонного покрытия имеет прямое влияние на скорость движения транспортных средств: при степени разрушения покрытия автомагистралей  $D > 8\%$ , скорость движения потока транспортных средств на крайней полосе движения уменьшается с  $v = 97,3$  км/ч до  $v = 93,1$  км/ч, т. е. на 4,2 км/ч.

УДК 347.343.346:613.81

**Обратная сила норм об усилении мер уголовной ответственности за деяния, связанные с управлением транспортными средствами в состоянии опьянения**

Сахарчук А.И.

Белорусский государственный университет

Вступившим в силу с 24 октября 2013 г. Законом от 12 июля 2013 г. № 60-З «О внесении изменений и дополнений в некоторые кодексы Республики Беларусь по вопросам усиления мер ответственности за управление транспортным средством в состоянии опьянения» (далее – Закон) серьезно изменилась законодательная оценка деяний, связанных с управлением транспортными средствами в состоянии опьянения (ст. 3171 Уголовного кодекса Республики Беларусь; далее – УК). Это выразилось как в расширении объема уголовно-правового запрета, так и в его наказуемости. Так, в ч. 2 ст. 3171 УК в новой редакции путем замены слов «лицом, ранее судимым за преступление, предусмотренное настоящей статьей» словами «лицом, ранее совершившим преступление, предусмотренное настоящей статьей» квалифицирующий признак специального рецидива был заменен признаком однократной повторности. За счет введения более строгих и исключения более мягких видов наказаний, введения обязательного дополнительного наказания в виде штрафа, увеличения минимальных и максимальных сроков наказания гораздо строже стали санкции ч. 1 и ч. 2 ст. 3171 УК. Одна из новелл, доселе вовсе не присущих отечественному уголовному закону, состоит в установлении в ч. 6 ст. 61 УК правила о специальной конфискации

независимо от права собственности транспортного средства, которым управляло лицо, совершившее преступление, предусмотренное статьей 3171 УК. Более строгий подход был реализован в Законе также в диспозициях и санкциях ст. 18.16 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях (КоАП), предусматривающих ответственность за управление транспортным средством лицом, находящимся в состоянии опьянения, передачу управления транспортным средством такому лицу либо отказ от прохождения проверки (освидетельствования) как административных правонарушений.

Конструктивным признаком состава преступления, описанного в ч. 1 ст. 3171 УК, является административная преюдиция: преступлением признается управление транспортным средством лицом, находящимся в состоянии алкогольного опьянения или в состоянии, вызванном потреблением наркотических средств, психотропных веществ, их аналогов, токсических или других одурманивающих веществ, либо передача управления транспортным средством такому лицу, а равно отказ от прохождения в установленном порядке проверки (освидетельствования) на предмет определения состояния алкогольного опьянения либо состояния, вызванного потреблением наркотических средств, психотропных веществ, их аналогов, токсических или других одурманивающих веществ, совершенные в течение года после наложения административного взыскания за такие же нарушения. В переходный период с момента принятия данных нововведений до вступления Закона в силу возник вопрос, можно ли привлечь к ответственности по ч. 1 ст. 3171 УК лицо, совершившее запрещенное ей деяние, имея административное взыскание за аналогичное нарушение, наложенное до 24 октября 2013 г., т.е. до введения Закона в действие. На этот счет были высказаны различные суждения. Одни криминалисты считали это невозможным, обосновывая недопустимостью придания обратной силы нормам, ухудшающим положение лица. Другие придерживались противоположного мнения, не усматривая здесь поправки постулатов о действии уголовного закона во времени. Формирующаяся с 24 октября 2013 г. судебная практика пошла по пути применения положений Закона к деяниям, совершенным лицами, имеющими административное взыскание по ст. 18.16 КоАП, наложенное и до 24 октября 2013 г., но не более одного года ко дню повторного нарушения. Представляется, такой подход не соответствует основным правилам действия закона во времени, не допускающим поворот к худшему для лица, допустившего нарушение до вступления в силу вводящих или усиливающих ответственность изменений законодательства. В соответствии с ч. 1 ст. 9 УК преступность и наказуемость деяния определяются законом, действовавшим во время совершения этого

деяния. Закон, устанавливающий преступность деяния, усиливающий наказание или иным образом ухудшающий положение лица, совершившего это деяние, обратной силы не имеет (ч. 3 ст. 9 УК). Это следует из положения Конституции Республики Беларусь, в ч. 6 ст. 104 которой прямо определено, что закон не имеет обратной силы, за исключением случаев, когда он смягчает или отменяет ответственность граждан. Однако сейчас наблюдается иная ситуация, когда лицо за совершенное деяние привлекается к уголовной ответственности по более строгому Закону, вступившему в силу после имевшего место факта наложения взыскания за административное правонарушение (ст. 18.16 КоАП), являющегося обязательным условием привлечения к уголовной ответственности по ч. 1 ст. 3171 УК. Могла ли к лицу, привлеченному к ответственности по ст. 18.16 КоАП и совершившему в течение года, но до 24 октября 2013 г., аналогичное нарушение быть применена по ст. 3171 УК, например, специальная конфискация транспортного средства? Отрицательный ответ очевиден, ведь эта мера может быть применена лишь со дня вступления Закона в силу.

УДК 656

### **Организация дорожного движения – составная часть проектов планировки городов и районов**

Капский Д.В.<sup>1</sup>, Глик Ф.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, <sup>2</sup>УП «Минскград»

Организация дорожного движения (ОДД) – неотъемлемая составляющая проектов транспортной планировки городов и районов. К сожалению, в нашей стране она до сих пор включается в состав работ, входящих в дорожную деятельность по содержанию автомобильных дорог и улиц. Поэтому проблемы ОДД не рассматриваются на должном уровне с точки зрения необходимой регламентации, учета и контроля. Вместе с тем невозможно отрицать всю важность четкой и рациональной ОДД, которая направлена в конечном итоге на совершенствование транспортной системы освоенной территории (повышение скоростей и безопасности сообщения, сокращение числа аварий, заторов и др.). По данным специалистов Российской Федерации уровень потерь, возникающий от несовершенной ОДД, огромен и сопоставим с потерей 8 % ВВП. Считалось, что ОДД заключается только в разработке схем (проектов) по расстановке дорожных знаков, нанесению дорожной разметки и устройству светофорных объектов. ОДД должна рассматриваться на уровне территориально-транспортного планирования городов и районов. Ведь реализация всего спектра мероприятий по ОДД на какой-либо



сложившейся территории может реально повысить пропускную способность улиц (как показывает опыт городов Российской Федерации) до 30 % без вложения существенных инвестиций. Это возможно за счет рационального светофорного регулирования, исключения левоповоротного движения, устройства т.н. «карманов» для остановок наземного маршрутного пассажирского транспорта, уширения перекрестков на пересечениях с магистральными улицами, строительства подземных пешеходных переходов в разных уровнях, ликвидации и упорядочивания парковок автомобилей на проезжей части магистральных улиц и др. Учет принципов и положений ОДД в градостроительном проектировании, особенно в проектах детального плана районов города, полагаем обязательным. Так, распределение транспортных потоков в узлах дорожной сети на основе прогнозирования спроса на поездки населения и грузоперевозки, повышения скоростей сообщения и привлекательности маршрутного пассажирского транспорта и др. во многом решается именно с помощью ОДД. Повышение качества ОДД обеспечивает требуемую пропускную способность дорожной сети наряду с ее развитием, совершенствование парковочной политики и рациональное использование парковочного пространства, оптимальное управление светофорными объектами. С помощью наилучшей ОД транспорта и пешеходов формируются и новые положительные стереотипы поведения участников дорожного движения, а места притяжения населения становятся более доступными, следовательно, и более привлекательными. Отношение к роли ОДД можно изменить, в первую очередь, за счет разработки и введения нормативных документов по составу и содержанию проектов, а также по выделению специальных субсидий, для выполнения предпроектных научно-исследовательских работ.

УДК 681.523.5

### **Системы автоматической парковки как средство повышения безопасности на дорогах цивилизованных стран**

Леонтьев Д.Н., Фролов А.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Вопрос паркования автомобилей на тесных улочках является одним из активно обсуждаемых. Его решение представляет собой сложный алгоритмический процесс, который связан с действиями водителя и возможностями электронно-аппаратной части системы парковки. Решение водителя «припарковать свой автомобиль» реализовано в виде автоматизированной системы, которая включается в работу по желанию

водителя при сочетании двух основных условий: малая скорость движения (до 30 км/ч) и свободное место для парковки. Последнее является важным моментом, так как именно наличие места для парковки и геометрические параметры автомобиля определяют возможности системы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Система паркования автомобиля: а) выбор места для паркования; б) – дисплей работы алгоритма паркования

Возможности систем парковки на сегодняшний день не безграничны, поэтому водитель обязан участвовать в этом процессе. Прежде чем включить систему парковки он должен выровнять автомобиль параллельно месту парковки и обязан不折不扣 выполнять указания системы о совершении маневров. В случае если система обнаружит свободное место для парковки (длина автомобиля плюс 0,8-1,4 м в зависимости от алгоритма работы системы парковки), на дисплее появится команда для водителя о прекращении движения, а также команда о включении задней передачи. При выполнении водителем указанных команд система парковки перенимает управление на себя и независимо от водителя корректирует положение управляемых колес, посредством электроусилителей руля. Водителю остается только плавно нажать на педаль «газа», чтобы автомобиль смог начать движение задним ходом. Электроусилитель в процессе движения автомобиля будет самостоятельно вращать руль. В случае возникновения препятствия на опасном расстоянии от автомобиля система парковки в виде звуковых и световых сигналов информирует водителя о немедленном прекращении дальнейшего движения и водитель不折不扣 обязан их выполнить. Оценив вероятные варианты движения в таких случаях, система корректирует положение управляемых колес и предлагает водителю проехать вперед; водитель опять обязан подчиниться. Так за одно или несколько подчинений водителя системе автомобиль «втиснется» в такое пространство, куда бы сам водитель без наличия опыта въехать не сможет. Эти системы активно развиваются. Верх инженерного совершенства – автоматические системы парковки, которые способны включать заднюю

или переднюю передачу, а также могут корректировать подачу топлива. В таких системах водителю остается только изъявить желание припарковаться, выбрав опцию «парковаться».

УДК 656.072.2

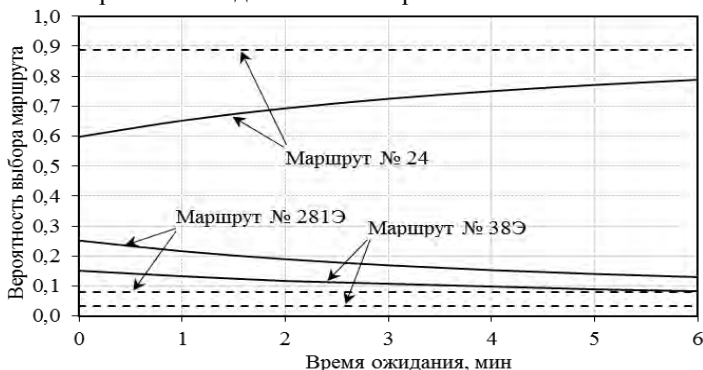
### **Экспериментальное исследование вероятности выбора пассажиром маршрута следования**

Нефедов Н.А., Альберт Авуа Дж.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Одной из основных задач совершенствования системы городского пассажирского транспорта (ГПТ) является задача определения (или прогнозирования) загрузки маршрутов по перегонам. Существующие подходы к решению данной задачи – детерминированные и стохастические, – приводят к решениям, характеризующимся большой погрешностью. Основным недостатком всех используемых расчетных моделей является статичность предпосылок, на которых они построены, что выражается в неизменности выбора маршрута передвижения (в детерминированных моделях) или вероятностей выбора альтернативных маршрутов передвижения (в вероятностно-статистических моделях). Нами выдвинута гипотеза о том, что предпочтения пассажира относительно привлекательности какого-либо из альтернативных маршрутов, которым он может воспользоваться для осуществления поездки, изменяется в зависимости от фактического времени ожидания им ГПТ на остановке. Для ее проверки проведено анкетирование 90 респондентов, распределенных по социальным группам следующим образом: студенты – 50 чел., рабочие – 25 чел., служащие – 15 чел. в возрасте от 20 до 54 лет. Для маршрутов, у которых начальная вероятность больше предельной, с увеличением фактического времени ожидания пассажиром ГПТ на остановке их привлекательность, оцениваемая вероятностью выбора пассажиром именно этого маршрута, уменьшается (см. рисунок 1). Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что существует функциональная взаимосвязь между фактическим временем ожидания пассажиром ГПТ на остановке и вероятностью выбора им одного из альтернативных маршрутов передвижения. Выявленная и формализованная с помощью методов регрессионного анализа количественная характеристика такой взаимосвязи характеризуется нелинейностью и немонотонностью, что указывает на необходимость корректировки существующих методов прогнозирования распределения

пассажиропотока между альтернативными маршрутами с учетом фактического времени ожидания пассажиром ГПТ на остановке.



..... – предельная вероятность выбора пассажиром маршрута передвижения;  
 — – вероятность выбора пассажиром маршрута передвижения

Рисунок 1 – Изменение вероятности выбора пассажиром маршрута передвижения в зависимости от фактического времени ожидания на остановке

УДК 656:681.518.5

### Общий вид диагностической модели в рамках концепции транспортной диагностики

Горяинов А.Н.

Харьковский национальный технический университет  
 сельского хозяйства им. П.Василенко

Применение концепции транспортной диагностики подразумевает использование диагностических моделей. В работе [1] предложено разделять понятия «диагностическая модель» и «модель объекта диагностирования». Основываясь на [2, с. 52], предлагается общий вид диагностической модели ( $DM$ ) в рамках транспортной диагностики представить следующим образом:

$$DM = \{M_{OD}, K_N, PR_N, M_{PR}\}, \quad (1)$$

где  $M_{OD}$  – модель объекта диагностирования;

$K_N$  – классификация возможных недостатков;

$PR_N$  – наблюдаемые признаки недостатков;

$M_{PR}$  – методы выявления признаков.

Следует учитывать, что диагностическая модель не стремится моделировать систему диагностирования. Диагностическая модель является только определенной частью системы диагностирования. Общие виды

моделей диагностирования в рамках систем транспорта приведены в [1, с. 185-186]. Остальные составляющие представленной диагностической модели требуют отдельных исследований. Основой для таких исследований следует принимать технологические процессы на транспорте. Зная классификации транспортных процессов и технологий, можно выделить признаки и недостатки их реализации. Полезной будет работа [3].

#### Литература:

1. Горяинов, А.Н. Транспортная диагностика. Книга 1: Научные основы транспортной диагностики (диагностический подход в системах транспорта): монография / А.Н. Горяинов. – Харьков: НТМТ, 2014. – 291 с.

2. Федотов, А.В. Основы теории надежности и технической диагностики / А.В. Федотов, Н.Г. Скабкин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 64 с.

3. Пустохина, И. Управление цепями поставок: проблемы, их причины и пути решения / И. Пустохина // Логистика. – 2013. – № 10. – С. 35–37.

УДК 656.025.4

### **Пути снижения энергоемкости транспортного процесса**

Любый Е.В., Пономарева Н.В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

В период всеобщей глобализации дальнейшее развитие экономики страны невозможно представить без хорошо налаженного транспортного обслуживания. Энергосбережение и энергоэффективность приобретают особую актуальность для общего повышения экономической эффективности транспорта, уменьшения его негативное воздействие на окружающую среду, обеспечение высоких социальных стандартов транспортных услуг.

Проектом Энергетической стратегии Украины до 2030 г. предусматривается приведение показателей энергетической эффективности всех областей национальной экономики, включая транспорт, до уровня соответствующих показателей Европейского Союза и других промышленно развитых стран. Комплексная государственная программа энергосбережения Украины определяет приоритеты государственной политики в сфере энергосбережения, энергоэффективности, использования нетрадиционных источников энергии.

Транспортный комплекс тесно связан практически со всеми сферами производства и социальной сферы, и поэтому тенденции развития транспорта неразрывны с общей динамикой экономического развития Украины. С другой стороны, транспорт, как и некоторые другие сферы экономики, до сих пор имеет много унаследованных от бывшего СССР проблем, таких как нерациональная структура и высокая энергоемкость. В

целом транспортный комплекс Украины использует более трети общего потребления нефтепродуктов и 5 % общего потребления электроэнергии в Украине. При всем разнообразии условий и специфики работы различных сфер транспортного комплекса эффективность использования энергетических ресурсов в общем случае является достаточно низкой.

Для снижения энергопотребления на автомобильном транспорте предусматривается осуществление мероприятий по оптимизации дорожного движения, совершенствование структуры автотранспорта через техническое регулирование и введение стимулирующих механизмов экономического характера, использование альтернативных видов топлива, применение энергосберегающих технологий обслуживания и ремонта подвижного состава, а также внедрения организационно-технологических мероприятий, которые позволят уменьшить энергоемкость предоставления транспортной услуги и, как следствие, максимизировать общую прибыль предприятия.

В области содержания автомобильных дорог главными мероприятиями по повышению энергоэффективности является оптимизация развития дорожного хозяйства с приоритетностью для путей общего пользования, распространением использования новых технологий и материалов при строительстве, ремонте и содержании автодорог, а также снижение энергозатрат в технологических процессах по производству материалов.

УДК 656.13

### **Время ожидания загрузки транспортного средства**

Горбачев П.Ф., Макаричев А.В., Кузло Н.В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Ряд работ посвящен изучению параметров, которые оказывают влияние на эффективность автотранспортного предприятия. В [1] среднее расстояние перевозки, нулевой пробег транспортных средств и порожний пробег рассматриваются как основные показатели, снижение значений которых позволит обеспечить экономию средств транспортного предприятия. В [2] впервые время ожидания загрузки транспортного средства выделено в качестве значимого показателя, который влияет на экономические составляющие прибыли предприятия. Проблема простоя автомобиля в ожидании загрузки приобретает особую актуальность при выполнении междугородных перевозок: ведь в большинстве случаев обслуживание заказчиков транспортных услуг имеет разовый характер. Выполнение пустого обратного рейса приводит к значительным убыткам предприятия. Поэтому определение времени ожидания загрузки является важной задачей, решение которой позволит повысить эффективность

автомобильных грузовых перевозок в целом. Для получения аналитической оценки среднего времени простоя всю ось времени прибытия автомобиля в пункт загрузки можно условно разделить на промежутки, в которых чередуются интервалы времени с наличием в этом пункте заявок на перевозку, с интервалами времени ожидания, в которых заявки отсутствуют.

Математическое ожидание периода существования  $M(Y_i)$  и отсутствия  $M(X_i)$  заявок на перевозку можно представить следующим образом

$$M(Y_i) = m_y, M(X_i) = m_x, \quad (1)$$

где  $m_y, m_x$  – среднее значение интервала времени, на котором заявки на перевозку существуют или соответственно отсутствуют.

Исходя из этого, стационарную вероятность того, что за период  $X_i$  не поступит ни одной заявки, обозначим  $P_0$ .

$$P_0 = m_y / (m_x + m_y). \quad (2)$$

Вероятность получения перевозчиком заявки за период  $Y_i$  будет равной  $P_1$ .

$$P_1 = m_x / m_x + m_y. \quad (3)$$

Учитывая вероятность получения или неполучения перевозчиком заявки, время ее ожидания будет иметь распределение  $F_{\text{ож}}(x)$ .

$$F_{\text{ож}}(x) = P(Z \leq x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ P_1 + P_0 \cdot \frac{1}{m_0} \int_0^x (1 - F(t)) dt, & x > 0; \\ P_1, & x = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где  $Z$  – случайная величина времени ожидания получения заявки перевозчиком;  $F(t)$  – функция распределения случайного времени ожидания при отсутствии заявок на перевозку.

Плотность времени простоя в ожидании загрузки будет определяться из следующего выражения

$$f_{\text{ож}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0; \\ P_0 \cdot \frac{1}{m} \cdot (1 - F(x)), & x > 0. \end{cases} \quad (5)$$

В таком случае среднее время ожидания получения заявки перевозчиком можно представить в следующем виде:

$$T_{\text{ож}} = M(Z) = P_0 \cdot \int_0^{\infty} x \cdot \frac{1}{m_x} \cdot (1 - F(x)) dx = P_0 \cdot \frac{1}{m_x} \cdot \int_0^{\infty} \frac{x^2}{2} dF(x) = P_0 \cdot \frac{M(X_i^2)}{2M \cdot X_i}. \quad (6)$$

Полученная зависимость (6) дает самую простую оценку среднего времени простоя в ожидании загрузки в сегменте разовых заявок рынка междугородных перевозок грузов. Подход, использованный при ее получении, является основой для расчета вероятностных характеристик прибыли от перевозок грузов на основании фактических параметров рынка и рационального планирования деятельности автотранспортных предприятий.

#### Литература:

1. Геронимус, Б.Л. Математические методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / Б.Л. Геронимус. – М.: Транспорт, 1972. – 102 с.
2. Аземша, С.А. Критерии оптимальности для маршрутизации магистральных автомобильных перевозок грузов с учетом разновременности отправок / С.А. Аземша, В.Н. Седюкевич // Материалы 2-й Междунар. науч.-техн. конф. «Наука – образованию, производству, экономике». – Минск: БНТУ, 2004. – Т. 1. – С. 279–281.

УДК 656.073.2

### **Теоретические основы для формирования парка подвижного состава транспортных объединений на конкурентных рынках городских пассажирских перевозок**

Нагорный Е.В., Мосьпан В.Н.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Предположим, что в зоне действия объединенного транспортного предприятия (ОТП) находится  $O$  остановочных пунктов,  $O = (o_1, o_2, o_3, \dots, o_s)$ , на которых функционирует  $K$  маршрутов городского пассажирского транспорта (ГПТ),  $K = (k_1, k_2, k_3, \dots, k_n)$ .

Принимая во внимание рекомендацию [1] отметим, что один маршрут обслуживается одним видом ГПТ. Тогда запишем матрицу закрепления маршрутов за остановочными пунктами  $\Omega$ , элементы которой  $w_{ko} = 1$ , если  $k$ -й маршрут включает в себя  $o$ -й остановочный пункт, и 0 в противоположенном случае.

Пусть вектор  $G$  – количество пассажиров, прибывающих на остановочные пункты в зоне действия ОТП за единицу времени.

$$G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_s\}. \quad (1)$$

Если элемент матрицы  $\Omega$   $w_{ko} = 1$ , то  $k$ -й маршрут потенциально обслуживает  $o$ -й остановочный пункт. В случае, когда остановочный пункт входит в состав нескольких маршрутов, пассажиры могут распределиться между ними. Зададим матрицу  $\Delta$ , элементы которой  $\delta_{ko}$



определяют долю, которую занимает  $k$ -й маршрут при обслуживании  $o$ -го остановочного пункта. Очевидно, что  $\delta_{ko} = 0$  при  $w_{ko} = 0$ , и  $\delta_{ko} \in [0, 1]$  при  $w_{ko} = 1$ .

Если известны объемы  $G$  и их распределения по маршрутам  $\Delta$ , то вектор  $Q$  значения объемов перевозки по маршрутам за единицу времени определим так:

$$Q = \Delta G. \quad (2)$$

Количество перевезенных пассажиров на  $k$ -м маршруте  $q_k$  составит

$$q_k = \sum_{k=1}^S \delta_{ko} \cdot g_k, \quad (3)$$

где  $g_k$  – количество пассажиров, прибывающих на остановочные пункты в зоне действия ОТП на  $k$ -м маршруте за единицу времени.

Однако закрепление остановочных пунктов за маршрутами зависит от предпочтений пассажиров. Если предпочтения по критерию скорости сообщения описываются функцией принадлежности  $\mu_v$ , то по критерию комфортабельности – функцией  $\mu_c$ , причем  $\mu_v \in [0, 1]$ ,  $\mu_c \in [0, 1]$ , то общие предпочтения пассажира можно выразить через нечеткое подмножество  $\mu$ , которое является комбинацией подмножеств  $\mu_v$  и  $\mu_c$ .

При определении общих предпочтений пассажира при выборе того или иного вида ТС целесообразно учитывать вероятность его выбора хотя бы по одному из вышеуказанных критериев.

$$\mu = 1 - (1 - \mu_v)(1 - \mu_c) = \mu_v + \mu_c - \mu_v \cdot \mu_c. \quad (4)$$

Главным условием при формировании парка подвижного состава ОТП является соответствие ТС выполняемой транспортной работе. Введем коэффициент, который показывает отношение потребной транспортной работы к выполняемой, т.е. отражает величину неравномерности пассажиропотока по участкам маршрутной сети  $\eta_n$ .

Далее возможно формирование ППС, исходя из пассажироместимости ТС. При решении данной проблемы целесообразно учитывать следующие факторы: неравномерность подхода пассажиров к остановочным пунктам на  $k$ -м маршруте,  $\vartheta_k$ ; базовый интервал движения ТС на  $k$ -м маршруте,  $I$ ; нормативное время оборота ТС на  $k$ -м маршруте,  $t_{обk}$ .

Необходимую пассажироместимость транспортного средства на  $k$ -м маршруте  $q_{нк}$  можно определить следующим образом:

$$q_{нк} = q_k \cdot \eta_n \cdot \vartheta_k \cdot I / t_{обk} \cdot 60. \quad (5)$$

Общее количество ТС в составе ОТП можно определить по формуле

$$A_{ОТП} = \sum_{k=1}^n q_k \cdot t_{обk} / \sum_{k=1}^n q_{нк} \cdot \gamma_{лк}. \quad (6)$$

Из (6) выделим потребное количество ТС для работы на  $k$ -м маршруте

$$A_k = q_k \cdot t_{обк} / q_{нк} \cdot \gamma_{лк} \cdot \quad (7)$$

Литература:

1. Haller, Ernst Friedrich: Verkehrsverbund Hamburg aus landespolitischer Sicht; in: Die Bundesbahn, 54. Jg. 9/1998. – S. 669.

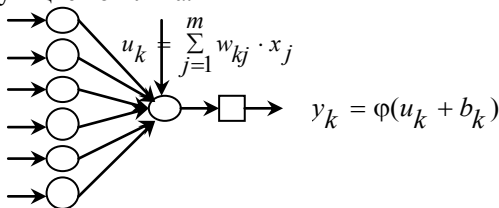
УДК 656.073.28

**Разработка нейросетевой модели прогнозирования параметров грузопотоков в городах**

Черепаша А.С.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Задача прогнозирования грузопотоков относится к классу задач прогнозирования спроса на перевозку грузов. Проблеме прогнозирования параметров спроса на грузовые перевозки посвящено большое количество работ. Для прогнозирования параметров грузопотоков предлагается комплексная модель на базе нейронных сетей с сигмоидальной логистической функцией отклика.



Условные обозначения:  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – значения входных сигналов;  $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$  – синаптические веса нейрона  $k$ ;  $u_k$  – линейная комбинация входных воздействий;  $b_k$  – значение порогового элемента;  $y_k$  – выходной сигнал нейрона;  $\phi(\cdot)$  – функция активации

Рисунок 1 – Модель искусственного нейрона для прогнозирования значения параметра грузопотока на заданный день недели

Поскольку функция активации имеет область значений (0,1), то при инициализации нейронов предварительно известные значения  $x_j, y_k$  и  $b_k$  кодируются таким образом, чтобы их значения находились в интервале между 0 и 1:

$$x'_j = \frac{x_j}{M_k}, j = 1 \dots m \quad y'_k = \frac{y_k}{M_k}, b'_k = \frac{b_k}{M_k} \quad (1)$$

где  $x'_j$ ,  $y'_k$  и  $b'_k$  – кодированные значения входящих сигналов, выходного сигнала, а также значения порогового элемента нейрона соответственно;

$M_k$  – коэффициент масштабирования для нейрона  $k$ :

$$M_k = 1 + \max_{j=1 \dots m} (x_j, y_k, b_k) \quad (2)$$

В качестве варианта сигмоидальной функции, принятого при разработке модели нейрона для прогнозирования параметров грузопотока, использована логистическая функция активации:

$$y'_k = \frac{1}{1 + \exp(-a_k \cdot v_k)} \quad (1)$$

С параметром функции активации  $a_k$ :

$$a_k = \frac{1}{v_k} \cdot \ln \frac{y'_k}{1 - y'_k} \quad (2)$$

Аргументом функции активации является:

$$v_k = b'_k + \frac{1}{y'_k} \sum_{j=1}^m (x'_j)^2 \quad (3)$$

Выходной сигнал нейрона  $k$  определяется как произведение значения коэффициента масштабирования и значения функции активации:

$$y_k = \frac{M_k}{1 + \exp \left[ -a''_k \cdot \left( b'_k + \sum_{j=1}^m w''_{kj} \cdot x'_j \right) \right]} \quad (4)$$

где  $w''_{pkj}$  – значения веса  $j$ -го синапса  $k$ -го нейрона после процедуры обучения;

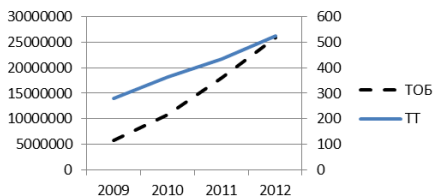
$a''_{pk}$  – параметр наклона для функции активации  $k$ -ого нейрона после процедуры обучения.

## Влияние рационализации параметров логистической сети на развитие розничной торговли в Украине

Птица Н.В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

В качестве дополнительных стимулов для развития торговых сетей специалисты называют возобновившийся рост ВВП. До 71 % затрат домохозяйств приходится на потребительские расходы [5]. В условиях жесткой конкуренции развитие розничной торговли невозможно без развития логистической инфраструктуры. Такой подход к деятельности розничных предприятий заставляет их повышать уровень обслуживания конечных потребителей и при этом поддерживать логистические затраты на оптимальном уровне. Логистические цепи и каналы являются составными частями логистической сети, которую выстраивает центральная компания – «хозяин» логистического процесса или заказчик логистической системы. В научной литературе к рассмотрению логистических систем подходят с точки зрения экономики сетей, в которой действует посыл, что сеть принадлежит одной компании или группе компаний, имеющих единый интерес. Проектирование инфраструктурной сети – первейшая обязанность предприятия, т.к. эта сеть обеспечивает доставку продуктов и материалов потребителям. Инфраструктура образует каркас, на котором строится система логистики и ее работа. В США розничные сети зарабатывают на системе логистики с минимизацией издержек. Компания Wal-Mart, в которой все логистические расходы укладываются в цифру 1,5 % от оборота, сократив издержки на 0,1 %, увеличила ежегодную прибыль в сотни миллионов долларов. Чем больше магазинов в составе сети, тем невыгоднее развозить товары напрямую от поставщиков в каждую торговую точку, невыгодно хранить товарные запасы в магазинах, т.к. это обходится дороже. Наравне с наращиванием количества торговых точек розничного ритейла, наращиваются и их логистические комплексы. Так, компанией «АТБ-маркет» создан наибольший среди розничных операторов в стране логистический комплекс. Увеличение товарооборота (ТОБ) приводит к увеличению



*Рисунок 1* – Зависимость товарооборота от количества торговых точек АТБ-маркет торговых точек (ГТ) (рисунок 1), что в свою очередь требует повышения качества логистического управления всей сеть.

Итак, развитие логистической сети и рационализация ее параметров является ключевым аспектом эффективной работы и развития розничной торговли, а также оказывает существенное влияние на изменение спроса.

УДК 656.073.28

### **Методика выбора оптимальной транспортно-технологической схемы доставки тарно-штучных грузов автомобильным транспортом в междугородном сообщении**

Шулика О.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Стойкая тенденция децентрализации междугородных перевозок в Украине повлияла на значительное уменьшение размера партии доставки тарно-штучных грузов (ТШГ) по сравнению с советскими временами планирования массовых перевозок грузов. Это внесло свои ограничения в использовании предлагаемых ранее методов оптимизации процесса доставки грузов. В то же время специфика междугородных перевозок заключается в использовании достаточно сложных транспортных технологий. Существующие на сегодняшний день методы выбора транспортно-технологических схем доставки (ТТСД) ТШГ не учитывают бизнес-интересов всех участников транспортного процесса в условиях технических, технологических, инфраструктурных и финансовых ограничений.

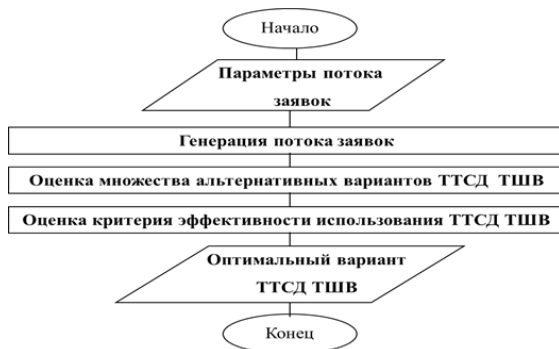
Проанализировав существующие критерии эффективности ТТСД грузов, предлагаем в качестве критерия использовать суммарные удельные затраты, которые учитывают бизнес-интересы всех участников транспортного процесса. Принимая во внимание, что одна логистическая цепь реализует одну заявку владельца груза на доставку партии груза, критерием эффективности логистической системы является сумма затрат по всем реализованным логистическим цепям, то есть критерий эффективности логистической системы (что также является и целевой функцией) можно записать в следующем виде:

$$B_{\text{ЛС}} = \sum_{i=1}^{N_3} B_{\text{ЛЛ}i} \rightarrow \min,$$

где  $N_3$  – количество реализованных в течение определенного периода времени заявок грузовладельцев, которые являются элементами

логистической системы, ед./период времени;  $B_{ЛЛi}$  – затраты на реализацию  $i$ -й заявки, грн/период времени.

Определение оптимального варианта ТТСД при обслуживании заявок на перевозку ТШГ предлагается проводить в следующей последовательности: формирование множества альтернативных вариантов транспортно-технологических схем доставки; оценка критерия эффективности использования ТТСД ТШГ; определение оптимального варианта ТТСД на сформированном множестве альтернативных вариантов (рисунок 1). При этом варианты ТТСД грузов рекомендуется определять на основании множества элементарных операций, а доставку ТШГ рекомендуется осуществлять по одной из четырех базовых схем, для которых характерны соответствующие типы логистических цепей. И на последнем этапе из совокупности альтернативных транспортно-технологических схем доставки необходимо определить оптимальную схему по выбранному критерию эффективности. Таким образом, данная методика позволит определить оптимальную транспортно-технологическую схему доставки тарно-штучных грузов автомобильным транспортом в междугородном сообщении путем анализа всей совокупности альтернативных вариантов ТТСД для каждой отдельной заявки, которая достигается путем перебора всех вариантов транспортно-технологических схем доставки.



*Рисунок 1* – Укрупненный алгоритм определения оптимальной транспортно-технологической схемы доставки ТШГ автомобильным транспортом в междугородном сообщении

## **Исследование транспортно-экспедиционной работы при перевозке опасных грузов**

Стрельникова И.А., Пуха В.В., Дюба М.В.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Транспортная экспедиция (ТЭ) является одним из организаторов транспортного процесса и выполняет следующие основные функции: обеспечение своевременной и сохранной доставки грузов; снижение затрат на их переработку и транспортировку; полное освобождение отправителей и получателей грузов от выполнения ими не свойственных им видов деятельности. Этим она непосредственно влияет на повышение эффективности работы обслуживаемых предприятий, а также различных видов транспорта в транспортных узлах. Из всех видов транспорта экспедиция более тесно работает с автомобильным. Так, 60 % экспедиторов работают как представители отправителей грузов на автомобильном транспорте, 47 % экспедиторских компаний выполняют автомобильные перевозки, 15 % – воздушное экспедирование, 6 % – речное, около 15 % портово-морское. Переработку грузов на железной дороге выполняют 17 % всех экспедиторских предприятий.

Анализ современного состояния транспортно-экспедиционной работы (ТЭР) при перевозке опасных грузов показал ее особенности, проблемы и выявил тенденции дальнейшего развития. Для ее эффективного функционирования необходимо: совершенствование процедур лицензирования в соответствии с законодательством ЕС; использование современных новых технологий и методов транспортной логистики, различных форм централизованного транспортного обслуживания и управления; применение на транспортных средствах современных систем повышения безопасности перевозки опасных грузов. Определено что, для сбалансированной ТЭР при перевозке опасных грузов необходимо: совершенствовать организацию и управление перевозок опасных грузов путем разработки организационно-экономического механизма, регулировать элементы транспортного процесса. Это позволит снизить эксплуатационные затраты, рассчитывать рациональные сроки доставки грузов, выбирать оптимальные маршруты перевозки, минимизировать издержки на выполнение заказа. Межведомственный характер экспедирования является предпосылкой использования его как инструмента для правильного распределения перевозок между разными видами транспорта и обеспечивает рациональное использование транспортной системы страны.

**Развитие городского пассажирского транспорта г. Луганска  
внедрением информационных технологий**

Рябичев В.Д., Пуха В.В.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Одной из основных проблем городского общественного транспорта Луганска является изношенность и недостаточные темпы обновления подвижного состава. Как следствие износа подвижного состава – снижение уровня технической надежности и безопасности транспорта, возрастание вероятности схода с линии по техническим неисправностям. Это приводит к росту затрат на эксплуатацию подвижного состава и себестоимости перевозок пассажиров. Увеличение транспортной подвижности населения в условиях сокращения провозных возможностей приводит к росту наполняемости салонов. В часы «пик» она почти втрое превышает значения, рекомендованные Международным союзом общественного транспорта и достигает физического предела. При этом не обеспечивается минимальный уровень комфортности поездок пассажиров и необходимые условия соблюдения безопасности при их перевозках.

Вышеперечисленные проблемы, а также потребность в улучшении пассажирских перевозок отражает качество – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Таким образом, понятие качества транспортного обслуживания неотрывно связано с запросами потребителя. На основании запросов потребителя должен строиться весь процесс оказания транспортной услуги.

Эти вопросы требуют решения комплексного подхода, рассматриваемого в докладе, который включает в себя одновременное решение нескольких задач: создание информационно-аналитической системы управления общественным транспортом, мониторинг функционирования общественного транспорта, формирование единой маршрутной сети и ее оптимизация, создание системы диспетчерского управления общественным транспортом. Преимуществами комплексного решения проблем является контроль за работой транспортных средств и возможность максимально информировать пользователей о режиме работы общественного транспорта, что дает возможность пользователям планировать поездки, не создавать неудобства при изменении расписания, режима или при возникновении других непредвиденных ситуаций.



## Аспекты имитационного моделирования процесса управления грузовыми перевозками на специализированном автопредприятии

Панайотов К.К.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Основной задачей для специализированного автопредприятия обслуживающего технологические маршруты угольных шахт является своевременное перемещение грузов между производственными объектами с минимальными транспортными затратами.

В процессе перевозки постоянно возникают ситуации простоя автомобилей на маршруте и под погрузкой. Поэтому при расчете себестоимости автоперевозок на технологическом маршруте возникает потребность иметь четкое представление о разбросе временных показателей перевозочного процесса при различных условиях перевозок. В этой ситуации актуальным является использование имитационного моделирования.

Для построения имитационной модели исследованы время погрузки, разгрузки, ездки с грузом, ездки без груза и время простоя. Установлено, что сложнее всего поддается анализу время простоя на линии, так как этот параметр наиболее всего связан с «человеческим фактором» и включает время простоя по техническим причинам (неисправности, техническое обслуживание автомобиля) и времени простоя по вине водителя (физиологические остановки). Для данного параметра распределение может быть описано смешанным законом в виде свертки плотностей распределения слагаемых.

Эта особенность была учтена при построении алгоритма имитационной модели и ее дальнейшей программной реализации. В качестве выходных параметров были введены коэффициенты простоя  $KTQ$  и технологических задержек  $KTR$  для  $N$  автомобилей разной грузоподъемности  $g$  (таблица 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента простоя  $KTQ$  и коэффициента технологических задержек  $KTR$

	$g = 8$ тонн			$g = 10$ тонн			$g = 13$ тонн		
	$N = 3$	$N = 5$	$N = 10$	$N = 3$	$N = 5$	$N = 10$	$N = 3$	$N = 5$	$N = 10$
$KTQ$	0,092	0,039	0,663	0,141	0,463	0,725	0,171	0,527	0,765
$KTR$	0,008	0,42	0,041	0,085	0,00	0,193	0,00	0,14	0,121

При исследовании на имитационной модели критерием выбора рационального количества автомобилей определенной грузоподъемности является минимизация значения этих коэффициентов.

**Об уточнении математической модели подсистемы «водитель»**Кравченко А.П.<sup>1</sup>, Осипов В.А.<sup>2</sup><sup>1</sup> Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля,  
<sup>2</sup> ГВУЗ «Луганский строительный колледж»

Подсистема «водитель» является информационной моделью транспортного процесса. Она базируется на психологических особенностях взаимодействия водителя с условиями движения. Дорожная обстановка представляет собой информационное поле, которое формирует у водителя эмоциональное напряжение. Водитель, анализируя внешнюю среду, избирает такую ориентацию, которая обеспечивает безопасность движения и минимальное эмоциональное напряжение, которое ему может дать полное понимание ситуации на дороге. В этом сущность взаимодействия компонентов данной подсистемы. Подсистема «водитель» – эргономическая модель, базирующаяся на физиологических возможностях водителя. Получив от дорожной обстановки необходимую информацию и проанализировав ее, водитель взаимодействует с исполнительными механизмами, управляет движением автомобиля, задает ему рациональные режимы движения.

В работе предложено в качестве критерия взаимодействия использовать коэффициент информированности водителя:

$$K_{inf} = \frac{1}{\sqrt{K_1^2 + K_2^2 + K_3^2 + K_6^2 + K_7^2 + K_8^2}} \quad (1)$$

и коэффициент деформативности:

$$K_{def} = \frac{1}{\sqrt{K_4^2 + K_5^2 + K_9^2}} \quad (2)$$

где  $K_1^2, K_9^2$  – переменные, полученные в результате ряда экспериментов, направленных на изучение влияния технических средств организации дорожного движения (ТС ОДД) на вероятность возникновения аварийной ситуации.

В качестве основных критериев информативности были определены: наличие (отсутствие) ТС ОДД, их видимость в зависимости от погодных условий, времени суток, года, техническое их состояние.

В качестве основных критериев деформативности были определены способности материалов, из которых изготовлены ТС ОДД влиять на

тяжесть последствий ДТП, в случае столкновения с ними транспортных средств.

УДК 625.7/8

### **Анализ сетевой структуры и многопараметрическая оптимизация межрегиональных транспортных систем**

Тарарычкин И.А., Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И.

Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля

Формирование транспортных систем, обновление их инфраструктуры и организация оптимального функционирования тесно связаны с проблемой экономического развития регионов и территорий. В общем случае такого рода системы объединяют транспортные коммуникации местного, регионального и межрегионального уровней. На местном уровне формируется транспортная сеть, обеспечивающая возможность выполнения грузовых перевозок между близлежащими предприятиями, связанных между собой в рамках производственных кластеров. На региональном уровне узлы отдельных кластеров соединяются путями сообщений с образованием единой сети, обеспечивающей наличие транспортной связи между различными хозяйствующими субъектами. Кроме того, необходимость обеспечения транзита грузов приводит к формированию транспортных коридоров с преимущественно транзитными грузопотоками, для прохождения которых должны быть созданы необходимые условия.

Таким образом, межрегиональная транспортная система может иметь сложную многоуровневую структуру, а оптимизацию функционирования такой системы следует выполнять отдельно на каждом из рассмотренных структурных уровней. Это означает, что процедуре оптимизации функционирования должен предшествовать этап определения числа уровней системы и выявления принадлежности её отдельных элементов к местному, региональному или межрегиональному уровням.

Для решения этой задачи требуется разработка критериев оценки взаимного расположения множеств элементов межрегиональной транспортной системы. Разработанный показатель парной близости  $\eta$  позволяет оценивать положение отдельных множеств и принимает положительные значения в том случае, если «смешивания» их элементов не происходит. В противном случае  $\eta \leq 0$ . После установления числа структурных уровней межрегиональной транспортной системы оптимизацию её функционирования предлагается выполнять отдельно на каждом из структурных уровней с использованием соответствующих

целевых функций. Таким образом, использование метода многопараметрической оптимизации позволяет обеспечить возможность эффективного функционирования транспортных систем характеризующихся сложной сетевой структурой.

УДК 656.681.518.5

### **К вопросу анализа диагностики функционирования региональной транспортно-логистической системы (РТЛС)**

Медведев Е.П.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Транспортная диагностика исследует состояние объектов на транспорте, разрабатывает методы и средства определения недостатков систем транспорта и причин их возникновения, а также системы диагностирования с применением средств коммуникаций кибернетики. В современных условиях основой диагностики на транспорте можно считать подходы, связанные с оценкой и анализом функционирования транспорта и систем, в которых он принимает участие. В рамках транспортной диагностики важное место выделяется направлениям исследований по показателям: энерго- и ресурсосбережения, безопасности и рисков, потенциала и по территориальным показателям.

Диагностика РТЛС Луганского региона проведенная на основе методики, которая базируется на создании нормативной системы показателей (НСП), позволяет рассчитать комплексную оценку эффективности функционирования системы и ее уровень. НСП состоит из двух групп: инфраструктурных показателей региона и показателей транспортной работы региона. Выполненный анализ функционирования РТЛС позволил установить, что система Луганского региона в 2003 году функционировала с наивысшей эффективностью; умеренное ее функционирование отмечено в 2005, 2008 гг., а в 2002, 2004, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012 гг. показатель комплексной оценки наименьший, что свидетельствует о слабом функционировании системы.

Разработан алгоритм методики оценки функционирования РТЛС Луганского региона на основе объектов транспортной диагностики. Диагностика функционирования РТЛС позволяет определить достоверную оценку ее текущего развития, заложить основу для выдвижения гипотез о закономерности возможного неустойчивого состояния системы, определить причинно-следственные связи в дисфункциях управления системой транспорта. Последующие исследования будут проводиться в направлении разработки прогнозной модели работы РТЛС, которая будет

четче отражать состояние развития технико-технологической системы региона и дальнейшее совершенствование методов транспортной диагностики.

УДК 330.565.(477)

### **Пути развития и формирование транспортной системы Украины**

Лапаева Е.Н., Никитина А.Г.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

В условиях интенсивно развивающегося международного сотрудничества и углубления интеграционных процессов в мировой экономике увеличения товарообмена и кооперации товаропроизводящих и сырьевых предприятий развитие транспортно-логистических систем имеет огромное значение. Основное назначение таких систем – это обслуживание как транзитных, международных и межрегиональных потоков, так и грузопотоков местного формирования, которые вливаются в транзитные, увеличивая их объем. Учитывая резервы провозной и пропускной способности, Украина имеет все технические и технологические возможности, чтобы привлечь дополнительные объемы транзитных грузопотоков и благодаря этому получить дополнительные валютные поступления в государственный бюджет. Большая часть транзитных потоков входят в Украину через железнодорожные переходы, автомобильные транзитные перевозки осуществляются преимущественно автомагистралями, которые проходят по направлениям: запад Украины – Россия, Беларусь, морские порты Украины – Ростов, Кавказ, Молдова – Россия и т.д.

Технологические особенности работы промышленных предприятий, а также использование различных видов транспортных средств, влияют на организацию транспортных процессов и функционирование транспортных систем Украины. Ограниченное финансирование содержания транспортной инфраструктуры приводит к необходимости поиска методов решения проблемы, поддержания и развития транспортной системы Украины, и ее отдельных элементов. Поскольку основными критериями работы транспортной системы является скорость движения грузопотока и затраты на его транспортно-складскую обработку пропуска транспортного и грузопотоков через таможенные терминалы, разработано методика ускоренного использования оборудования для обработки и пропуска транспортных средств. Предложено методологическую основу построения и оптимизации транспортной системы, что позволит минимизировать

время и улучшить экономические показатели перемещения транзитных потоков через территорию Украины и увеличить их объемы.

УДК 656.073

### **Перспективы применения интралогистики в транспортной системе горного производства**

Косоногова Л.Г., Рябичев В.Д.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Интралогистика – современное понятие, объединяющее в себе организацию транспортных и информационных потоков внутри отдельной организации. Самым важным звеном интралогистики является техника для транспортировки и складирования грузов. В настоящее время одной из важных задач интралогистики является создание интегрированной системы управления и контроля над материальными и информационными потоками внутри производственного предприятия.

Разработка методики исследования, прогнозирования поведения, совершенствование методов планирования транспортных систем, а также учета и оценки эффективности работы грузоперерабатывающих и транспортно-складских комплексов позволяют применять разработанные автоматизированные подсистемы и программный комплекс, который реализует имитационную модель функционирования интралогистической системы.

Проведение интеграции автоматизированной подсистемы в общую автоматизированную систему управления работой углеобогатительной фабрики с построением модели основного производства, позволяет оптимизировать документооборот, использовать такие возможности, как создание учетных записей и авторизация пользователей с различными статусами и уровнем полномочий, логировать все события, в том числе ошибки и сбои. Предусмотрена интеграция с бухгалтерским программным обеспечением и возможность создания отчетов в режиме реального времени, а также более полного использования функциональных возможностей автоматизированного склада в части управления грузооборотом за счет определения принципов, согласно которым будет производиться размещение груза в зоне хранения и отгрузки.

В результате разработана концепция создания имитационных моделей и принятия решений, структуры управления в логистической системе предприятия, обобщена потоковая модель фабрик. В частности, принципы построения интралогистической системы целесообразно использовать проектным, конструкторским и научно-исследовательским институтам при

проектировании современных автоматизированных систем управления производственно-транспортными комплексами обогатительных фабрик.

УДК 656.338.12

### **Обеспечение безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП**

Зорин Р.В., Замота Т.Н., Щербатенко В.В.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Устранение участков концентрации ДТП на автомобильных дорогах является составной частью программ повышения безопасности дорожного движения (БДД), направленных на комплексное решение проблемы сокращения количества дорожно-транспортных происшествий. В целях предотвращения роста аварийности и создания однородности условий движения, помимо мер по обеспечению БДД на участках концентрации ДТП, следует предусматривать проведение работ по общему улучшению транспортно-эксплуатационных показателей на всем протяжении дороги.

Приоритетность реализации мероприятий по повышению БДД при планировании дорожных работ, направленных на доведение транспортно-эксплуатационного состояния дорожной сети до допустимого уровня содержания, должна определяться степенью опасности участков концентрации ДТП, на которых выявлены дефекты, влияющие на условия БДД, а также степенью опасности самих этих дефектов.

Планирование мероприятий по обеспечению БДД на участках концентрации ДТП осуществляется в порядке, предусмотренном действующими нормативно-техническими и нормативно-правовыми документами, регламентирующими разработку, согласование и утверждение. Дополнительно должен быть составлен план мероприятий по организации системы диагностики состояния дорог по органам дорожного управления, включающий обследование опасных участков дорожной сети в целях установления причин и условий их возникновения, а также выработки соответствующих контрмер по повышению БДД. На период выполнения работ по ликвидации выявленных дефектов на соответствующих участках дорог в предусмотренном порядке должны быть введены временные ограничения движения транспортных средств, обеспечивающие БДД.

## **Повышение эффективности использования автомобилей методами транспортной телематики**

Замота Т.Н., Зорин Р.В., Джаджа Л.О.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Телематическое обеспечение транспортного процесса позволяет учитывать в самой полной мере все условия и факторы эксплуатации подвижного состава с целью максимальной адаптации регламента и периодичности проведения профилактических и технических мероприятий по поддержанию безотказного состояния автомобилей в различных условиях эксплуатации.

Концепция и основа данной системы заключается в том, что с помощью дополнительных приспособлений и устройств появляется возможность круглосуточно, в любое время в полной мере получать и анализировать информацию о техническом состоянии автомобиля независимо от того, где в данный момент он находится.

Если автомобиль имеет современный мощный бортовой компьютер с датчиками в основных агрегатах и узлах, то на автомобиль нужно установить только устройство, которое будет передавать данные на спутник, а со спутника к потребителю. Если же автомобиль не имеет бортового компьютера, или же он старого поколения, на автомобиль устанавливаются датчики, бортовой компьютер, и устройство передает информацию через спутник пользователю. В целом данная система подобна работе GPS-навигатора. Используемое программное обеспечение, которое прилагается к данным устройствам, кроме стандартных функций GPS-приемника (отчеты о расходе топлива, маршрут, скоростной режим, пройденные километры, время начала загрузки / разгрузки, посадки / высадки, открытия дверей, кузова и т.д.) позволяет пользователю, в любой удобный момент времени, проследить техническое состояние различных узлов и агрегатов автомобиля в режиме реального времени в зависимости от количества установленных датчиков.

Таким образом, с помощью адаптивной (диагностической) системы технического обслуживания и ремонта, можно заблаговременно наблюдать критические процессы в деталях, узлах и агрегатах автомобиля и, тем самым, предотвращать серьезные отказы и поломки.



**Симбиоз основных видов транспорта**

Кравченко Е.А., Вовк И.В., Литвиненко М.М.

Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля

На современном этапе развития мировой экономики автомобильный транспорт для большинства развитых стран является ключевым элементом транспортной системы в обеспечении экономического роста этих стран.

Массовое применение автотранспортных средств повлекло за собой изменения во всех секторах экономики и в социальной сфере, на рынке труда, в градостроительной политике, в организации розничной торговли, отдыха, в других аспектах жизни общества. При этом процесс автомобилизации принял по существу глобальный характер. В настоящее время в наиболее развитых странах 75–80 % всего объема пассажирских и грузовых перевозок выполняется автомобильным транспортом.

Однако, помимо известных преимуществ (скорость, гибкость, мобильность, надёжность, доставка «от двери до двери») автомобильный транспорт имеет ряд недостатков. Наиболее значимые из них – это вред окружающей среде и относительно высокая себестоимость.

Недостатки автомобильного транспорта можно устранить за счет совместного использования двух основных «несущих» мирового транспорта, симбиоз которых создал новый для стран СНГ вид перевозок – контейнерные перевозки – транспортировка по железной дороге маршрутными поездами большегрузных автопоездов (тягачей с полуприцепами и автомобилей с прицепами). Такой вид перевозок является новым именно для постсоветского пространства, потому что в Европе преимущества контейнеров оценили уже тридцать лет назад и с тех пор с успехом используют. Основная задача осуществления контейнерных перевозок заключается в следующем: время прохождения груза от отправителя к получателю, стоимость доставки груза, а также объем вредных выбросов должны стремиться к минимуму.

Использование и развитие контейнерных перевозок позволяет решить пакет проблемных вопросов: снижение вредного воздействия автомобиля на окружающую среду; сохранение автомобильных дорог, разгрузка автомагистралей, уменьшение аварийности; экономия горючего, увеличение срока службы автомобилей; преимущество во времени при пересечении границы (за счет проведения таможенного контроля не каждого авто, а всего состава поезда, который по графику движения не может быть задержанным более чем на 5 часов).

**Логистическая поддержка процесса выполнения перевозок  
груза в международном сообщении**

Шарай С.М., Дехтяренко Д.А.

Национальный транспортный университет (г. Киев, Украина)

Использование логистических технологий влияет на конечные результаты деятельности предприятия, обеспечивает оптимизацию процесса транспортировки, расширяет возможности для его оперативного реагирования на различные колебания на рынке транспортных услуг. Преимущества использования логистических принципов прослеживаются в организации международных перевозок грузов, когда расчет логистических затрат в структуре цены имеет особенно важное значение для потребителя транспортных услуг. В современных условиях основным критерием для принятия решений о мероприятиях по совершенствованию перевозок является экономическая целесообразность. Основным формирующим фактором систем доставки грузов является модель организации движения транспортных средств. Алгоритм проектирования эффективного маршрута перевозки грузов в международном сообщении предусматривает: выбор и расчет рационального маршрута; обоснование и выбор подвижного состава для доставки грузов; расчет затрат на выполнение международного рейса; определение экономических показателей на сформированном маршруте. Логистическая поддержка функционирования транспортного предприятия, которое выполняет перевозки грузов в международном сообщении, включает в себя следующие основные мероприятия: планирование и организация процессов упаковки, погрузки, разгрузки, хранения, транспортировки грузов; формирование рациональной структуры парка транспортных средств; мониторинг процесса доставки грузов; мониторинг процесса таможенного оформления грузов; поддержка программного обеспечения и использование компьютерных технологий для обеспечения информационного сопровождения и поддержки процесса перевозки; мониторинг возможностей логистической поддержки процесса доставки и т.д.

Таким образом, использование логистической поддержки процесса выполнения транспортировки грузов позволяет оптимизировать процесс их доставки в международном сообщении, способствует повышению эффективности функционирования транспортных предприятий в условиях нестабильной внешней среды и добиться большей стабильности, конкурентоспособности на национальном и международном рынке транспортных услуг.

**Внесение изменений в СТБ 1538-2005**Хатковский В.К.<sup>1</sup>, Кабак С.В.<sup>1</sup>, Капский Д.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>ГП «БелдорНИИ», <sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

В 2013 году введен в действие СТБ 1538-2013 «Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические условия». Стандарт распространяется только на конструкции искусственных неровностей, в том числе на комплектующие изделия и материалы, предназначенные для монтажа и устройства конструкций искусственных неровностей, применяемых на автомобильных дорогах общего пользования, улицах городов и населенных пунктов (дорогах) в соответствии с СТБ 1300. Стандарт установил классификацию, технические требования, правила приемки и методы контроля искусственных неровностей. Из стандарта исключены правила применения искусственных неровностей.

Дело в том, например, что в ТКП 45-3.03-227-2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования» в п. 13.8 оговаривал, что для принудительного снижения скорости движения транспортных средств на улицах местного значения допускается применять искусственные неровности («лежачий полицейский»), но не допускается применять искусственные неровности («лежачий полицейский») на магистральных улицах категорий М, А, Б, В, а также на улицах местного значения с движением маршрутных пассажирских транспортных средств.

Позже, в ДМД 02191.3.020-2009 «Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения (введ. 01.11.2009. – Минск: ОНТИ РДУП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», 2009. – 40 с.), оговорен вопрос оценки эффективности (целесообразности) применения искусственных неровностей в каждом конкретном случае. Для справки: на 1 января 2014 года только в г. Минске уже насчитывалось более 1000 неровностей, а на текущий год запланировано устройство еще 85 искусственных неровностей типа «спящий полицейский».

**Математическая модель функционирования терминальной системы доставки грузов**

Андреев А.Я.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается порядок построения модели функционирования транспортно-логистических систем. Работа транспортно-логистического центра может быть описана вероятностными моделями, отражающими наиболее полно реальные условия. Особенностью процесса погрузки-выгрузки является его массовость. В течение сравнительно коротких промежутков времени прибывает и убывает большое количество транспорта. Поэтому, по аналогии с другими массовыми процессами, такими как обслуживание покупателей в магазине; телефонное соединение абонентов автоматизированными телефонными станциями; прием больных врачом; диспетчерское обслуживание самолетов в крупном аэропорту; процесс обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку или выгрузку может быть описан с использованием теории массового обслуживания. Для построения математической модели описания процесса обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку как систем массового обслуживания необходимо знать ряд характеристик потока требований (то есть потока автомобилей, прибывающих на погрузку), характеристик обслуживания (продолжительность погрузки) и структуру обслуживающей системы.

Процесс обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку, является системой с очередью, так как, если все посты погрузки (каналы обслуживания) заняты, автомобиль (заявка) должен встать в очередь. Процесс обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку, является многоканальной однофазной системой с параллельными однородными каналами, так как число постов погрузки практически всегда больше единицы; однофазными из-за того, что процесс обслуживания заключается в одной фазе: «занял место – освободил». Согласно этой системе, поток автомобилей, прибывающих на погрузку, относится к классу простейших потоков, у которых вероятность поступления  $P$  равна  $k$  требований в промежуток времени  $i$  и определяются функцией Пуассона:

$$P_k(i) = \frac{(\lambda_i)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda_i}, (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

где  $\lambda_i$  – среднее число автомобилей, прибывающих на погрузку в единицу времени, ед./мин;

$k$  – количество требований в промежуток времени  $i$ , ед.;

$e$  – основание натурального логарифма.

Время  $T_{об}$  обслуживания каждой заявки распределено по показательному закону:

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}, (t \geq 0),$$

где  $\mu$  – интенсивность потока обслуживания.

Модель позволяет провести оценку эффективности функционирования терминала по обслуживанию автомобилей, прибывающих на погрузку.

Согласно данной модели, к характеристикам эффективности функционирования СМО относятся следующие показатели: абсолютная пропускная способность СМО; относительная пропускная способность СМО; среднее число заявок, находящихся в очереди; среднее время ожидания заявки в очереди; вероятность простоя СМО; вероятность занятости обслуживанием  $k$  заявок; вероятность занятости СМО; вероятность оказаться в очереди; интенсивность нагрузки СМО; среднее время пребывания заявки в СМО; среднее число занятых обслуживанием каналов; среднее число свободных каналов; коэффициент занятости каналов обслуживанием; среднее число заявок в системе.

УДК 519:654

### **Пример оптимизации временных уставок светофорного цикла**

Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Совместно с Капским Д.В. проведена НИР. На рисунке 1 показано влияние изменения значений времени горения зеленого сигнала в направлении 1-3 и 3-1 на перекрестке  $Tz[1] = Tz[3]$  в диапазоне от 19 до 30 с. При этом время горения зеленого в направлении 2-4 и 4-2, разумеется, в программе корректировалось, исходя из заданного цикла  $C$ . Слева в табличном виде приведены численные результаты расчета основных экономических критериев, а справа графически – изменения нормированных значений критериев, изображенных различным цветом.

Выведены значения для следующих показателей:  $P0[1,2,T]$  – потери от остановок по направлению 1,2,T (вход 1, полоса 2, направление – прямо) – зеленый цвет;  $P0[2,2,T]$  – потери от остановок по направлению 2,2,T (вход 2, полоса 2, направление – прямо) – желтый цвет;  $Pt_{\Sigma}$  – суммарные потери от задержек у.е./год – голубой цвет;  $P_{\Sigma res}$  – результирующие суммарные потери (у.е./год) – красный цвет. Видно, что при увеличении времени горения

зеленого сигнала для направления 1-3 (и 3-1) монотонно уменьшаются значения потерь  $P_0 [1,2,T]$  от остановок по прямому направлению (1,2,T), одновременно с этим монотонно увеличиваются значения потерь  $P_0[2,2,T]$  от остановок по конфликтующему (перпендикулярному) направлению (2,2,T). Суммарные потери от задержек  $P_t$  (голубой цвет) и результирующие суммарные потери  $P_{res}$  (красный цвет) имеют нелинейный характер изменения с наличием минимума. Уменьшение при этом происходит примерно в диапазоне до 50% для  $P_t$  (примерно на 390000 у.е./год) и 20% для  $P_{res}$  – (примерно на 354000 у.е./год) при изменении времени горения зеленого сигнала в указанном диапазоне. Оптимальное значение времени горения зеленого сигнала – около 25 с.

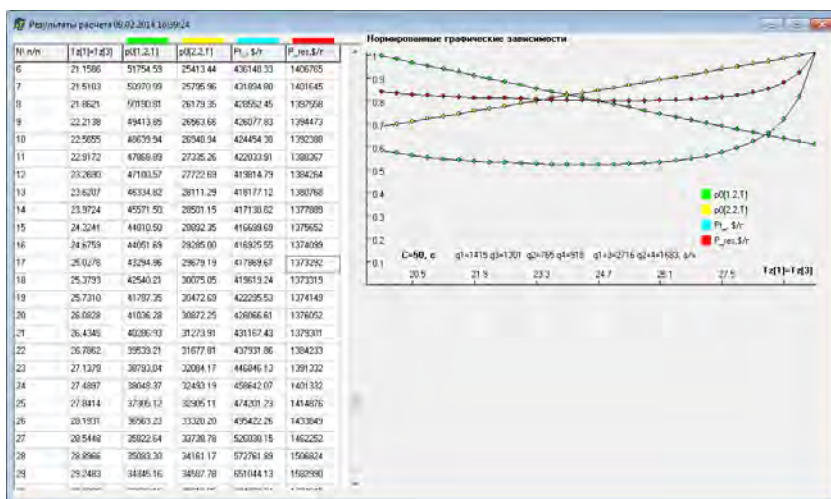


Рисунок 1 – Результаты расчета потерь для различных параметров временных уставок светофорного цикла

Таким образом, программа «OptiMKa» позволяет также реализовывать режимы управления с помощью оптимизационного расчета параметров светофорного цикла, осуществляемых подобной моделью расчета, причем адаптивно пересчитываемых и изменяемых в зависимости от дорожно-транспортной ситуации.

## **Технология мониторинга чрезвычайных природных ситуаций на магистральных автодорогах**

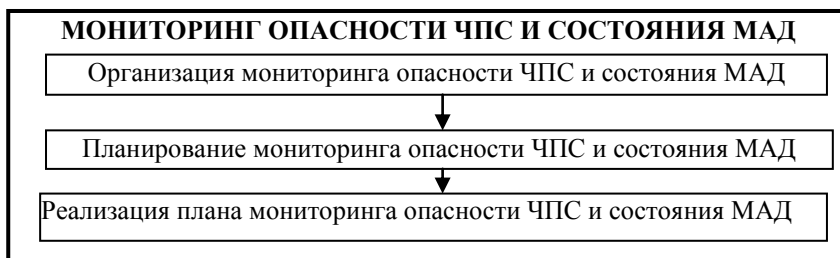
Филь Н.Ю., Гуренко В.С.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

С целью выявления источников чрезвычайных природных ситуаций (ЧПС) на магистральных автодорогах (МАД), прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций, возможных масштабов и характера их развития для принятия необходимых мер по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, минимизации их социально-экономических последствий проводится мониторинг опасности ЧПС на МАД.

Основными задачами системы мониторинга опасности ЧПС на МАД являются: проведение наблюдений за источниками ЧПС на МАД; сбор, обработка и анализ информации об источниках ЧПС на МАД; создание банка данных по источникам ЧПС и состоянию МАД; прогнозирование ЧПС на МАД; обеспечение органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Украины, местных исполнительных и распорядительных органов информацией об угрозе возникновения или возникновении ЧПС на МАД.

Для планирования мониторинга ЧПС на МАД разработана технология (рисунок 1).



*Рисунок 1* – Технология мониторинга чрезвычайных природных ситуаций на магистральных автодорогах

В результате мониторинга будут: определены наиболее опасные участки МАД, их технико-эксплуатационные показатели (ТЭП) и точки контроля ЧПС; разработан план реализации мониторинга. На основе плана определяются и создаются законодательные, нормативные, экологические и экономические механизмы, направленные на минимизацию рисков и убытков от ЧПС, минимизации времени сбора информации и принятия необходимых оперативных решений для ликвидации ЧПС на МАД.

# **Оценочная деятельность на транспорте и в промышленности**



## Классификация наземных транспортных средств для целей оценки стоимости

Шабека В.Л., Кошева М.С.

Белорусский национальный технический университет

Спектр современного транспорта и сферы его использования чрезвычайно разнообразны. Многообразие объектов исследования рождает ряд прикладных проблем. В свою очередь применение обоснованных критериев классификации и разработка самого «отраслевого» оценочного классификатора современных транспортных средств позволяет «оцифровать» информационные потоки, что является одной из предпосылок эффективности функционирования процедур оценки транспорта, интеллектуальных транспортных систем в сфере логистики, бухгалтерского учета в транспортных организациях, реализации таможенных процедур и безопасности движения. Используемые в настоящее время «отраслевые» классификации лишь частично удовлетворяют потребности оценки стоимости, как самостоятельной сферы профессиональной деятельности.

Ключевым для решения проблемы разработки профильного – «отраслевого» классификатора вопросом является выработка критериев классификации, «профильных» сфере деятельности. Функциональное назначение транспортного средства является наиболее универсальным и, в то же время, наиболее значимым критерием, т.е. должно выступать как основной – первого уровня значимости – критерий классификации, выделяющий дорожный транспорт, как объект оценки, в отдельный класс. При этом проведенный авторами достаточно разносторонний и глубокий анализ современного дорожного транспорта, позволяет в рамках этого критерия, в отдельных конкретных случаях, выделить ещё несколько подуровней в классификации ДТС (см. Таблицу).

Критерий классификации и её уровни применительно к ДТС	
Тип объектов оценки: Транспорт	
	Класс объектов оценки: Дорожные транспортные средства
	Отряд объектов оценки: Сфера применения ДТС
	Семейство объектов оценки: Специализация ДТС в сфере применения
	Род объекта оценки: конструктивные признаки: ДТС
	Вид объекта оценки: количественная характеристика основного эксплуатационного параметра – единицы сравнения

## **Оценка и урегулирование тотальных ущербов**

Шабека В.Л., Медник Г.Б.

Белорусский национальный технический университет,  
ОАСО «Би энд Би иншуренс»

Практика оценки и урегулирования ущербов в автотранспортном страховании свидетельствует, что доля тотальных случаев составляет порядка 0,61- 0,74%% от общего объема и соответствует 10-15%% выплат. Ситуация является наиболее ситуацией и достойна изучения. Это связано с методическим обеспечением для оценки годных остатков. Каждое повреждение при ДТП фактически является неповторимым, а транспортное средство автоматически становится уникальным объектом оценки, т.е. разработка универсальной «расчётной» методики оценки стоимости годных остатков практически не реализуемая задача.

В данной ситуации все больше внимания страховых организаций обращается в сторону аукционов, позволяющих, пусть и при более высоких издержках на оценку, получить наиболее реальный, удовлетворяющий интересы обеих сторон результат без издержек на урегулирование в судах.

В процессе урегулирования, перед страховой организацией возникает реальный вопрос: урегулировать ли ущерб «классическим» расчетным методом или выбрать аукцион, как альтернативный, эмпирический метод оценки.

Таким образом, разработка некоторого организационно-экономического механизма урегулирования тотальных страховых событий на сегодняшний день остается актуальным практическим вопросом. Сформированная и накопленная ОАСО «Би энд Би иншуренс» и ОАО «Белавтолот» статистика результатов открытых аукционов представляется весьма интересным прикладным материалом с целью выявления основных элементов сравнения, влияющих на стоимость годных остатков при тотальных ущербах.

При проведении исследования выявлены следующие факторы, которые наиболее значимо влияют на результат сделки аукциона: фактический возраст автомобиля, ставка рефинансирования (на дату аукциона), «доаварийная» страховая (действительная) стоимость, доля марки производителя на вторичном рынке; конструктивный тип кузова и сложность его ремонта, класс коммерческой классификации; объем двигателя, тип топлива, тип КПП, оценка тяжести повреждения, характер разрушающего воздействия. На основе этих факторов разрабатывается математическая модель для оценки вероятных результатов аукциона.

Полученные промежуточные результаты оцениваются достоверностью аппроксимации не ниже  $R^2=0,8$ .

УДК 330.115+65.5

### Средние по удалённости

Трифонов Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В инженерной практике часто возникает задача определения меры центральной тенденции полученных значений какой-либо величины. В частности, это может быть точечная оценка математического ожидания по данным статистической выборки. В оценочной деятельности подобная задача также возникает в процессе согласования результатов различных подходов к оценке стоимости.

В качестве меры центральной тенденции выступают разного рода средние, часто среднее (арифметическое) взвешенное, которое для набора вещественных чисел  $x_1, \dots, x_n$  с неотрицательными вещественными весами  $k_1, \dots, k_n$  определяется как

$$x_{cp} = \sum k_i x_i / \sum k_i \quad (1)$$

с условием

$$\sum k_i = 1. \quad (2)$$

При этом возникает проблема определения величины весов  $k_i$ , решаемая в зависимости от конкретных обстоятельств. В частности, возможен следующий критерий выбора веса  $k_i$  для числа  $x_i$ : **чем отдалённое значение  $x_i$  от остальных, тем меньше его вес.**

Для реализации этого критерия можно ввести понятие удалённости числа  $x_i$  от среднего арифметического:

$$\Delta_i = |x_i - \sum x_i / n| \quad (3)$$

и приписать весам чисел  $x_i$  значения

$$k_i = (-\Delta_i + \sum \Delta_i) / [(n-1)\sum \Delta_i]. \quad (4)$$

Подставляя значения весов (4) в выражение (1), получим новый вид среднего, который назовём среднее арифметическое взвешенное по удалённости, или просто среднее арифметическое по удалённости. Возможен и иной вид весовой функции (4).

Используя определение среднего арифметического, можно переписать формулу для значений весов (4) через величины чисел  $x_i$ :

$$k_i = (-| -nx_i + \sum x_i | + \sum | -nx_i + \sum x_i |) / [(n-1)\sum | -nx_i + \sum x_i |]. \quad (5)$$

Легко убедиться непосредственным вычислением, что для значений весов вида (4)-(5) условие (2) выполняется.

**Параметры метода фонда амортизации для автомобилей различных классов**

Скрыган С.В.

Белорусский национальный технический университет

Реальная кривая изменения остаточной стоимости дорожных транспортных средств (ДТС) в зависимости от их возраста имеет сложный (нелинейный) характер. При описании износа нелинейную модель можно получить, учитывая стоимость денег во времени. Для характеристики накопленного износа ДТС можно использовать приближенный метод расчета износа – метод фонда амортизации. Принцип амортизации стоимости ДТС, положенный в основу метода, означает, что ежегодно осуществляются аннуитетные платежи в предполагаемый фонд амортизации. Текущая стоимость платежей в этот фонд будет характеризовать накопленный износ ДТС в денежном выражении.

Основными параметрами, необходимыми для определения накопленного износа ДТС методом фонда амортизации, являются: первоначальная стоимость ДТС, срок экономической жизни ДТС, фактический возраст ДТС, норма процента фонда амортизации.

При этом естественным будет вопрос: характеризует ли норма процента фонда отдельный экземпляр ДТС, или она может быть отнесена к целому их классу, или, возможно, для всех классов ДТС норма процента фонда амортизации одина? Выяснению этого и посвящена работа.

Для определения численных значений параметров метода фонда амортизации был проведен анализ вторичного рынка ДТС. Анализу подвергались четыре класса автомобилей: внедорожники, малый класс, средний класс, минивэны. Для исследования были отобраны широко распространенные на вторичном рынке Беларуси марки ДТС, по три представителя от каждого класса. В результате исследования вторичного рынка ДТС, было установлено, что цены предложений к продаже различных марок ДТС, относящихся к одному классу, группируются в единую обобщенную зависимость; ДТС, относящиеся к различным классам, теряют стоимость с течением времени разными темпами. Степень обесценивания ТС с возрастом зависит от годовой нормы процента. Таким образом, для каждого представителя одного класса определили норму процента, и установили, что их значения практически совпадают, значит, для всего класса можно брать среднее значение ставки процента. В результате расчета определили процент фонда амортизации: для малого класса – 12%, для среднего – 9%, для минивэнов – 6%, для внедорожников – 15%.

Автор выражает благодарность Н.Ю.Трифонову за руководство работой.

УДК 332.821

## **Анализ вторичного рынка квартир г. Минска**

Гуз М.А.

Белорусское общество оценщиков

Исследование рынка недвижимости может проводиться с различными частными целями и представлять собой элемент анализа и прогнозирования тенденций развития рынка. Вопросы стоимости на недвижимость в жилищном фонде интересны не только руководителям риэлтерских фирм и потенциальными инвесторам, но являются актуальными для населения республики и г. Минска в частности [1]. В работе была проанализирована динамика развития ситуации на рынке квартир в столице за первые пять месяцев 2014 года и сделаны определенные выводы и прогнозы.

Данные подтвердили закономерность характерную для минского рынка вторичного жилья – спрос рождает предложение. Ажиотаж на покупку вторичного жилья не только способствовал росту цен, но и повлиял на увеличение выставляемых на продажу квартир. Исследование помогло выявить четкие различия между структурой предложения квартир по числу комнат. Установлены основные факторы положительного и отрицательного влияния на стоимость жилья. Главный – местоположение. Совокупность факторов планировки и материала стен (напр., элитные квартиры в доме из кирпича) могут значительно увеличить стоимость жилья. Вычислены ценовые тренды на лето 2014: повышение цен, наблюдавшееся с конца прошлого года, прекратилось. При сохранении текущих курсовых колебаний к лету уровень предложения квартир на продажу, а вместе с ним, и средняя цена пойдут на спад.

**Практическое применение полученных результатов.** Наиболее характерный пример – оценка и прогнозирование ценовой ситуации на рынке недвижимости. Являясь ключевой во всем анализе рынка, она может быть использована в различных целях: как этап маркетингового исследования с целью продвижения конкретного товара или услуги; в качестве оценочной деятельности с целью определения стоимости конкретного объекта; для инвестиционной деятельности с целью оценки эффективности инвестиционных решений.

### Литература:

1. Трифонов Н.Ю. Рынок купли-продажи квартир г. Минска // Белорусский экономический журнал.-2001.- №1.-С.116-122.

**Подготовка тендера на застройку площадки в городе**

Гусаков Б.И.

Белорусский национальный технический университет

Подготовка тендера для застройки площадки в городе предполагает наличие укрупненного бизнес-плана. В нём предусматриваются инвестиции на объекты недвижимости и инфраструктурные обременения. Доход ожидается на всех стадиях жизненного цикла. Цена продаж выступает денежным эквивалентом объекта, который и определяет эффективность застройки. Цена продаж повышается по мере готовности объекта. Но ранние продажи дают ресурсы для воспроизводства.

Технология расчета цены продаж требует специфического деления жизненного цикла объекта на шаги расчета, что позволяет учитывать фактор времени. За нулевой шаг принимается отрезок времени в десять дней после сдачи объекта в эксплуатацию. В этот шаг планируются интенсивные продажи. Влево и вправо от нулевого шага на оси времени идут кварталы (полугодия) расчетного периода по нарастанию. Влево – со знаком минус, т.к. цена продаж недостроя меньше цены продаж готового объекта.

*Идея расчета цены продаж.* В нулевой шаг расчета равный десяти дням продажа квадратного метра площади здания происходит по рыночной цене. Застройщик получает расчетную прибыль. Для ранних продаж рассчитывается равно эффективная цена. Равно эффективная цена продаж обеспечивает эквивалент доходов при ранних продажах и продажах за нулевой шаг расчета, поскольку застройщику не нужно нести выплаты по обслуживанию кредита. При более поздних продажах, цена продаж остается рыночной. Это ведет к потерям прибыли фирмы застройщика - инвестора строительства, в виде процентного дохода, поскольку выручка от реализации поступает с запозданием в период эксплуатации.

Потери поздних продаж возможно полностью или частично компенсировать поступлениями от продаж в период строительства. Компенсация потерь обеспечивается, если цена при таких продажах принимается выше равно эффективной цены. Компенсация потерь поздних продаж обеспечивается, если в период строительства действует «цена продаж компенсирующая». Цена продаж компенсирующая может оказаться близкой к рыночной цене или даже больше ее. Это недопустимо, поскольку не будет интереса покупателей к ранним покупкам площади. Минимально допустимое повышение цены ранних продаж обеспечивается

при использовании индикативной цены. Индикативная цена определяется как средняя двух цен: цены рыночной и цены компенсирующей.

УДК 332.821

## **Современные вопросы реформирования строительной отрасли в Республике Беларусь**

Прохорова О.А.

Белорусское общество оценщиков

Обеспечение человека доступным и комфортным жильем было и остается одним из важнейших приоритетов социально-экономической политики белорусского государства. Об этом свидетельствует Концепция государственной жилищной политики Республики Беларусь до 2016 года, которая утверждена постановлением Совета Министров от 5 апреля 2013 года.

Одной из задач государственной жилищной политики является усиление контроля качества строительной продукции, возводимого жилья и нормативных сроков строительства. Многочисленные нарушения в сфере строительства повлекли за собой значительные денежные потери как со стороны государства, так и со стороны потребителей и других участников строительного рынка.

Как показал 2013 год, основная проблема в строительстве – долгострой. Согласно инвентаризации, проведенной летом по требованию Президента, было выявлено более 300 домов с превышенным нормативным сроком строительства. Существенную часть объемов образовавшегося в 2012-2013 гг. сверхнормативного жилья приходится на долю управлений капитального строительства.

По результатам проведенных в 2013 году контрольных мероприятий установлено завышение стоимости строительно-монтажных работ на сумму свыше восьми миллиардов рублей. Статистика за 10 месяцев 2013 года говорит о том, что в Беларуси введено в эксплуатацию только 64% жилья от годового задания. По Минской области выполнено 76,8% годового задания по строительству жилья. Среди регионов худшее положение по долгостроям в Минске и Минской области.

Необходимость модернизации строительной отрасли выразилась в создании Комиссии по проблемным вопросам в строительной сфере при Администрации Президента, а также принятии ряда законодательных актов. Так, одним из результатов проведенной работы явился Указ Президента № 26 от 14 января 2014 г. "О мерах по совершенствованию строительной деятельности", который содержит ряд принципиальных решений призванных справиться с существующими проблемами в строительной отрасли.

## Совокупная стоимость как инструмент сравнения активов

Трифонов Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В экономической практике часто возникает задача выбора того или иного активов (машин, оборудования, программного обеспечения и пр.) из нескольких аналогичного назначения. При этом целесообразно учесть не только расходы по приобретению актива (вступлению в право владения), но и иные расходы, возникающие в процессе его эксплуатации (реализацию права пользования).

Подобные категории стоимости, частично описывающие объём расходов, связанных с подобным активом, ранее известны. Совокупная стоимость владения [1] определяется как сумма расходов на приобретение и эксплуатацию программного продукта. Для легковых автомобилей [2] введено понятие стоимости владения, при этом используются упрощённые формулы для определения приведенной к моменту оценки стоимости будущих расходов. Капитализированная стоимость [3], помимо первоначальной стоимости, учитывает стоимость неограниченного числа регулярных возмещений (амортизацию) этого актива.

Понятие стоимости, которое бы отражало все расходы по приобретению и эксплуатации актива с учётом его регулярных возмещений, приведенные к дате оценки (покупки), не описано в литературе. На наш взгляд, подобного рода вид стоимости с учётом его содержания целесообразно назвать совокупной стоимостью владения и пользования, или, сокращённо, *совокупной стоимостью*. Конечно, состав расходов, учитываемых в совокупной стоимости, будет определяться природой актива.

### Литература:

1. [www.gartner.com/it-glossary/total-cost-of-ownership-tco](http://www.gartner.com/it-glossary/total-cost-of-ownership-tco)
2. Зобнин В.А. Расчет и оптимизация стоимости владения легковым автомобилем в некоммерческой эксплуатации. – Москва, 2012. – 74 с.
3. Медведев Г.А. Начальный курс финансовой математики: Учеб. пособие. – Москва: ТОО «Остожье», 2000. – 267с.



## **Оценка результатов внедрения Программы развития логистической системы в Республике Беларусь**

Павлова В.В.

Белорусский национальный технический университет

Программа развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2015 г. ориентирована на свободное перемещение товаров по единой территории Таможенного союза, расширение возможностей обработки транзитных товаропотоков. Для этого требуется решение ряда ключевых вопросов и создание благоприятных условий для прихода в Беларусь международных логистических провайдеров. Оценивая результаты исполнения Программы на сегодняшний день, следует отметить необходимость решения следующих проблем:

- создание информационных баз данных по логистическим центрам и логистическим операторам, а также комплексности оказываемых услуг с целью продвижения логистических услуг на внешних рынках;

- отмена принципа резидентства при таможенном оформлении товаров на таможенной территории стран Таможенного союза. К примеру, в таможенных органах любого из государств – членов Европейского союза отсутствуют препятствия для осуществления таможенного оформления товаров любым правомочным лицом – резидентом одной из стран ЕС. Налоговое законодательство исполняется, исходя из принципа резидентства и с учетом законодательства страны ЕС, в которой осуществляется такое оформление. При этом в каждом из государств ЕС действует собственная налоговая система с разными ставками акцизов и НДС, функционируют различные судебные, финансово-кредитные и иные системы государственной власти;

- отмена разрешительной системы на автоперевозки из третьих стран в рамках Таможенного союза;

- открытие в логистических центрах ведомственных пунктов таможенного оформления;

- сокращение сроков проведения таможенных операций при отправлении транзитных грузов через логистические центры;

- упрощение документооборота; динамичное расширение статистической базы.

Для эффективности функционирования и повышения качества оказания транспортно-логистических услуг в Республике Беларусь целесообразно внести изменения в закон «О транспортно-экспедиционной деятельности», а именно – законодательного закрепления транспортно-логистических услуг нормами закона.

**Оптимизация надежности транспортного обеспечения**

Пилипук Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В условиях перехода к рыночным отношениям транспортный фактор оказывает существенное влияние на эффективность производственно-хозяйственной деятельности функционирующих структур предприятий. Конкурентоспособность автотранспортных предприятий в основном будет определяться надежным удовлетворением потребности клиентуры в перевозке грузов и пассажиров. В этой связи нами рассматривается проблема повышения эффективности производства на основе эксплуатационной и коммерческой надежности транспорта, которая приобретает особую актуальность.

Сегодня автомобильный транспорт республики осуществляет основной объем перевозок – 70...75 % (грузооборот 89...90 %, доля транспортных издержек в себестоимости продукции достигает пятой ее части, в трудовых затратах – одной трети) и выполняет роль связующего звена в единой технологической цепи производства.

Возникновение отказов в этой цепи обуславливается многими факторами, например сезонными колебаниями потребности в грузоперевозках, несбалансированностью пропускных возможностей транспортных и погрузочно-разгрузочных средств, низким уровнем организации, управления и технологии перевозок, дорожными и погодными условиями, техническим состоянием подвижного состава, а также отсутствием методов комплексной оптимизации процессов транспортного обеспечения. Поэтому в последние 10...15 лет широкое применение находит теория надежности. При этом максимальный уровень надежности соответствует минимальным совокупным издержкам или наименьшей потере прибыли транспортников, производителей и потребителей продукции. Внедрение теории надежности, как показали исследования, позволило не только обосновывать рациональную потребность в транспортных и погрузочно-разгрузочных средствах, но и совершенствовать технологию и организацию перевозок и, что весьма существенно, вносить коррективы в хозрасчетные взаимоотношения участников транспортного процесса.

При проектировании и производстве транспортного средства закладывается определенный уровень надежности, который в условиях его эксплуатации обеспечивается техническим обслуживанием и ремонтом. От того как организовано обслуживание, в значительной мере зависит эффективность транспортного обеспечения производства.

**Возможность описания динамики износа объекта оценки с помощью исследования рынка**

Трифонов Н.Ю., Скрыган С.В.

Белорусский национальный технический университет

Активы различной природы имеют различный характер изменения износа во времени. Считается, что дорожные транспортные средства (ДТС) обесцениваются быстрее в течение первых лет и медленнее в течение последних. Для стоимости недвижимости характерно вначале медленное, а затем ускоренное обесценивание, т.к. вновь созданный актив с высокой полезностью позже уступает по своим характеристикам новым конкурентам, и его рыночная стоимость начинает ускоренно падать. Поэтому реальные кривые изменения остаточной стоимости для любых материальных активов имеют нелинейный характер. Когда мы говорим об описании динамики износа объекта оценки, мы имеем в виду набор данных об износе объекта с течением времени. Получение такого рода данных достаточно затруднительно в силу долгой жизни объектов оценки. В связи с этим возникает мысль об альтернативном получении подобных данных. Действительно, если рынок объекта оценки достаточно представителен, как, например, вторичный рынок легковых автомашин, то, рассматривая имеющиеся на рынке экземпляры одной модели, отличающиеся только возрастом, мы можем получить данные о временном характере износа этой модели. При этом исходными данными для подобного описания будут служить результаты исследования вторичного рынка в определённый момент времени, а не наблюдение за объектом оценки в течение его экономической жизни. Проведен сравнительный анализ рыночных данных по стоимости различных марок ДТС, отличающихся возрастом. Полученные кривые стоимостей от возраста имеют нелинейный характер, по форме совпадающий с кривыми износа автомобиля этой марки. В результате исследования вторичного рынка ДТС также было установлено, что цены предложений к продаже различных марок ДТС, относящихся к одному классу, группируются в единую обобщенную зависимость, в свою очередь, разные марки ДТС, относящиеся к различным классам, теряют стоимость с течением времени разными темпами. Значит, можно предполагать существование общих для разных марок и моделей ДТС экономических закономерностей, лежащих в основе обесценивания ДТС с возрастом. Таким образом, использование рыночной ценовой информации позволяет описать динамику износа конкретной модели автомашины. Это описание можно использовать для расчета стоимости автомашин такой модели.

# **Экономика и логистика**

## **Повышение эффективности функционирования грузового автомобильного подвижного состава при консолидации грузопотоков**

Ивуть Р.Б., Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Повышение эффективности функционирования грузового автомобильного подвижного состава связано в первую очередь с его техническим усовершенствованием, а также с внедрением прогрессивных технологий организации перевозки грузов. Технические усовершенствования подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств позволяют увеличить скорость движения подвижного состава, сократить простои под погрузочно-разгрузочными операциями, увеличить объем партии перевозимого груза и т.д. Задача технологии – сократить продолжительность и трудоемкость перевозки груза за счет уменьшения числа выполняемых операций и этапов процесса перевозки.

В настоящее время применяемые технологии должны учитывать требования грузоотправителей, которые часто заинтересованы в перевозке небольших партий товара, что предполагает наличие у перевозчика налаженной системы доставки. Здесь, чтобы снизить транспортную составляющую в конечной цене товара и сделать его более привлекательным по этому критерию для покупателя, на автомобильном транспорте используют консолидацию грузопотоков, под которой, как правило, подразумевается несколько вариантов транспортировки. Первый вариант: перевозка разнородного груза одного получателя одним транспортным средством. Второй вариант: сбор груза для одного получателя в нескольких местах погрузки одним транспортным средством. Третий вариант: доставка грузов от нескольких грузоотправителей одним транспортным средством для нескольких грузополучателей в одном направлении. Общим для первого и второго вариантов является то, что весь груз принадлежит одному получателю и полную стоимость грузоперевозки оплачивает один заказчик.

Главное преимущество, которым обладает третий вариант совместной перевозки грузов, – это низкая стоимость перевозки, так как заказчик оплачивает лишь место, которое занимает его груз, а не всю доставку в целом. Кроме этого достигается полная загрузка автомобиля, что способствует повышению эффективности использования транспортного средства.

Единственным недостатком доставки сборных грузов служит необходимость ожидания полной комплектации автотранспорта.

**Теоретические аспекты реструктуризации производства**

Поддергина Л.И., Ивуть Р.Б.

Белорусский национальный технический университет

Известны различные взгляды как на определение самого понятия *реструктуризация производства*, так и на проблему выбора правильного подхода и метода для ее осуществления.

При определении сущности реструктуризации просматривается два основных подхода. В основе первого подхода имеется в виду перевод с английского термина «реструктуризация» (*restructuring*) – перестройка структуры чего-либо. Она представляется определениями, основанными на использовании термина «структура» с большими или меньшими пояснениями указанного термина. Реструктуризация производства – это комплексное преобразование деятельности предприятия, состоящее в изменении структуры производства, активов, пассивов и системы управления с целью повышения эффективности производства и конкурентоспособности продукции предприятия на рынках сбыта. В процессе реструктуризации происходят глубокие изменения, затрагивающие номенклатуру производимой продукции и объёмы производства, техническую базу, технологические процессы, качество выпускаемого продукта, показатели использования ресурсного потенциала, продвижение товаров на рынок и ценовую политику предприятия, методы и формы организации управления. Таким образом, реструктуризация производства относится к типу трансформаций, которые принято называть системными преобразованиями.

В основе второго подхода при определении сущности реструктуризации термин «структура» не упоминается в качестве определяющего фактора. При этом, успешная реструктуризация предполагает проведение финансовой стабилизации, либерализации и приватизации.

Целью реструктуризации является создание полноценных субъектов хозяйствования различных форм собственности, способных выпускать конкурентоспособную продукцию и эффективно функционировать в условиях рыночной экономики.

Следовательно, процедуру реструктуризации производства можно определить как комплекс мероприятий, направленный на восстановление устойчивой технической, экономической и финансовой жизнедеятельности предприятий с использованием наиболее интересных для отечественных предприятий зарубежных концепций «минимализма» и «совершенного предприятия» с учетом человеческого капитала.

## **Проблемы кадровой политики в отечественном производстве**

Гайнутдинов Э.М., Поддерегина Л.И.

Белорусский национальный технический университет

В любом обществе кадровая политика государства на всех уровнях хозяйствования имеет основополагающее значение для успешного развития производственных отношений людей, создающих экономический базис страны.

Аппарат руководителей на отечественных предприятиях в определенной степени характеризуется тремя негативными факторами: низкой собственной социальной ответственностью, недостаточным профессиональным образованием, отсутствием должного рабочего опыта.

Необходимо создавать систему подбора кадров, направленную на морально-профессиональный их отбор, который должен проводиться на конкурсной основе не вышестоящими организациями, а специалистами на уровне субъекта хозяйствования. Прототипом такой системы может в определенной степени служить подбор кадров в медицине. Сложно предположить, что стоматологу позволят выполнять работу терапевта.

Руководителем предприятия может стать человек, получивший диплом в коммерческом институте или в государственном на уровне «удовлетворительно».

Учебные заведения необходимо «обозначить» по степени возможного квалификационного уровня обучающихся. По этому критерию нельзя сравнивать, например, БГУ, БНТУ с негосударственными институтами. С другой стороны, претендента на должность руководителя необходимо оценивать по профессиональной категории учебного заведения, которое он закончил.

При назначении претендента на должность руководителя любого звена необходимо принимать во внимание его профессиональный опыт. Зачастую руководителями становятся люди, плохо справляющиеся со своими обязанностями на прежней работе. Фактор опыта должен быть удостоверен документально характеристикой ранее достигнутых результатов по месту предыдущей работы.

И, наконец, важным фактором является социально-моральный облик претендента: состояние его семьи, уровень общественного поведения на прежней службе и др.

Характеристика претендента на должность руководителя также должна основываться не на отзыве его непосредственного начальника, а на документальном подтверждении его деятельности отделом кадров.

**Модели генеральной совокупности**

Шило А.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Возможно построение трёх видов экономико-математической модели генеральной совокупности: полной, упрощённой и с доверительной вероятностью.

В случае полной модели требуется математическое исследование всех объектов генеральной совокупности. Полная модель включает: вариационный ряд, числовые характеристики положения (среднее арифметическое, моду, медиану), характеристики размаха признака (дисперсию, среднее квадратическое отклонение) и характеристики формы (асимметрию и эксцесс).

Однако на практике полное обследование либо невозможно, либо экономически нецелесообразно. Поэтому широко применяется выборочное обследование, когда анализу подвергается только часть объектов генеральной совокупности, называемой выборкой. Существующая модель точечной и интервальной оценки среднего арифметического генеральной совокупности по результатам выборки очевидно мало информативна, а её практическая значимость близка к нулю.

Автором на основании разработанной им инновационной методики анализа выборочного наблюдения построена экономико-математическая модель, позволяющая всесторонне проанализировать генеральную совокупность с достаточно высокой степенью надёжности. По заданной доверительной вероятности и полученной средней ошибке выборки рассчитывается доверительная ошибка генеральной совокупности. По ней производится интервальное оценивание не только среднего арифметического, но и, что очень важно, определяется интервал размаха признака генеральной совокупности и вероятность его отдельного значения. Более того, при известном объёме генеральной совокупности можно определить количество её объектов, обладающих конкретным значением признака и оценить погрешность расчетов.

И, наконец, модель даёт возможность провести также аналитическое оценивание исследуемого статистического распределения, т.е. описать формулой соответствующего теоретического – пуассоновским, показательным или нормальным.

Литература:

Шило А.Ф. Инновационная методика анализа выборочного наблюдения. – Наука и техника. – 2012, №5.



**Совершенствование подхода по осуществлению анализа и оценки  
эффективности управления инновационной деятельностью  
на предприятиях транспорта**

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время при оценке эффективности управления инновационной деятельностью руководствуются Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов, которые не в полной мере подходят для оценки эффективности инновационной деятельности. Это обусловлено тем, что в создании и использовании инноваций задействован более широкий круг участников по сравнению с инвестиционным проектом.

Цена на нововведение должна найти признание у потребителя, в то время как цена на нововведение, которое предусмотрено инвестиционным проектом, уже получила свое подтверждение на рынке. Достижение конечного результата инновационного процесса связано с более высокими рисками по сравнению с осуществлением инвестиционного проекта.

Воздействие этих факторов обуславливает особенности определения экономической эффективности инноваций, состоящие в следующем.

1. При оценке эффективности инноваций необходимо:

- учитывать не только общую массу дохода, который возможно получить за весь срок полезного использования нововведения, но и его прирост в сравнении с аналогом;

- различать: расчетный год внедрения; первый год после окончания нормативного срока освоения нововведения; начальный год срока полезного использования инноваций; срок полезного использования нововведения; последний год срока полезного использования инноваций.

2. При оценке эффективности нововведений в отличие от оценки эффективности инноваций необходимо значительно большее внимание уделять процессу выбора наилучшего варианта из числа возможных.

3. Метод оценки эффективности инноваций должен базироваться на системе оценочных показателей, учитывающих государственные интересы, интересы создателей, производителей, потребителей и бюджета, в то время как методы оценки эффективности инвестиций дублируют друг друга и позволяют оценить эффективность инновационных проектов лишь с позиций инвестора при заданных им ограничениях.

4. Методы оценки эффективности нововведений должны включать показатели, отражающие интегральный (общий) эффект от создания, производства и эксплуатации нововведений.

**Логистика поставок газового топлива**

Антюшеня Д.М.

Белорусский национальный технический университет

Непрерывность заправки автомобильного транспорта – одна из основных задач сети автомобильных газонаполнительных станций. Для ее обеспечения необходимо предусмотреть поставку заправляемого топлива и использование безлюдных технологий для информирования подразделений головной организации.

При использовании сжиженных газов можно уверенно говорить о применимости к ним автоматизированных систем поставки жидких моторных топлив для автомобильных заправочных станций.

Конечно, существуют более жесткие ограничения, связанные в первую очередь с испарением и фактическим сроком хранения газового моторного топлива, однако это можно учесть как дополнительный параметр при организации цепочек поставок топлива и его распространения по точкам реализации.

Схемы логистики для компримированного природного газа (КПГ) будут иметь значительные отличия. В первую очередь, это связано с ограниченными объемами газа, подлежащими транспортировке, – от 2 до 5 тыс. м<sup>3</sup>. При этом объем средней заправки одного автобуса составляет примерно 190 м<sup>3</sup> при давлении 20 МПа.

Таким образом, газом из одного комплекта баллонов, подключенных к компрессорному блоку, при коэффициенте опорожнения 0,94 можно заправить от 10 до 25 автобусов или грузовых автомобилей.

Такой пропускной способности может быть достаточно только для выделенной станции дозаправки автобусов, расположенной по пути следования.

На станции, предназначенные для заправки проезжающего транспорта при потоке более 2 автомобилей в час, придется доставлять газомоторное топливо, как минимум, два раза в сутки и содержать парк свободных емкостей, находящихся в обороте. Только 45 % их числа будут одновременно использоваться для заправки транспорта, остальные будут находиться под заправкой, в пути следования к месту использования, на ремонте, обследовании или диагностике.

Возможны варианты установки емкостей на заправочных станциях и закачка газа в них. Однако возникают проблемы с их наполнением, изготовлением, доставкой и освидетельствованием.

## Использование скользящих показателей при прогнозировании спроса на автотранспортные услуги

Макаревич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Из-за нестабильности рыночной конъюнктуры прогнозирование объемов заказов на автотранспортные услуги по результатам маркетинговых исследований является задачей трудоемкой, поскольку оно связано с необходимостью производить громоздкие статистические расчеты. Методы прогнозирования спроса в рамках трендового анализа динамических рядов применяются для автотранспортных услуг. Маркетолог располагает статистическими данными об объемах заказов в предыдущие периоды и на их основании строит тренды, руководствуясь формулами: оптимистического среднего скользящего; пессимистического среднего скользящего.

Общая формула среднего скользящего для прогноза объемов заказов на автотранспортные услуги может быть представлена в виде:

$$Q_{n+1} = Q_n + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Q_i}{m-k} - Q_{n-m+1}$$

где  $n$  – статистика прогноза;

$m$  – база прогноза;

$k$  – константа управления моделью прогноза (число 1, 2 или 3).

Управление моделью прогноза осуществляется перебором величины  $k$ .

При необходимости учесть общий тренд к расширению или сокращению объемов спроса на автотранспортные услуги, используется комбинированный метод, который чаще всего заключается в чередовании формул сглаживания и скользящего по расчетным периодам.

По правилу мажорантности основные величины выстраиваются по возрастанию в строгий ряд: среднее гармоническое, среднее геометрическое, среднее арифметическое, среднее квадратическое, среднее кубическое, среднее биквадратическое. Таким образом, маркетолог имеет в своем распоряжении два инструмента для оптимистического прогнозирования спроса, два – для пессимистического прогнозирования и два – для усредненного. Это свойство постепенного возрастания средних величин также может быть использовано маркетологами при оценке спроса на автотранспортные услуги для построения пессимистических, оптимистических или усредненных прогнозов продаж в зависимости от стадии экономического кризиса.

**Совершенствование управления инвестиционно-инновационной деятельностью в рамках стратегического развития предприятий транспорта**

Сойко Р.А.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе экономических отношений транспорт является важным связующим звеном в экономике Республики Беларусь, без которого невозможно функционирование ни одной отрасли хозяйства, ни одного региона страны. Стабилизация положения в экономике, ее подъем требуют решения основных проблем транспортного комплекса.

Целью инновационного развития национальной экономики Республики Беларусь в 2014-2015 годах является формирование новой технологической базы, обеспечивающей высокий уровень конкурентоспособности национальной экономики Республики Беларусь.

В составе транспортно-логистической сети страны будут созданы:

- региональные (областные) мультимодальные логистические центры, локальные распределительные центры, контейнерные терминалы;
- развитая транспортная автодорожная инфраструктура;
- авиационная инфраструктура;
- логистическая информационная система и система контроля грузодвижения;
- интеллектуальная транспортная система безопасности.

Единый методологический подход при разработке транспортно-логистической сети страны и программ реализации позволит в дальнейшем построить в рамках международных транспортных коридоров логистический сервис, соответствующий международным стандартам.

Сохранение, эффективное функционирование и успешное развитие транспортного предприятия, наиболее полное удовлетворение запросов потребителей являются главными целями транспортного предприятия. Реализация этих целей достигается благодаря повышению доходности капитала. Управление ресурсами предприятия подчинено этим целям.

В рамках стратегии развития для разработки инвестиционного плана и оценки инвестиционных проектов могут быть поставлены и рассмотрены пути реализации следующих целей:

- достижения минимального и требуемого инвестором процента на капитал;
- увеличения средней нормы рентабельности капитала и рентабельности собственного капитала;
- уменьшения срока окупаемости инвестиций.

## **Преимущества организации перевозки сборных грузов**

Стефанович Н.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на автомобильном транспорте часто используют сборные грузоперевозки, которые позволяют перемещать небольшие объемы товаров по определенной схеме:

- перевозка разнородного груза, предназначенного для одного получателя и загруженного в одном месте в одно транспортное средство;
- сбор груза для одного получателя в нескольких местах погрузки одним транспортным средством;
- доставка грузов от нескольких грузоотправителей одним транспортным средством для нескольких грузополучателей в одном направлении.

Самым трудно прогнозируемым и организуемым является третий вариант совместной перевозки. Ведь для того чтобы доставить грузы разных грузополучателей в точку В, необходимо сначала собрать их в точке А. Наличие такой точки и постоянный грузопоток из нее позволяет создать линию по перевозке сборных грузов, или так называемый консолидационный склад, построенный в пределах логистического центра, который выгодно размещается в местах пересечения транспортных путей, недалеко от крупных потребителей или производителей товаров, что позволяет существенно уменьшить транспортные расходы.

Причем консолидация партии товара с несколькими попутными партиями дает возможность сократить транспортные расходы для каждого из участников совместной перевозки грузов, т.к. общие затраты на транспортировку будут делиться между ними. Однако правильное деление требует переосмысления, ведь в одном транспортном средстве могут перевозиться грузы с разными характеристиками (вес, габариты и др.) и каждый из них должен быть учтен при распределении транспортных издержек.

Введем показатель «расчетная масса отправки», который будет учитывать как характеристику массы перевезенного груза, так и характеристику площади, занимаемой данной партией товара в автомобиле. Этот показатель позволит определить затраты каждого грузоотправителя в объединенной грузоперевозке, а полученная в результате расчетов величина будет значительно меньше при совмещении грузопотоков от нескольких отправителей, чем в случае, когда перевозится небольшая партия груза в данном направлении и не используется по максимуму свободное пространство автотранспортного средства.

## **Формирование портфеля инвестиционного проекта (на примере ОАО «Белмагистральавтотранс»)**

Якубовская Т.Л., Алимova В.В.

Белорусский национальный технический университет

Инвестиционная политика перевозчика представляет собой довольно продолжительный процесс и поэтому должна осуществляться с учетом определенной перспективы.

Формирование направлений этой деятельности представляет собой процесс разработки инвестиционной стратегии перевозчика, под которой понимается формирование системы долгосрочных целей инвестиционной политики и выбор наиболее эффективных путей их достижения. Для этого необходимо сформировать сбалансированный портфель инвестиционных проектов.

Процесс формирования портфеля реальных инвестиционных проектов включает несколько этапов:

Этап 1. Поиск инвестиционных возможностей. Предприятие в рамках разработанной инвестиционной стратегии, вне зависимости от наличия инвестиционных ресурсов, должно проводить активный поиск вариантов реальных инвестиционных проектов для возможной их реализации.

Этап 2. Первичный отбор инвестиционных проектов на основе многокритериальности. Можно выделить следующие группы критериев отбора проектов при рассмотрении их инвестором:

а) внешние критерии; б) критерии научно-технической перспективности; в) экономические критерии; г) производственные критерии; д) рыночные критерии.

Несоответствие проекта большинству критериев влечет за собой отказ от его дальнейшего рассмотрения.

Этап 3. Выбор главного критерия отбора проектов в инвестиционный портфель и формулировка системы ограничений. Наиболее существенную роль в процессе формирования портфеля инвестиционных проектов играет отбор объектов инвестирования по критерию доходности. В качестве критериального показателя доходности, который должен быть максимизирован, используется показатель чистого приведенного дохода инвестиционного портфеля, отражающий совокупный эффект инвестиции:

$$NPV \rightarrow \max$$

Этап 4. Окончательный отбор инвестиционных проектов, формирование инвестиционного портфеля.

## Подходы к оценке инвестиционной привлекательности

Якубовская Т.Л., Алимова В.В.

Белорусский национальный технический университет

Инвестиционная привлекательность в современных условиях является одной из важнейших характеристик деятельности хозяйствующего субъекта, поскольку она прямо влияет на его перспективы развития, конкурентоспособность, финансовую устойчивость, кредитоспособность.

Рассмотрим существующие методики оценки инвестиционной привлекательности компаний.

1. Методика Федоровича Т.В. Включает следующие этапы: оценка положения на рынке, оценка деловой репутации, оценка зависимости компании от крупных поставщиков и покупателей, оценка акционеров компании, оценка уровня руководства.

2. Методика Сеницына Е.В., Стерхова А.В. Вместо традиционно используемых показателей рентабельности в модели, используется показатель нормализованной операционной прибыли NOPLAT, представляющий собой операционную прибыль компании EBIT, уменьшенную на скорректированные налоги. Использование показателя (NOPLAT) позволяет более корректно оценить размер прибыли, доступной для использования внутри компании. Также используется свободный денежный поток от операционной деятельности (до вычета инвестиций), представляющий собой сумму нормализованной операционной прибыли до вычета налогов и амортизации.

3. Методика Ямпольского Ю.П. Цель данной методики – определение инвестиционной привлекательности территориальных генерирующих компаний, выдача рекомендаций о возможности приобретения компании, а не о цене покупки. Оценка построена на интегральной оценке таких компаний.

4. Квалиметрическая модель. Состоит из многоуровневого дерева свойств, коэффициентов весомости, абсолютных и относительных показателей свойств, а также способа вычисления интегрального показателя оцениваемого объекта.

5. Индикативная методика. Данная методика основана на двух показателях-индикаторах, которые позволяют качественно оценить инвестиционную привлекательность того или иного предприятия. Индикаторами в этой методике выступают: рентабельность активов и экономическая добавленная стоимость (EVA).

**Анализ системы мультимодальных перевозок грузов  
в Республике Беларусь**

Зубрицкий А.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Последние несколько лет, особенно важными стали задачи, связанные с перспективами развития новых транспортных проектов и модернизацией существующей инфраструктуры на транспорте в Республике Беларусь, что еще более актуализирует задачу организации эффективного управления мультимодальными транспортными потоками.

В настоящее время в Республике Беларусь насчитывается более 600 компаний, предлагающих транспортно-экспедиционные услуги. Большая часть компаний (по оценкам участников рынка, около 65 %) предлагают одновременно несколько видов логистических услуг – экспедирование, транспортировку, складирование, таможенную очистку.

Примерно 70 %-75 % от общего количества игроков рынка – небольшие частные отечественные компании.

Как правило, они располагают небольшим парком собственного транспорта (в подавляющем числе случаев это автомобили, парк до 50 машин). Большая часть таких компаний не имеет собственных Интернет-сайтов, не участвует в выставках и рейтингах, находит клиентов через связи и частные объявления. Мелкие игроки выступают в качестве организаторов экспедирования и транспортировки, при необходимости обращаясь к крупным грузоперевозчикам. Их отличительная особенность – низкие тарифы, высокая оперативность, гибкость в предоставлении условий клиенту. При этом, основной упор сделан на международные перевозки грузов.

В связи с принятием в 2001 году Инвестиционного Кодекса Республики Беларусь (№ 37-З, с учетом изменений и дополнений) и активной деятельности государства направленной на привлечение частного капитала в проекты концессий на транспорте, задачи эффективной оценки, расчета и оптимизации схем мультимодальных перевозок выходят на передний план, что обусловлено:

- потребностью в организации комплексного подхода к оценке конкурентной позиции на основе методов логистического маркетинга в условиях динамично развивающихся потребностей клиентов в разнообразии и качестве транспортных услуг;
- необходимостью разработки логистических методов оценки эффективности организации мультимодальных перевозок.



**Международные тенденции рынка мультимодальных перевозок  
в Республике Беларусь**

Кравченко М.А., Зубрицкий А.Ф.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время основная масса грузовых и пассажирских перевозок в странах ЕС-27 осуществляются с участием двух и более видов транспорта. Так, 80% грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, зарождается и погашается на подъездных путях промышленных предприятий. Примерно 90% грузов, прибывающих в морские порты, передаются на железнодорожный транспорт. Около 50% грузов речного транспорта поступает также на железные дороги. Большая доля нефтегрузов передается с трубопроводов (через базы) на железнодорожный, морской, речной и автомобильный виды транспорта.

Условия взаимодействия различных видов транспорта, в настоящее время нельзя признать оптимальными. Пунктами непосредственного взаимодействия являются транспортные узлы, где обслуживаются различные виды транспорта.

В силу исторических причин и ввиду частного и ведомственного владения средствами транспорта, а также под влиянием географических, топографических и других естественных условий, развитие и размещение в транспортных узлах основных объектов, относящихся к разным видам транспорта (железнодорожные станции и соединительные ветви, речные и морские порты, автомобильные предприятия и дороги, аэропорты, склады и др.) – и в том числе в Республике Беларусь, – проводилось часто обособленно друг от друга без достаточного учета необходимости быстрее перехода грузовых и пассажирских потоков с одного вида транспорта на другой.

Именно поэтому названные объекты в транспортных узлах оказывались размещенными по отношению друг к другу неудобно, имели различную мощность (пропускную и перерабатывающую способность), не обладали нужными соединительными связями.

Указанное положение вытекало из определенных взглядов, что каждый данный узел есть конечный пункт следования грузов и пассажиров. Юридически и фактически для транзитных потоков перевозочный процесс в узлах прерывался.

Транзитный пассажир, прибывший в узел одним из видов транспорта, для продолжения поездки должен был купить новый билет на другой вид транспорта, а грузовладелец, выгружая прибывший груз, снова сдавал его к отправлению.

**Логистические схемы поставки материальных ресурсов  
при реконструкции автомобильных дорог**

Царенкова И.М.

Белорусский государственный университет транспорта

Реконструкция проводится с целью повышения основных технико-экономических показателей и потребительских свойств существующих автомобильных дорог и дорожных сооружений. При этом требуется большое количество разнообразных материальных ресурсов, занимающих в структуре сметной стоимости работ более 60%. Причем около половины затрат связано с привозными материалами, такими как битум, цемент, щебень. На данном этапе развития дорожного хозяйства функционирует схема централизованной поставки материалов через РУП «Белдорресурс», позволяющая сократить непроизводственные затраты на закупочную деятельность.

Однако, сокращение времени между поступлением и потреблением материала с целью снижения затрат на его хранение требует разработки логистических схем поставки, объединяющих производителей, перевозчиков и потребителей, с целью своевременного обеспечения объектов дорожного строительства материалами. Определяющим критерием выбора выступает экономический эффект в результате применения принципов логистики при продвижении материального потока. Формирующими показателями выступают эффекты, полученные от уменьшения затрат на хранение материалов; сокращения их количества на складе и ускорения поступления оборотных средств в производство; уменьшения погрузочно-разгрузочных работ; снижения потерь при транспортировке и уменьшении времени доставки; внедрения электронных технологий оформления перевозок; сокращения потребности в транспортных средствах и затрат на их содержание.

Вариантная разработка логистических схем осуществляется с учетом взаимосвязей между субъектами логистической системы, определения логистических затрат и расчета влияния технологических параметров на критерий эффективности. Наличие нескольких производителей в одном регионе делает материалы взаимозаменяемыми и позволяет оптимизировать перекрещивающиеся материальные потоки на полигоне сети реконструируемых автомобильных дорог. Обосновываются рациональные маршруты транспортирования, комплектуются заготовительно-транспортные подразделения подобранного состава, обеспечивающие требуемый темп поставки при наименьшей стоимости работ и сводящие к минимуму риск простоев.

## **Особенности функционирования современных логистических центров**

Краснова И.И., Каратченя А.А., Гриневич Е.А.  
Белорусский национальный технический университет

Логистические центры играют огромную роль в функционировании транспортного комплекса и выполняют широкую гамму разнообразных функций: логистические, вспомогательные и дополнительные. Для эффективного управления логистическими центрами были разработаны различные концепции функционирования оных.

Основной причиной появления логистических центров являются коренные преобразования, происходящие в экономике, которые приводят к распространению сложных логистических технологий. Эти инновации имеют отношение к изменению уровня обслуживания клиентов, экономии времени, необходимости снижения стоимости обслуживания, развитию процессов глобализации и организационной интеграции в рамках данной логистической цепи поставок.

В Европе наиболее известными концепциями функционирования логистических центров являются: французские – *plates-forms multimodales*; немецкие – *Güterverkehrszentrum*; британские – *Freight village*; итальянские – *interporto*.

Современный логистический центр на сегодняшний день выполняет широкую гамму как логистических, так и нелогистических функций, которые можно разделить на логистические, вспомогательные и дополнительные.

С точки зрения широты исполняемых функций, транспортно-логистические центры подразделяются на территориальные, региональные, общего назначения, ведомственные, специализированные. Современные концепции функционирования, также предполагают разбиение логистических центров на многофункциональные логистические центры за рубежом, республиканские и региональные.

В настоящее время логистический центр предполагает наличие следующих подразделений: железнодорожный контейнерный терминал, склады хранения, оборудованные загрузочными доками, склады общего пользования для долгосрочного хранения товаров, стоянки для грузового автотранспорта, отделение таможи, таможенные брокеры, банки, станции технического обслуживания транспорта и др. В непосредственном выполнении транспортно-логистических операций, как единого целого, обеспечивается выполнения основных производственных функций логистического центра.

**Система сбалансированных показателей, как инструмент оценки эффективности деятельности автотранспортного предприятия**

Краснова И.И., Скоркин Д.А., Бартош А.А.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время все большее количество автотранспортных предприятий, работающих на белорусском рынке, как отечественных, так и с долевым участием иностранного капитала признают логистику и управление цепями поставок основными источниками повышения эффективности и конкурентоспособности. При этом одной из актуальных задач становится задача оценки вклада логистики в конечные результаты деятельности автотранспортных предприятий. Если операционные затраты на логистику достигают больших величин, становится понятно стремление топ-менеджмента фирмы минимизировать затраты на логистическую деятельность при ограничениях на базовый уровень качества реализуемых ею услуг. Достижение баланса затраты/сервис является естественной логистической стратегией и тактикой большинства предприятий.

Правильной оценке различных рычагов влияния логистики на эффективность деятельности конкретного предприятия часто мешает отсутствие продуманной системы достоверных показателей и методик их расчёта. В связи с этим заслуживает внимания опыт применения системы сбалансированных показателей (ССП), разработанной Робертом Капланом и Дэвидом Нортонем в ходе многолетних исследований.

Суть методологии внедрения СПП состоит в том, что менеджмент компании или внешние консультанты, проанализировав бизнес-процессы, выделяют значимые для компании области деятельности и в этих областях назначают совокупность показателей, которые подлежат регулярному измерению на основе данных, полученных из учетной системы. Из выделенного списка потенциально измеримых характеристик компании отбираются ключевые показатели результативности для всех ключевых бизнес-процессов. Критерием отбора является баланс между возможностью контроля достижения стратегии и информационной прозрачностью фирмы.

Степень достижения целей, эффективность бизнес-процессов и работы всей компании, ее подразделений и каждого сотрудника при этом определяется значениями, так называемых ключевых показателей результативности. Благодаря использованию СПП компании не только оценивают свою работу, но и сравнивают полученные результаты с аналогичными показателями других компаний – конкурентов, поставщиков, клиентов.

## **Организационный механизм реализации проектов государственно-частного партнерства в Беларуси**

Ярошевич Е.Е., Краснова И.И.

Белорусский национальный технический университет

Развитию партнерства государства и бизнеса уделяется в нашей стране много внимания. Министерством экономики совместно с ЕЭК ООН проделана огромная работа по развитию государственно-частного партнерства (ГЧП).

Особый интерес вызывает организационный механизм реализации проектов ГЧП. Для проекта предусматривается 4 основные стадии: прединвестиционная, инвестиционная, эксплуатационная и ликвидационная. Каждая из них подразделяется на определенные этапы с различным количеством участников.

На этапе «Инициирование и отбор проектов, составление перечня объектов» ключевую роль играют органы власти. Прошедший все согласования проект вносится на рассмотрение в Министерство экономики, где с привлечением Центра ГЧП, проводится анализ и оценка предложений. Затем проект включается в Перечень объектов, которые осуществляются на принципах ГЧП.

Инвестиционная стадия предусматривает этап реализации проекта, который включает создание объекта ГЧП, финансирование, распределение и управление рисками.

На стадии эксплуатации проекта частный партнер организует производство продукции (работ, услуг) и поставки готовой продукции; создает систему управления, наем и подготовку работников; создает, проводит техническое обслуживание и ремонт активов объекта; распределяет прибыль и погашает долг.

Ликвидационная стадия предусматривает этап завершения проекта. Государственный партнер оценивает вариант выхода из проекта; управляет процессом прекращения соглашения и передачи активов; проводит мониторинг передачи бизнеса государственному органу.

Таким образом, непосредственное взаимодействие государственного и частного партнера по поводу реализации проекта ГЧП начинается с этапа создания проектной компании на прединвестиционной стадии.

Нельзя не отметить создание специализированной организации по вопросам государственно-частного партнерства – Центра ГЧП.

Необходимо отметить, что продуманный организационных механизм реализации проектов ГЧП и создание Центра ГЧП в Беларуси должны стать залогом успешного развития партнерства государства и бизнеса.

**Развитие транспортно-логистического рынка в Беларуси**

Антюшеня Д.М., Данилова М.А.

Белорусский национальный технический университет

Развитие рынка логистических услуг в Беларуси отстает по сравнению с соседями на 3-5 лет. Тем не менее, большинство крупных компаний и торговых центров имеют собственные отделы логистики и, главное, хотя устаревшие, но собственные склады. На внутренних линиях функционируют в основном небольшие транспортные компании и индивидуальные предприниматели, связанные с импортерами, осуществляющие деятельность по упрощенной схеме налогообложения, которая позволяет им предлагать демпинговые цены.

Из-за высокой доли собственной логистики у белорусских производителей и торговых компаний их спрос на транспортно-логистические услуги по-прежнему низкий (всего около 23-25%, тогда как в ЕС 80% – оценка Всемирного банка). Зарубежный опыт показывает, что собственная логистика увеличивает затраты на логистику на 50%. Таким образом, спрос на современные транспортно-логистические услуги (контрактная логистика) будет расти. Аутсорсинг логистических услуг позволит белорусским предприятиям сократить затраты на логистику и высвободить складские площади для других целей.

Экспорт грузовых транспортных услуг вырос за последние 15 лет в 8 раз. Быстрее всего осуществляется рост перевозок автомобильным транспортом. Белорусские перевозчики по большей части обслуживают европейский импорт товаров в Россию, который составляет около 10% всего импорта. Доля белорусских перевозчиков составляет около 8% от общего количества транзитных грузов, проходящих через Беларусь.

Создание Таможенного союза увеличит транзитные потоки через Беларусь между ЕС и Центральной Азией, Казахстаном и Китаем. Транзитные потоки увеличатся в направлении Калининграда, а в 9-м коридоре — между странами Балтии и Украины, Молдовы, Турции и т.д. Прогнозируется, что объем грузов автомобильным транспортом через территорию Беларуси к 2020 году увеличится, как минимум, в два раза, что приведет к увеличению спроса на услуги по хранению грузов и их консолидации.

Развитие рынка транспортно-логистических услуг в Республике Беларусь будет осуществляться со следующими показателями: в нижнем сегменте (услуги по перевозке, грузоперевалке и складированию) прогнозируется ежегодный прирост в 2-5%. Для среднего сегмента контрактной логистики прирост составит 10-15%. Наибольший прирост

прогнозируется для высшего сегмента системной интеграции и управления цепочками поставок.

При должном развитии логистического обслуживания уже в 2015 г. Республика Беларусь получит экономический эффект в размере 5,7 млрд. долл. США.

УДК 656

### **Развитие комбинированных перевозок в рамках ЕЭП**

Захаров Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Важной проблемой, стоящей перед транспортом в современных условиях, является повышение его конкурентоспособности за счет привлечения дополнительных объемов перевозок, внедрения прогрессивных, в том числе принципиально новых технологий и технических средств, снижения себестоимости и повышения качества транспортного обслуживания клиентуры.

Комбинированные автомобильно-железнодорожные перевозки являются одним из перспективнейших способов сухопутной транспортировки грузов. Такая перевозка сочетает оперативность и маневренность автомобильного транспорта с надежностью и безопасностью железнодорожного.

В ближайшей перспективе (3-5лет) комбинированные перевозки должны стать одним из инновационных проектов реализуемом совместно (Беларусью, Россией, Казахстаном) в рамках единого экономического пространства (ЕЭП).

Для эффективного развития контрейлерных перевозок в Республике Беларусь необходима:

- государственная поддержка в решении ряда вопросов тарифной и таможенной политики, как на территории нашей страны, так и на территории соседних государств;
- разработка программы развития контрейлерных перевозок с учетом конкурентоспособных тарифов;
- введение упрощенного порядка таможенного оформления автопоездов на железнодорожных станциях;
- определение источников финансирования для приобретения специализированного подвижного состава;
- освобождение автоперевозчиков, участвующих в контрейлерных перевозках, от дорожного и экологического налогов.

**Современная оценка конкурентоспособности мультимодальных перевозок в Республике Беларусь**

Зубрицкий А.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Характерными чертами функционирования транспорта в условиях рыночной экономики являются такие объективные обстоятельства, как новые экономические условия и формы работы, формирование рынка услуг транспорта, усиление конкуренции между предприятиями транспорта и различными видами транспорта, развитие сети транспортно-экспедиционных, лизинговых, информационно-посреднических и других предприятий.

В условиях развития транспортного рынка и конкуренции различных видов транспорта появляются нетрадиционные способ организации перевозок, в том числе и мультипликационные. Вместе с тем, применение смешанных перевозок, целесообразно при определенных условиях и сопровождаются рядом проблем технического, экономического и информационно-методического характера.

К последним, в частности, относятся проблемы, с которыми сталкиваются транспортно-экспедиторские предприятия или грузоотправительские/грузополучательские предприятия республики: отсутствие информации о степени надёжности перевозчика, необходимость учета многочисленных особенностей условий контрактов, обеспечение необходимого качества транспортного обслуживания заказчиков, оптимальностью выбора логистических цепей в процессе товародвижения с учетом различия хозяйственных интересов участников процесса.

Транспортно-логистические системы для организации грузовых перевозок обычно ориентированы на использование несколько видов транспорта. При этом задача выбора наиболее приемлемого их сочетания является актуальной и может быть решена на основе подхода, позволяющего минимизировать суммарные затраты. В то же время важнейшим показателем перевозочного процесса являются качество и конкурентоспособность транспортных услуг, которые также необходимо отслеживать и оценивать. Однако выполнение такой оценки затруднено в связи с отсутствием методик, пригодных для выполнения сравнительного анализа.

Связано это с тем, что качество услуг, оказываемых грузовым перевозчиком, определяется сочетанием большого числа различных факторов, учесть которые в рамках единого подхода затруднительно.



## **Повышение конкурентоспособности работы электрического транспорта**

Пилипук Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

ОАО "Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш» имеет 39-летний опыт в отрасли машиностроения и является ведущим производителем подвижного состава городского электротранспорта не только в Беларуси, но и в СНГ. Успех марки обусловлен, прежде всего, оптимальным соотношением цены и качества. Предприятие гарантирует оперативность выполнения заказа, проведение поставок в минимальные сроки. Современная философия предприятия – это разработка новейших образцов техники, постоянное совершенствование ее качества и полное сервисное обслуживание продукции в соответствии с жесткими требованиями потребителей. Основные стратегические задачи ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш»:

- обдуманно и эффективно внедрять передовые технологии в соответствии с потребностями покупателей;
- выстраивать долгосрочные партнерские отношения с клиентами и деловыми партнерами;
- создавать новые образцы техники, способные обеспечить лидерство в своих классах на протяжении ближайших 5–10 лет;
- внедрять систему бережливого производства и сокращать издержки;
- развивать товаропроводящую сеть и осваивать новые рынки сбыта;
- укреплять положительный имидж предприятия.

В 2013 году ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш» совместно со своим партнёром “Stadler Rail AG” представили новинку - сочленённый трёхосный троллейбус модели 43303A VITOVIT MAX DUO, разработанный и собранный специалистами компании. Сочленённая модель троллейбуса представляет собой инновационное решение для городов с большим пассажиропотоком, а также маршрутов с плотным транспортным движением. Кроме того, данная модель сочленённого троллейбуса оборудована дизель-генераторной установкой, что выделяет её, как среди автобусов, так и среди троллейбусов с асинхронным двигателем. Троллейбус с подобной установкой может функционировать на бесконтактных маршрутах, обладая тем самым большей мобильностью, по сравнению с традиционными троллейбусами, и являясь более экологичными, по сравнению с автобусами.

## **Современная тенденция развития городского пассажирского транспорта**

Пилипук Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Ведущий производитель подвижного состава городского пассажирского транспорта "Белкоммунмаш" образован в 1973 году как Ремонтный трамвайно-троллейбусный завод. В 2010 году предприятие преобразовано в ОАО. Сегодня на белорусских троллейбусах ездят в 50 регионах ближнего и дальнего зарубежья. География продаж минских троллейбусов кроме городов в Беларуси охватывает всю территорию России (более 30 регионов) от Калининграда до Владивостока. Городской электротранспорт "Белкоммунмаша" предпочитают также в Украине, Монголии, Латвии, Казахстане, Сербии, Молдове и Болгарии.

ОАО «Белкоммунмаш» находится в постоянном поиске новых, инновационных решений. Предприятие стремится быть все время на шаг впереди конкурентов. Основной принцип работы – найти индивидуальный подход к каждому потребителю и удовлетворить все его пожелания. Поэтому при производстве продукции учитываются все пожелания заказчика, и каждый потребитель может получить свой, индивидуальный троллейбус. Например, троллейбус для Минска отличается от троллейбуса для Москвы, у которого входная передняя дверь двустворчатая для удобства установки валидатора и рационального распределения пассажиропотока при входе-выходе из салона в связи с их спецификой организации пассажироперевозок. Троллейбусы для северных регионов России оснащены дополнительной системой отопления, а также электрооборудованием, способным выдерживать серьезные перепады температуры.

Залогом ценовой конкурентоспособности «Белкоммунмаша» является инвестирование в производство в виде новых технологий и оборудования. Жесткая конкуренция диктует необходимость постоянного технологического обновления.

Мощности «Белкоммунмаша» позволяют собирать 300 троллейбусов и 150 трамваев в год.

В Беларуси практически не осталось троллейбусов и трамваев не отечественного производства.

Сейчас новое перспективное направление «Белкоммунмаша» — совместное со Stadler производство в Фаниполе под Минском. Уже строится завод, который произведет первую технику — поезда Flirt для «Аэроэкспресса» в Москве.

## **Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла продукта**

Васильев С.М.

Белорусский государственный университет транспорта

Для повышения конкурентоспособности предприятий и вывода отечественной продукции на уровень лучших мировых аналогов необходимо адаптировать ее к условиям эксплуатации и требованиям стран-импортеров, и в частности, расширять предложение по сервисным услугам с использованием международных стандартов и CALS-технологий (интегрированной логистической поддержки на всех этапах жизненного цикла продукта), осуществлять сервисное сопровождение с обязательной дальнейшей поддержкой комплектующими изделиями и запчастями к этой продукции, а также разрабатывать и предлагать программы по модернизации.

Концепция CALS активно применяется в промышленности, строительстве, транспорте и других отраслях экономики ведущих зарубежных компаний и охватывает все этапы жизненного цикла продукта – от маркетинга до утилизации. Это стратегия перехода на безбумажную электронную технологию и повышения эффективности бизнес-процессов за счет информационной интеграции и совместного использования информации в единой электронной среде для процессов проектирования, производства, испытания, поставки и эксплуатации продукции.

CALS – концепция и идеология информационной поддержки жизненного цикла продукции, основанная на использовании единого информационного пространства (интегрированной информационной среды - ИИС), обеспечивающая единообразные способы взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков, производителей и поставщиков продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованная в форме международных стандартов, регламентирующих правила электронного обмена данными. Концепция CALS определяет набор правил, регламентов, стандартов, в соответствии с которыми строится информационная система управления предприятия.

Скорейшее внедрение CALS в нашей стране потребует интеграции науки, образования и производства, подготовки и переподготовки собственных кадров по CALS – технологиям. Разработка и внедрение информационных технологий при проектировании, изготовлении и эксплуатации продукции, обеспечит ее высокое качество и конкурентоспособность.

## **Оптимизация скоростей доставки грузов в транспортно-логистических цепях**

Зеньчук Н.Ф.<sup>1</sup>, Гомза Н.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет

<sup>2</sup> Белорусский национальный технический университет

Скорость доставки грузов – один из важнейших показателей, характеризующих качество работы транспортно-логистической цепи. Высокая скорость доставки является конкурентным преимуществом на рынке перевозок.

Однако, увеличение скоростей доставки грузов связано с увеличением расходов, что не всегда оправдано. В связи с этим актуальной является проблема оптимизации скоростей доставки в транспортно-логистических цепях с учётом расходов на доставку.

В общей величине расходов на доставку груза в транспортно-логистической цепи значительную долю занимает группа расходов, связанных непосредственно с движением (физическим перемещением) транспортных средств (далее – движущая составляющая). Движущая составляющая на любом виде транспорта связана, в первую очередь, с расходом топлива, а также с ремонтами подвижного состава.

В условиях роста мировых цен на энергоресурсы в транспортных кампаниях имеет место отказ от реализации максимально-допустимых скоростей движения транспортных средств с целью экономии расходов на топливо. Так, например, после финансового кризиса 2008–2009 гг. морские контейнерные линии не торопятся увеличивать скорость перевозок, а наоборот, активно и намеренно снижают её. В условиях взлетевших цен на нефть широкое распространение получил метод эксплуатации судна на пониженных скоростях. С финансовой точки зрения, снижение скорости морского транспорта является ключевым решением проблемы снижения операционных расходов морских линий, а также повышение рентабельности морских перевозок.

Компенсировать снижение скоростей движения транспортных средств на различных видах транспорта можно за счёт повышения скорости продвижения груза в других элементах транспортно-логистической цепи. Например, за счёт: сокращения времени оформления перевозочных документов; сокращения времени погрузки, разгрузки; сокращения времени перевалки с одного вида транспорта на другой; сокращения времени таможенного оформления; сокращения времени простоев на границе (для автотранспорта); и других.

Скоркин Д.А., Гомза Н.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Во многих странах, где развитие логистики происходило спонтанно, существуют государственные институты. В Великобритании – это Департамент транспорта, который отвечает за логистику. Строительством и эксплуатацией логистических центров занимаются частные компании, а государство создает для этого условия. В Нидерландах логистические компании представляет отраслевой союз Национальный международный совет по распределению. Министерство транспорта и водного хозяйства Нидерландов финансирует крупные национальные инфраструктурные проекты. В Чехии главную роль в развитии логистики играют Министерство транспорта, Министерство промышленности и торговли, Чешская логистическая ассоциация. В Италии Министерство транспорта и инфраструктуры отвечает за координацию развития логистики. Важную роль играют итальянские логистические ассоциации. Во Франции политику в области логистики формирует Министерство экологии, энергетики, долгосрочного развития и обустройства территории. При этом крупные логистические проекты реализуются на принципах партнерства государства и регионов. В Швейцарии интересы логистических компаний представляет отраслевой Союз швейцарских предпринимателей в области экспедиторских и логистических услуг. В Латвии разработкой политики в сфере логистики занимается Министерство сообщений. При этом работу по ее внедрению проводят пять ассоциаций – Балтийская ассоциация транспорта и логистики, Ассоциация логистики и таможенных брокеров, Латвийская Ассоциация транзитного бизнеса, Латвийская ассоциация автоперевозчиков, Латвийская национальная ассоциация экспедиторов грузов.

Исходя из вышеизложенного, роль государственных органов должна заключаться в обеспечении законодательной и нормативной базы, оказании содействия фирмам при их выходе на зарубежные рынки, а также в защите их интересов за рубежом.

Несмотря на реализацию государственных программ развития логистической деятельности, Республика Беларусь отстает от ведущих стран мира в создании эффективной транспортно-логистической системы и не имеет в данной сфере достаточного научно-технического и интеллектуального потенциала. Беларусь пока не перешла на инновационный путь развития в области транспортно-логистического обслуживания.

# **Физическая культура и спорт**

**Повышение показателей аэробных возможностей студенток на занятиях по дисциплине «Физическая культура»**

Квятковская Н.А., Зимницкая Р.Э., Демидович Н.Г.  
Белорусский национальный технический университет

Аэробные возможности представляют собой способность организма использовать энергию за счет процессов окисления с участием кислорода и определяются показателями, характеризующими дыхательную и сердечно-сосудистую системы (жизненная емкость легких (ЖЕЛ), частота и глубина дыхания, максимальное потребление кислорода, ударный объем крови (УОК) и др.). В результате тренировок, направленных на общую выносливость, улучшаются функциональные резервы дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

В ходе исследования нами изучалось влияние методики повышения общей выносливости с учетом зон интенсивности нагрузок на показатели аэробных возможностей студенток. Так, в ЭГ-1 зафиксировано улучшение по величинам частоты сердечных сокращений (ЧСС) на 5,96 уд/мин, систолического давления (СД) – на 4,26 мм рт. ст., диастолического давления (ДД) – на 3,45 мм рт. ст., УОК – на 4,2 мл и ЖЕЛ – на 0,52 л ( $p < 0,05$ ). Статистически значимые сдвиги в показателях ЧСС (на 5,5 уд/мин), ДД (на 3,60 мм рт. ст.), УОК (на 4,5 мл) и ЖЕЛ (на 0,48 л) были определены в ЭГ-2. Результаты, полученные в КГ-1, свидетельствуют о недостоверном улучшении всех величин. Повторное измерение показателей функционального состояния позволило выявить незначительное улучшение ЧСС, СД, ДД, УОК и ЖЕЛ в КГ-2 при  $p > 0,05$ .

Снижение частоты сердечных сокращений в состоянии покоя у испытуемых свидетельствует об экономизации сердечной деятельности. Изменение показателей артериального давления связано с изменением силы сердечного выброса и вязкости крови. Рост ударного объема крови обусловлен, по-видимому, большей силой сердечных сокращений. Вместе с тем, увеличение жизненной емкости легких подтверждает эффективность применяемых нагрузок.

Таким образом, применение экспериментально разработанной методики, направленной на повышение общей выносливости, способствует улучшению функциональных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма студенток учреждений высшего образования, что выражается в экономизации работы сердца в состоянии покоя, ростом силы сердечных сокращений и жизненной емкости легких, определяемых по показателям частоты сердечных сокращений, артериального давления и ударного объема крови.

### **Коррекция нейрореактивности мозга с применением специального устройства**

Мышляев С.Ю.\*, Вахитов И.Х.\*\*, Попова Г.В.\*\*\*, Загородный Г.М.\*\*\*\*

\*Частный реабилитационный центр «Клиника доктора Мышляева»,  
(Россия), \*\*Казанский Федеральный Университет (Россия),

\*\*\*Белорусский национальный технический университет,

\*\*\*\*Белорусская медицинская академия последипломного образования

Жизненная активность людей, имеющих отклонения в функционировании нервно-мышечного аппарата, определяется уровнем проведения реабилитационных мероприятий. При этом необходимо использовать эффективные комплексные медико-педагогические программы реабилитации. Ответом на многократно повторяющееся, дозированное сверхпороговое раздражение вне зависимости от возраста является нейритогенез – начало процесса дифференцировки нейронов, обеспечивающих сенсомоторные функции человека. С целью его стимуляции было разработано устройство, позволяющее оптимизировать реабилитационный процесс у данной группы инвалидов.

Устройство относится к области восстановительной медицины, а именно к устройствам, осуществляющим принудительную физическую нагрузку на мышцы и тело человека, и может быть использовано в реабилитационных целях для восстановления нарушенных функций центральной нервной системы. Предлагаемое устройство создает необходимое дозированное растяжение. Основной рефлекс на растяжение вызывает генерацию сигналов (электрических) в скелетных мышцах пациента, что способствует биоэлектрической активности мозга и приводит к восстановлению несформированных или утраченных функций пациента (двигательные дефекты, психические дефекты, речевые дефекты). Отслеживание предела нагрузки осуществляют при помощи электроэнцефалографии, электрокардиографии, электронейромиографии и тонометрии.

При этом у пациентов с поражением нервной системы используется комплекс специальных методик в виде длительных, онтогенетически ориентированных, многократно повторяющихся и возрастающих дозированных нагрузок: физических – в виде выполнения гимнастического упражнения «сед согнувшись» в статическом изометрическом режиме с отягощением, психических – в виде эмоциональных тренингов, речевых – в виде выполнения логопедических и фоно-упражнений. Применение предложенного комплекса позволяет повысить эффективность процесса реабилитации.



### Показатели функционального состояния центральной нервной системы студентов разных курсов специального учебного отделения

Парамонова Н.А.\*, Барановская Д.И.\*, Симонов П.Г.\*\*

\*Белорусский национальный технический университет,

\*\*Академия МВД Республики Беларусь

В настоящее время обществом востребовано не только повышение качества образования, но и укрепление здоровья учащейся молодежи. Период обучения в современном вузе является сложным и длительным процессом, требующим значительных физических усилий и эмоциональной устойчивости. От функционального состояния зависит успешность труда, обучения, творчества, физическое и психическое здоровье человека. В связи с этим вопрос диагностики функционального состояния человека имеет большое практическое значение. Время сенсомоторных реакций рассматривают как интегральный показатель функционального состояния центральной нервной системы (ФС ЦНС), отражающий такие основные свойства нервной системы, как возбудимость, лабильность и реактивность.

С целью определения адаптации к физическим и умственным нагрузкам нами было проведено обследование 175 студентов 1-4 курсов, отнесенных по состоянию здоровья к специальной медицинской группе (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели сенсомоторных реакций студентов специального учебного отделения

Показатель, ед. измерения		Курс			
		1	2	3	4
Простая зрительно-моторная реакция	Время реакции, мс	224,24±20,30	232,81±30,02	225,39±31,52	238,58±19,66
	ФС, балл	1,58±0,56	1,94±0,70	1,90±0,63	1,83±0,54
Реакция различения	Время реакции, мс	343,12±43,47	315,85±38,75	318,50±39,17	344,85±59,64
	Кол-во ошибок, n	2±2	2±2	2±1	3±1
Время принятия решения, мс		98,88±0,56	83,04±32,30	93,21±33,25	106,28±44,85

Как видно из представленных данных, наилучшие показатели ФС ЦНС отмечены у студентов 2 курса при средних значениях времени простой реакции (ПЗМР). Также у них зарегистрированы наименьшие значения времени сложной реакции (СЗМР) и принятия решения (ВПР). Самые лучшие показатели времени ПЗМР у студентов 1 курса, однако их «функциональная стоимость» самая высокая. Это говорит о несформированности адаптационных механизмов. Наихудшие результаты практически по всем

показателям отмечены у студентов 4 курса, что также свидетельствует о напряженности функционирования ЦНС.

УДК 796.014.6

### **Экспресс-диагностика нарушений осанки**

Петровская О.Г., Камыда Д.Е.

Белорусский национальный технический университет

Под осанкой принято понимать произвольную позу человека, находящегося в ортоградном положении. Традиционно она оценивается по форме физиологических изгибов позвоночного столба. Нарушение анатомически правильного распределения осевой нагрузки ведет к отклонениям в различных жизненно важных системах и процессах организма в виду возникновения чрезмерно большого опрокидывающего момента относительно одной или нескольких плоскостей тела.

При проведении корригирующих мероприятий – разгрузке позвоночника вытяжением, изометрических и изотонических упражнениях для формирования стереотипа правильной осанки – особую актуальность приобретает возможность получения срочной информации. Целью работы являлось изучение возможностей применения приспособления тест-экран в экспресс-диагностике нарушений осанки у студентов БНТУ. В исследовании приняли участие 30 студентов, занимающихся силовыми видами спорта. Методика проведения включала сбор анамнеза, измерение глубины физиологических изгибов позвоночника, измерение кривизны позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях с применением приспособления «тест-экран». Анализ результатов исследования показал, что у 46,4 % спортсменов специализирующихся в бенчпрессе (жим лежа), наблюдаются нарушения осанки в грудном и поясничном отделах позвоночника. Требования соревновательной техники упражнения предполагают выполнение жима в положении глубокого прогиба позвоночного столба – положение «мост», особенно при выполнении жима в специальной экипировке. Для спортсменов, специализирующихся в армрестлинге, характерны деформации в грудном отделе позвоночника с усугублением грудного кифоза (37,2 %), что, по мнению авторов, связано с рабочим положением при борьбе за столом. При занятиях гиревым спортом перегрузке подвергаются грудной отдел и область плечевых суставов в упражнении «рывок», и поясничный отдел – при выполнении упражнения «толчок» (51,7 %).

Применение приспособления «тест-экран» позволяет проводить экспресс-диагностику с получением срочного результата, что значительно повышает эффективность процесса коррекции нарушений осанки.

**Анализ распределения студентов БНТУ  
по основной и подготовительной медицинским группам**

Петровская О.Г., Красько Н.Т., Кришталь С.А., Усаченок О.А.  
Белорусский национальный технический университет

Распределение студентов БНТУ по учебным отделениям кафедры физической культуры – основному, специальному и лечебной физкультуры – производится с учетом результатов лабораторных, клинических и инструментальных исследований, проведенных врачами учреждений здравоохранения, в соответствии с определенной медицинской группой.

Целью исследования было изучение критериев распределения студентов по медицинским группам согласно представленным справкам о группе здоровья по физической культуре. Авторами был произведен анализ 1059 медицинских справок студентов 2–4 курсов трех факультетов – механико-технологического, машиностроительного и факультета горного дела и инженерной экологии – 2008-2010 годов поступления. По результатам исследований 11,5 % студентов, отнесенных к основной медицинской группе, имеют до 3 сопутствующих диагнозов в анамнезе. Определился ряд заболеваний (миопия средней и высокой степени; сколиозы 2 ст.; плоскостопие 2–3 ст.; артроз; пролапс митрального клапана 2 ст., дополнительная хорда левого желудочка; вегето-сосудистая дистония (ВСД); гломерулонефрит; хр. гастрит; дискинезия желчевыводящих путей; хр. тонзиллит; хр. пневмония и др.), которые не имеют показаний к занятиям физическими упражнениями без ограничений. Рассмотрение диагнозов подготовительной группы здоровья, к которой отнесены 34,1 % респондентов, показало наличие в диагнозах заболеваний (от 1 до 6), неспецифических для занятий в подготовительной группе: миопия средней и высокой степени – 8,6 %; ВСД – 11,1 %; сколиозы и кифозы 2 ст. – 6,3 %; хронические гастрит и гастродуоденит – 9,9 %; пиелонефрит – 2,8 %; холицистит – 1,2 %, а также повреждения мениска, артроз, люмбагия, нефроптоз, кисты почек и щитовидной железы, бронхиальная астма, псориаз, зоб, анемия, катаракта и некоторые другие заболевания. Результаты проведенного исследования показали, что отсутствие единого, нормативно обоснованного подхода к классификации групп здоровья студентов препятствует организации индивидуализированного, методически обоснованного построения учебного процесса физического воспитания в вузе, учитывая увеличение количества студентов, имеющих стойкие нарушения в состоянии здоровья и большой спектр сочетанных заболеваний в анамнезе.

**Тренажер для реабилитации инвалидов с ампутированной нижней конечностью как средство коррекции параметров ходьбы**

Попова Г.В.

Белорусский национальный технический университет

В последние десятилетия в Республике Беларусь огромное внимание уделяется реабилитации лиц с ограниченными возможностями. Важнейшим ее направлением является использование механотерапии. Своевременное применение тренажеров в процессе развития двигательной активности инвалидов, в том числе и занимающихся спортом, позволяет оптимизировать коррекцию нейромышечного контроля движений и баланса тела.

Был разработан тренажер для обучения ходьбе лиц, перенесших ампутацию нижних конечностей, на этапе протезирования, позволяющий решить ряд задач, стоящих перед инструктором лечебной физической культуры, а именно: выработать при внезапном изменении ситуации новые двигательные стереотипы, способствовать развитию статического и динамического равновесия, дифференцировке мышечных усилий, пространственной ориентации.

При проведении клинических испытаний тренажера были изучены параметры ходьбы у 27 пациентов, осваивающих протезы бедра. 16 человек занимались только по программе центра, которая включала в себя занятия физической культурой, массаж, гидрокинезотерапию (КГ). 11 человек в дополнение к программе центра ежедневно по 35 минут занимались на тренажере (ЭГ). Для исследования динамики параметров ходьбы были изучены показатели: длины шага, скорости и темпа ходьбы. Тестирование проводилось на 3 и 10 сутки от момента получения протезных изделий.

В результате проведенных исследований получены следующие результаты. Показатели параметров ходьбы в ЭГ при первом тестировании: длина шага –  $0,44 \pm 0,05$  м, скорость ходьбы –  $0,52 \pm 0,08$  м/с, темп –  $57,5 \pm 0,9$  шаг/мин. Показатели второго тестирования: длина шага –  $0,58 \pm 0,03$  м, скорость ходьбы –  $0,69 \pm 0,03$  м/с, темп ходьбы –  $70,5 \pm 0,6$  шаг/мин. Показатели в КГ при первом тестировании: длина шага –  $0,45 \pm 0,06$  м, скорость ходьбы –  $0,54 \pm 0,2$  м/с, темп –  $55,9 \pm 0,7$  шаг/мин. Показатели второго тестирования: длина шага –  $0,49 \pm 0,02$  м, скорость ходьбы –  $0,60 \pm 0,7$  м/с, темп –  $61,3 \pm 0,4$  шаг/мин.

Таким образом, использование тренажера для реабилитации инвалидов с ампутированной нижней конечностью и методики его применения позволяет выработать стереотип движений, который способствует автоматизации управления движениями в условиях эндо- и экзогенных помех, что приводит в дальнейшем к улучшению показателей параметров ходьбы и повышает эффективность реабилитационного процесса.

## Использование пробы Ромберга для оценки эффективности адаптированных комплексов упражнений

Синявская Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

Одним из методов в совершенствовании и повышении эффективности обучения специалистов в вузе кафедрой «Физическая культура» предлагаются методические разработки по оперативной оценке физической подготовленности студентов, которым рекомендовано ограничение физических нагрузок.

В специальное медицинское отделение определяют учащихся, имеющих отклонение в состоянии здоровья, временного или постоянного характера заболевания, не являющиеся препятствием для занятий в учебном заведении и для овладения профессией, но вместе с тем требующие ограничения физических нагрузок.

Для развития координационных способностей, в частности, статического и динамического равновесия, в течение двух семестров студенты выполняли адаптированные комплексы упражнений с элементами каратэ. В комплексы входили упражнения в различных исходных положениях (лежа, сидя, стоя), вращения на месте и в движении, упражнения с закрытыми глазами. Для оценки уровня координационной подготовленности была выбрана следующая методика: проба Ромберга для оценки состояния вестибулярного аппарата. В исследовании приняли участие 97 человек специального учебного отделения (СУО) группы В, имеющие отклонения в функционировании опорно-двигательного аппарата и не имеющие противопоказаний к выполнению предложенного комплекса упражнений. Тестирование проводилось в начале и конце учебного года. Результаты тестирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки состояния вестибулярного аппарата с применением пробы Ромберга у студентов СУО (n=97)

Балл	В начале года, %	В конце года, %
5	2	3
4	12	15
3	36	45
2	42	33
1	8	4

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что разработанные комплексы упражнений с элементами каратэ позволили улучшить состояние вестибулярного аппарата у студентов СУО, что позволяет использовать эти комплексы для работы с занимающимися, имеющими отклонения в состоянии опорно-двигательного аппарата, а также пробу Ромберга – для оценки уровня развития координационных способностей студентов.

## Эффективные средства фитнес-йоги для развития гибкости у студентов

Слободняк Е.Н., Зрайковский П.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является определение эффективности средств фитнес-йоги для развития гибкости у студентов энергетического факультета. В исследовании приняли участие 24 студентки первого и второго курса, отнесенных к основной группе здоровья. Для определения уровня развития гибкости использовались следующие тесты: а) наклон вперед в положении сидя; б) выкрут скакалки в плечевых суставах; в) акробатический мост. Тестирование проводилось в начале и конце учебного года. В течение двух семестров студентки занимались фитнес-йогой для улучшения подвижности плечевых, тазобедренных суставов и позвоночного столба. В таблице 1 приведены среднегрупповые результаты тестирования и процентные изменения показателей.

Таблица 1 – Среднегрупповые результаты тестирования студенток

Тесты	Результаты тестирования, см		
	в начале учебного года	в конце учебного года	прирост, (%)
наклон вперед	15,8±1,5	17,4±1,4	10,1
выкрут в плечевых суставах	67,2±2,6	63,1±2,9	6,5
акробатический мост	51,7±2,1	48,1±1,9	7,5

Исследование показало, что в тесте «наклон вперед» результаты студенток в начале учебного составили 15,8 см, а в конце увеличились до 17,4 см ( $p > 0,05$ ). По тесту «выкрут в плечевых суставах» данные начала года – 67,2 см, а показатели повторного исследования – 63,1 см ( $p < 0,05$ ). По тесту «акробатический мост» результаты первого семестра – 51,7 см, во втором семестре также наблюдается положительная динамика до 49,1 см ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, можно сделать выводы, что эффективность применения средств фитнес-йоги для развития гибкости у студенток доказана данным исследованием, так как подвижность позвоночного столба (акробатический мост) увеличилась на 7,5 % ( $p < 0,05$ ), подвижность в плечевых суставах (выкрут) – на 6,5 % ( $p < 0,05$ ), общая гибкость (наклон вперед) – на 10,1 % ( $p < 0,05$ ).

## Эффективность использования тренажера «Ab rocket» на самостоятельных занятиях студентками энергетического факультета

Слободняк Е.Н., Кривицкая Л.Э., Игнатенко Н.С.  
Белорусский национальный технический университет

Один из обязательных факторов здорового образа жизни студентов – систематическое, соответствующее полу, возрасту, состоянию здоровья использование физических нагрузок.

Технические средства в настоящее время применяются не только в обучении и тренировки спортсменов, но и в физическом воспитании студентов. С помощью технических средств можно эффективнее работать над развитием двигательных качеств.

Целью исследования было определение уровня развития силы мышц брюшного пресса с помощью тренажера «Ab rocket» у студенток энергетического факультета на самостоятельных занятиях в спортивной комнате.

В исследовании приняли участие 42 студентки 2 курса, отнесенные к основной медицинской группе здоровья. В начале и в конце учебного года студентки прошли тест на силовую подготовленность (сгибание и разгибание туловища из положения лежа на спине, руки за головой, ноги закреплены). Контрольная группа посещала занятия физической культуры два раза в неделю. Дополнительное время для развития мышц брюшного пресса не выделялось, все упражнения выполнялись в рамках, предусмотренных программой вуза. Экспериментальная группа посещала занятия физической культурой один раз в неделю и один раз в неделю студентки занимались по предложенной программе в спортивной комнате на тренажере «Ab rocket», который предназначен для развития мышц брюшного пресса.

В таблице 1 приведены среднегрупповые результаты теста на определение уровня силовой подготовленности и процент изменения показателей.

Таблица 1 – Результаты тестирования студенток

Группа	Показатели		
	в начале года	в конце года	прирост, %
КГ (n=22)	51,2 ±5,5	55,4 ±5,2	8,2
ЭГ (n=20)	51,8 ±4,9	60,3 ±2,9	16,4

Таким образом, в результате проведенного исследования была доказана эффективность использования предлагаемого комплекса упражнений для развития мышц брюшного пресса на тренажере «Ab rocket», что отразилось в приросте результатов на 16,4 %.

## Мотивация к занятиям физической культурой у студентов БНТУ

Смоляков Ю.Т., Гурман А.И., Вечорко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Недостаточный уровень мотивации к занятиям физической культурой у студентов вызван слабой организацией физкультурно-оздоровительной и спортивной работы в учреждениях получения среднего и среднего специального образования. В связи с этим важное значение приобретает поиск новых организационных форм, средств и методов, позволяющих более эффективно реализовывать данное направление в вузах.

На отношение к занятиям физической культурой оказывают влияние возрастные факторы и индивидуальные особенности личности. Наиболее ответственно к посещению занятий относятся студенты первого и второго курсов. У студентов творческих специальностей наблюдается самая низкая посещаемость, у студентов, занимающихся точными науками, – заметно выше.

Ведущими факторами, стимулирующими интерес студентов, являются улучшение качества и содержания занятий по физической культуре, педагогические усилия по сближению субъективных желаний занимающихся с объективными задачами физического воспитания. Обеспеченность спортивным инвентарем, хорошее оборудование мест занятий, встречи и работа с ветеранами спорта, выдающимися спортсменами, популярные лекции, физкультурно-массовые мероприятия играют для них большую роль в формировании интересов. Для привлечения студентов на занятия стоит обратить внимание на их предпочтения в выборе форм занятий и их содержания.

Одним из классических методов привлечения студентов к занятиям физической культурой и спортом является наличие в программе вузов трех основных аспектов: образовательного, воспитательного и оздоровительного.

В процессе формирования потребности к занятиям физической культурой можно выделить три фазы:

- 1) формирование знаний применительно к конкретному явлению;
- 2) формирование практических умений;
- 3) формирование культурной потребности.

Следует смещать акцент внимания с нормативных показателей физкультурно-спортивной деятельности и как можно чаще разнообразить практические занятия путем включения в них современных средств физической культуры и форм занятий.



### Специальная выносливость таэквондистов на этапе спортивного совершенствования

Фирсов А.А.\*, Парамонова Н.А.\*\*

\*УО «Гимназия № 31» г. Минска,

\*\*Белорусский национальный технический университет

Таэквондо является олимпийским видом спорта, популярность которого во всем мире неуклонно возрастает, увеличивается количество занимающихся.

С целью определения уровня специальной выносливости на этапе спортивного совершенствования были протестированы 5 таэквондистов различной квалификации. Регистрировались количество ударов за определенные промежутки времени и частота сердечных сокращений (ЧСС) при выполнении упражнений (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Показатели реакции ЧСС спортсменов на нагрузку анаэробной направленности при выполнении повторных круговых ударов внутрь правой, сзади стоящей ногой

ФИО	Ква-лиф.	15"		30"		1'		2'	
		Кол-во	ЧСС (уд/мин)	Кол-во	ЧСС (уд/мин)	Кол-во	ЧСС (уд/мин)	Кол-во	ЧСС (уд/мин)
Н.П.	МС	34	154	62	161	114	157	175	153
М.Е.	КМС	34	167	66	172	126	183	184	182
С.В.	I	31	178	52	191	81	189	128	187
Д.В.	I	30	188	56	188	78	188	154	191
А.И.	I	33	180	57	176	92	193	147	186

Таблица 2 – Показатели реакции ЧСС спортсменов на нагрузку анаэробной направленности при выполнении повторных круговых ударов внутрь левой, сзади стоящей ногой

ФИО	Ква-лиф.	15"		30"		1'		2'	
		Кол-во	ЧСС (уд/мин)	Кол-во	ЧСС (уд/мин)	Кол-во	ЧСС (уд/мин)	Кол-во	ЧСС (уд/мин)
Н.П.	МС	31	151	61	164	107	163	182	162
М.Е.	КМС	34	165	63	173	113	184	188	185
С.В.	I	31	186	54	192	77	188	140	188
Д.В.	I	33	186	56	190	90	189	155	183
А.И.	I	34	192	59	194	88	192	143	179

Как видно из представленных данных, чем выше квалификация спортсмена, тем большее количество круговых ударов он выполняет, причем, как правой, так и левой ногой. При этом величина ЧСС у квалифицированных таэквондистов значительно ниже по сравнению с разрядниками, что указывает на экономизацию функции сердечно-сосудистой системы.

**Повышение общей физической подготовленности студентов  
строительного факультета на занятиях физической культурой  
методом круговой тренировки**

Якубовский Д.А., Буцкевич Л.Н., Панова Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Отрасль строительства является весьма важной составляющей экономики и социальной стабильности каждого государства. Её функционирование обеспечивается за счёт высококвалифицированных кадров. Их профессионализм и результативность работы напрямую зависит от общей физической подготовленности (ОФП).

Целью исследования явилось изучение динамики показателей ОФП студентов строительного факультета на занятиях физической культурой с использованием метода круговой тренировки.

В исследованиях приняли участие 30 юношей 18–20 лет строительного факультета БНТУ (по 15 человек в контрольной группе (КГ) и экспериментальной группе (ЭГ)). Обе группы занимались физическими упражнениями на основании типовой учебной программы по дисциплине «Физическая культура» для высших учебных заведений (раздел «лёгкая атлетика» и «спортивные игры»). При проведении занятий ЭГ дополнительно использовался метод круговой тренировки для развития двигательного-координационных способностей. Эксперимент длился 3 месяца, в начале и конце проводилось педагогическое тестирование с целью оценки общей физической подготовленности (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика показателей физической подготовленности студентов

Группа	Этапы эксперимента	Гибкость	КС	Силовая выносливость	Общая выносливость
		наклон вперёд, см	челночный бег 4×9 м, с	сгибание, разгибание рук в упоре лежа, раз	бег 6 мин, м
КГ	До	6,2±2,7	9,4±1,3	22,8±4,6	1098,3±81,4
	После	6,6±2,9	9,2±1,5	25,1±4,6	1121,0±94,5
	Прирост, %	6,5	-2,1	10,1	2,1
ЭГ	До	5,5±2,4	9,3±1,4	24,2±3,8	1120,3±81,4
	После	10,1±3,3	8,8±1,4	40,3±5,9	1550,7±70,2
	Прирост, %	83,6	-5,4	66,5	38,4

Отрицательный прирост показателей челночного бега является положительным результатом, поскольку время пробегания уменьшилось.

Таким образом, применение метода круговой тренировки на занятиях физической культурой способствует улучшению показателей общей физической подготовленности студентов.

## Сравнительный анализ показателей общей выносливости у студентов БНТУ

Якубовский Д.А., Герасимчик М.С., Оксенюк А.Ю.  
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в условиях экономического роста и повышения производительности труда предъявляются всё более высокие требования к работоспособности специалистов различного профиля. Она напрямую зависит от такой психофизической способности организма как общая выносливость. Её поддержанию и развитию необходимо находить время на протяжении всей жизни, особенно в период стабилизации физического развития. Этому периоду соответствует время обучения лиц в учебных заведениях разного профиля и ранга. Актуальным в этом контексте является определение развития общей выносливости в техническом университете, где она имеет не косвенное, а прямое значение в результативности многих профессиональных действий.

Целью исследования являлось определение и сравнительный анализ показателей общей выносливости у студентов БНТУ различных специальностей.

На основании изучения протоколов тестирования физической подготовленности студентов БНТУ были определены среднегрупповые результаты в контрольном упражнении «6-минутный бег» (таблица 1).

Таблица 1 – Среднегрупповые результаты теста «6-минутный бег» студентов БНТУ

Тест	Контингент	Факультет					
		ФММП	ФИТР	ФТУГ	СТФ	ФЭС	СФ
Бег 6 минут, м	юноши	1207	1221	1249	1449	1362	1330
	девушки	984	950	920	1120	1088	1040

Полученные результаты свидетельствуют о том, что общая выносливость у студентов разных специальностей характеризуется неодинаковым уровнем развития, как у юношей, так и у девушек. Следует отметить, что у студентов, будущая профессия которых требует высокой двигательной активности (СТФ, ФЭС, СФ, т.е. студентов спортивно-технического факультета и факультетов строительного профиля), уровень контролируемого качества выше, чем у студентов других специальностей (ФТУГ, ФММП, ФИТР). Однако такая закономерность не является положительной. Общую выносливость следует целенаправленно развивать у студентов всех специальностей, поскольку ее высокий уровень

способствует противостоянию утомлению, повышению работоспособности и длительной творческой дееспособности.

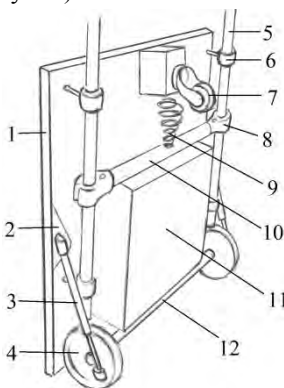
УДК 796.022

### Тяговое устройство с изменяемыми свойствами сопротивления

Ворон А.В., Ермилов В.В., Иванский В.А.

Белорусский национальный технический университет

Создано тяговое устройство с изменяемыми свойствами сопротивления для тренировки легкоатлетов. Тренажер позволяет создавать сопротивление в изодинамическом режиме при беге благодаря свойствам поршневого механизма (рисунок).



- 1 – основание; 2 – крепление; 3 – поршневой механизм; 4 – колесо;  
5 – направляющая труба; 6 – держатель; 7 – колесо; 8 – клемма;  
9 – пружина; 10 – труба; 11 – отягощение; 12 – вал

Рисунок – Тяговое устройство с изменяемыми свойствами сопротивления

Величина тягового сопротивления устройства зависит от характеристик поршней (градиент возрастания сил сопротивления), а тяговая сила прямо пропорциональна величине прилагаемых спортсменом усилий при беге и скорости его движений. Конструктивные особенности тренажера обеспечивают такое тяговое сопротивление, которое позволяет легкоатлету оптимально варьировать уровень тренировочной нагрузки (без необходимости ее постоянной регулировки) и выполнять специальные беговые упражнения в соответствии с его подготовленностью.

**Естественные и точные науки**

**Естественно-научные  
дисциплины**

**К вопросу оптимизации работы туннельных печей**

Воронова Н.П., Березовский Н.И., Грибкова С.М.  
Белорусский национальный технический университет

Для сушки кирпича-сырца в основном используют камерные и туннельные сушилки. Туннельные сушилки представляют собой коридор, заполненный вагонетками, на которые уложены полки с изделиями. Для оптимизации работы туннельных сушилок предложена двухступенчатая цикличная сушка с зоной досушки и зоной усадки.

Сушку керамического кирпича-сырца производят конвективным методом. В качестве теплоносителя и одновременно влагопоглотителя используют нагретый воздух. При этом необходимо следить, чтобы в результате быстрого испарения влаги с поверхности изделия разница между внешней и внутренней диффузией не превышала допустимый критический предел.

Скорость сушки определяют по количеству воды, удаляемой с единицы поверхности изделия в единицу времени. Этот процесс регулируется температурой и относительной влажностью, объемом и скоростью движения теплоносителя. Оптимальный режим сушки, обеспечивающий получение высококачественного изделия в минимальные сроки при возможно меньших затратах теплоты и электроэнергии, устанавливается экспериментально либо с помощью инженерных расчетов.

В работе [1] на основании математического моделирования предложена методика инженерного расчета режима охлаждения шихты, на основании которой вычислена оптимальная скорость движения изделий по коридору туннельной печи при сушке кирпича-сырца, равная 1,25 м/мин.

Предложенный режим реализован на ОАО «Минский завод строительный материалов».

Литература:

1. Воронова, Н.П. Инженерный расчет режима затвердевания шихты при агломерации / Н.П. Воронова // Природопользование: Сб. науч. тр. – Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, 2011. – Вып.20. – С. 123-128.

## Управление знаниями как элемент эффективной HRM-системы

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

Управление знаниями в организации – это систематический процесс идентификации, использования и передачи информации, знаний, которые люди могут создавать, совершенствовать и применять. Это процесс, в ходе которого организация генерирует знания, накапливает их и использует в интересах получения конкурентных преимуществ.

Для управления знаниями в организации необходимо создать творческую среду, мотивировать сотрудников на самосовершенствование, творческое овладение знаниями, формировать адекватную самооценку, потребность в саморазвитии, ценностное отношение к профессии и разумные потребности человека.

Управление знаниями для каждой организации дает возможность:

- быстрее отвечать на требования клиентов с помощью более эффективных инновационных решений и препятствовать тому, чтобы клиенты искали эти решения у конкурентов;
- быстрее воплощать инновации в продукты с тем, чтобы поставить их клиентам;
- использовать интеллектуальные активы партнеров, осуществляя совместную техническую, функциональную, отраслевую экспертизу;
- ускорять обучение и передачу навыков среди персонала;
- экономить ресурсы за счет повторного использования однажды найденных решений.

Цели управления знаниями: 1) создать и закрепить свои конкурентные преимущества; 2) превратить организацию в самоорганизующуюся систему; 3) максимально реализовать профессиональные и личностные возможности сотрудников.

Таким образом, управление знаниями в организации должно стать системообразующим фактором, способствующим повышению ее инновационного потенциала, возможностей организации, которые используются для достижения поставленных целей, решения определенных задач. Системный принцип получения знаний, управления знаниями заключается в умении решать профессиональные задачи в типичных и нестандартных ситуациях, а также в развитии системного мышления, видении объекта не отдельно, а в системе взаимоотношений; формировании мировоззрения, сопряженного с ценностями организации, в знании и видении взаимообусловленных процессов.

**Новая пектинсодержащая биологически активная кормовая добавка  
для высокопродуктивных коров**

Макарова Н.Л., Наумова Г.В., Томсон А.Э., Жмакова Н.А.,  
Овчинникова Т.Ф., Козинец А.И.

Институт природопользования НАН Беларуси,  
РУП НПЦ НАН Беларуси по животноводству

В современном животноводстве наряду с использованием традиционных кормов значительное внимание уделяется применению кормовых добавок, способствующих обогащению рационов биологически активными веществами, положительно воздействующих на обменные процессы, иммунитет животных, сохранность молодняка и повышение продуктивности.

Институтом природопользования совместно с НПЦ НАН Беларуси по животноводству разработана и испытана с положительными результатами на высокопродуктивных дойных коровах эффективная кормовая добавка, получаемая путем химической переработки отходов гемицеллюлозсодержащего сырья – ростков солода и свекловичного жома. Эти вторичные продукты не находят полного сбыта и являются полноценным сырьем для производства биологически активных добавок.

Исследование химического состава кормовой добавки, показало наличие в ней широкого спектра биологически активных веществ: пектинов (21,0 %), меланоидинов (29,2 %), низкомолекулярных карбоновых кислот (18,3 %), природных фенольных соединений (1,8 %).

Научно-хозяйственный опыт по скармливанию новой кормовой добавки высокопродуктивным животным проведен в РУП «Экспериментальная база «Жодино» Минской области. Исследования выполнены на высокопродуктивных коровах со среднесуточным удоем в начале исследований 27,1 кг. Различия в кормлении опытной и контрольной групп состояли во введении в комбикорм опытной группы кормовой добавки из расчета 100 мл/голову в сутки.

Установлено, что скармливание кормовой добавки приводило к повышению среднесуточного удоя за учетный период в опытной группе на 7,0 % по отношению к контрольной.

Биохимические показатели крови были в норме у животных обеих групп. Однако у молодняка опытных групп по сравнению с контрольной наблюдалась тенденция к увеличению белка в сыворотке крови на 1,9 %.

Использование кормовой добавки способствовало снижению затрат кормовых единиц на 1 кг молока на 6,1 %.



**Эргономические аспекты проектирования упаковки**

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

Качество упаковки, как и любого промышленного изделия, характеризуется: техническими, эстетическими и эргономическими параметрами. При целевом подходе одним из основных факторов выбора конструкции упаковки является подбор для нее соответствующих материалов, технологии, оборудования, позволяющих использовать безопасную экологически приемлемую, экономически эффективную систему упаковки. Показатели эргономичности учитывают комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств человека и являются базовыми при проектировании. При оценке эргономичности упаковки в ней выделяют элементы, влияющие на работоспособность, производительность и утомляемость работников и потребителей, которые контактируют с упаковкой. В процессе проектирования упаковки обязательным является адаптация ее к эргономическим требованиям, которые определяются свойствами человека и учитывают общее удобство использования упаковки потребителем, удобство открытия и возможность повторного закрытия; наличие механизма дозирования; устойчивость упаковки, логистическую эффективность – удобство и эффективность складирования, транспортировки, выкладки; надежность материала, износостойкость, устойчивость к агрессивным воздействиям, прочность.

Основными принципами реализации эргономических требований являются следующие принципы: непрерывности (эргономические требования учитываются на всех этапах жизненного цикла упаковки при: *проектировании, производстве, использовании, утилизации*); цикличности (эргономические требования учитываются на всех этапах проектирования упаковки, начиная с маркетинговых исследований, разработки дизайна и технического проекта и т.д.); обязательности (эргономические требования должны соответствовать стандартам различного уровня: международным, государственным, отраслевым и т.д.).

Необходимо отметить, что в настоящее время эргономические аспекты проектирование упаковки имеют особое значение для повышения конкурентоспособности продукции, для инновационной деятельности предприятий, эффективного ведения бизнеса.

Литература:

Вайнштейн, Л.А. Эргономика: учеб. пособ. / Л.А. Вайнштейн. (гриф учебного пособия Министерства образования Республики Беларусь). –

Минск: ГИУСТ БГУ, 2010.

УДК 621.795

### **Особенности процесса центробежной абразивной галтовки заготовок из самоцветных камней**

Мирзоалиев А.И., Убайдуллаев А.Н.

Таджикский технический университет им М.С. Осими

Опыт использования процессов центробежной абразивной галтовки для обработки самоцветных камней показал эффективность данного процесса.

Для исследования возможности использования процесса центробежной абразивной планетарной галтовки при обработке самоцветных камней нами был спроектирован и изготовлен специальный станок. В данном станке обрабатываемые детали и абразивная масса помещаются в контейнерах, которым сообщается планетарное движение - одновременное вращение вокруг своих осей и центральной оси.

Внутренняя полость контейнера имеет конусность, что способствует циркуляции рабочей среды в вертикальной плоскости. Циркуляция в вертикальной плоскости приводит к улучшению смешивания загруженной в контейнер массы и улучшает качество обрабатываемых заготовок.

Экспериментальные исследования, проведенные на данном станке, показали, что производительность обработки в  $6 \div 10$  раз больше чем, при традиционной галтовке.

Производительность обработки оценивали по потере исходной массы в процентах.

Математическая обработка результатов экспериментов проводилась методом наименьших квадратов. Выявлена следующая зависимость производительности от продолжительности обработки

$$\text{для оникса: } Q_0 = 16 + 0,71 \cdot t, \quad (1),$$

$$\text{для лазурита: } Q_{\text{л}} = 3 + 0,43 \cdot t, \quad (2),$$

где  $t$  – продолжительность обработки в минутах,  
 $Q$  – потери веса в процентах.

#### Литература:

1. Способ центробежной абразивной обработки деталей тел вращения: патент №ТJ355. – Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Республики Таджикистан 20 ноября 2002г. / Мирзоалиев И.М., Убайдуллоев А.Н.

## Псевдоскалярное произведение

Ревтович В.Н., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

*Псевдоскалярным произведением* ненулевых векторов  $a$  и  $b$  называют число  $c = |a| \cdot |b| \sin \angle(a, b)$ ; если хотя бы один из векторов  $a$  и  $b$  нулевой, то  $c = 0$ . Число  $c$  обозначается  $a \vee b$ . Ясно, что  $a \vee b = -b \vee a$ .

Абсолютная величина псевдоскалярного произведения векторов  $a$  и  $b$  равна площади параллелограмма, натянутого на эти векторы. В связи с этим ориентированной площадью тройки точек  $A, B$  и  $C$  называют число  $S(A, B, C) = (AB \vee AC)/2$ ; абсолютная величина числа  $S(A, B, C)$  равна площади треугольника  $ABC$ .

Рассмотрим решение некоторых задач с применением псевдоскалярного произведения.

Задача 1. Три бегуна  $A, B$  и  $C$  бегут по параллельным дорожкам с постоянными скоростями. В начальный момент площадь треугольника  $ABC$  равна 2, через 5 с равна 3.

Чему может быть она равна еще через 5 с?

Решение. Пусть в начальный момент, т. е. при  $\overline{AB} = v + t(b - a)$  и  $AC = w + tc - a = 0$ ,  $AB = v$  и  $AC = w$ . Тогда в момент  $t$  получим  $\overline{AB} = v + t(b - a)$  и  $\overline{AC} = w + t(c - a)$ , где  $a, b$  и  $c$  векторы скоростей бегунов  $A, B$  и  $C$ . Т.к. векторы  $a, b$  и  $c$  параллельны, то  $(b - a) \vee (c - a) = 0$ , а значит,  $|S(A, B, C)| = |\overline{AB} \vee \overline{AC}|/2 = |x + yt|$ , где  $x$  и  $y$  – некоторые постоянные числа.

Решая систему  $|x| = 2, |x + 5y| = 3$ , получаем два решения, дающие для зависимости площади треугольника  $ABC$  от времени  $t$  выражения

$\left|2 + \left(\frac{t}{5}\right)\right|$  и  $|2 - t|$ . Поэтому при  $t = 10$  площадь может принимать значения 4 и 8.

Задача 2. По трем прямолинейным дорогам с постоянными скоростями идут три пешехода. В начальный момент времени они не находились на одной прямой. Докажите, что они могут оказаться на одной прямой не более двух раз.

Решение. Пусть  $v(t)$  и  $w(t)$  – векторы, соединяющие первого пешехода со вторым и третьим в момент  $t$ . Ясно, что  $v(t) = ta + b$  и  $w(t) = tc + d$ . Пешеходы находятся на одной прямой тогда и только тогда, когда  $v(t) \parallel w(t)$ , т.е.  $v(t) \vee w(t) = 0$ . Функция  $f(t) = v(t) \vee w(t) = t^2 a \vee c + t(a \vee d + b \vee c) + b \vee d$  является квадратным трехчленом, причем  $f(0) \neq 0$ . Такое уравнение имеет не более двух корней.

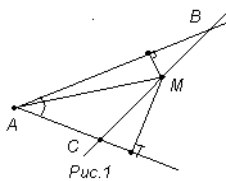
## Исследование многовариантных геометрических задач

Ревтович В.Н., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

Приступая к решению геометрической задачи, учащийся в первую очередь делает чертеж, при этом чаще всего он чертит первый попавшийся рисунок, по его мнению, отвечающий условию задачи. Однако бывает так, что всем условиям задачи отвечает не один, а два и даже более различных вариантов рисунка (и, соответственно, решения задачи). Для примера рассмотрим следующую задачу.

Задача. Точка  $M$  удалена от сторон угла в  $60^\circ$  на расстояния  $\sqrt{3}$  и  $3\sqrt{3}$ . Прямая, проходящая через  $M$ , пересекает стороны угла и отсекает от него треугольник с периметром 12. Найти площадь этого треугольника.



Решение. Рассмотрим сначала «традиционный» случай, когда точка  $M$  лежит внутри угла (рис.1). По условию,

$P_{ABC} = 12; \angle BAC = 60^\circ$ ; . Пусть  $AC = x, AB = y$ , тогда

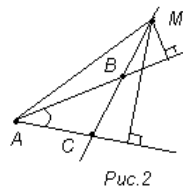
$$S_{ABC} = 0,5xy \sin 60^\circ; \quad CB^2 = x^2 + y^2 - xy \quad \text{и}$$

$$P_{ABC} = 12 + x + y + \sqrt{x^2 + y^2 - xy}. \quad (1)$$

Проведем прямую  $AM$ ,

тогда. Следовательно,  $0,25\sqrt{3}xy = 0,5\sqrt{3}(y + 3x)$ . (2)

Получим систему уравнений (1) – (2), которая не имеет решений. Однако, ответ «задача не имеет решения» является неверным, поскольку возможен другой случай расположения точки  $M$  относительно сторон угла (рис 2).



Решая аналогично предыдущему, получим  $S_{ABC} = S_{AMC} - S_{AMB}$ , то есть  $0,25\sqrt{3}xy = 0,5\sqrt{3}(3x = y)$ . Тогда соответствующая система уравнений будет иметь решение  $x = 4, y = 4$  и  $S_{ABC} = 4\sqrt{3}$ .

Из рассмотренного примера видно, как важно научить ученика в первую очередь анализировать данные и искать все возможные варианты расположения точек, прямых и окружностей относительно друг друга, т.е. рассматривать в задаче наличие многовариантности условия.

### Научный подход к методам эффективного решения задач по прямолинейному равноускоренному движению

Драпезо Л.И., Погуду Л.П.

Известно, что главная задача механики – это определение положения тела в пространства в любой момент времени. Для этого необходимо движение тела связать с системой отсчета, т.е. с системой координат. В случае прямолинейного движения достаточно одной оси – ОХ.

Тогда уравнение движения будет иметь вид  $x = x_0 + g_{0x}t + \frac{a_x}{2}t^2$ ,

где  $g_{0x}$  - проекция начальной скорости на ось ОХ,  $a_x$  – проекция ускорения на эту же ось. Очень часто у учащихся возникают трудности в решении задач определения пути, пройденного телом по уравнению движения тела.

В качестве примера рассмотрим решение задачи.

Задача. Кинематический закон движения тела вдоль оси ОХ имеет вид  $x(t) = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 13\text{ м}$ ,  $B = 132\text{ м/с}$ ,  $C = -3\text{ м/с}^2$ . Определить путь  $S$ , пройденный телом в интервале времени от  $t_1 = 1,0\text{ с}$  до  $t_2 = 5,0\text{ с}$ .

Решение. Уравнение этого движения имеет вид:  $x = 13 + 12t - 3t^2$  (1)

Поскольку  $g_{0x} > 0$ , а  $a_x < 0$ , то в интервале времени от  $t_1$  до  $t_2$  тело может остановиться и начать двигаться обратно. Следовательно, необходимо написать уравнение скорости (2)  $g_x = g_{0x} + a_{xt}$ . Из уравнения (1) следует  $g_{0x} = 12\text{ м/с}$ ;  $a_x = -6\text{ м/с}^2 \Rightarrow g_x = 12 - 6t$ . Проверим проекцию скорости  $g_x$  в момент времени  $t_2 = 5,0\text{ с}$ .  $g_5 = 12 - 6 \cdot 5 = -18\text{ м/с}$ .

Мы видим, что проекция скорости поменяла знак на противоположный, значит, пройденный путь  $S = S_1 + S_2$ , где  $S_1$  до остановки,  $S_2$  – после остановки

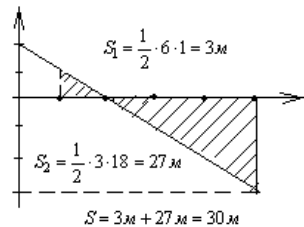
Наиболее эффективный метод решения задачи графический

- 1) Определим скорость тела в момент времени  $t_1 = 1\text{ с}$   $g_1 = 12 - 6 \cdot 1 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- 2) Определим время остановки тела  $t_0$ , т.е.

$$g_x = 0, 0 = 12 - 6t_0 \Rightarrow t_0 = 2\text{ с}$$

Построим график зависимости проекции скорости  $g_x$  от времени  $t$ .

Пройденный путь численно равен площади фигуры, образованной двумя заштрихованными треугольниками.



**Активизация познавательной деятельности учащихся в процессе наблюдения за природными явлениями**

Горбацевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

Одной из актуальных проблем современного образования является перегрузка учебных программ. Все выше поднимается уровень требований при поступлении в вузы. Всем учащимся не под силу овладеть тем объемом материала, который заложен в программе. «Нововведение в образовании пришлось по душе ленивым и двоечникам – утверждают учителя. – Эти ученики как ничего не делали, так ничего и не делают, тем более что теперь всех переводят в следующий класс».

Встает вопрос: нужно ли требовать от всех учащихся полное усвоение учебного материала, предусмотренного учебными программами? Ответ может быть один: «Это не обязательно». Реализация этого положения уже заложена в самой Концепции физического образования.

Но желание получить более высокий балл присутствует у учащихся и сейчас. И особенно это важно для учителя, так как по этому показателю судят о его работе.

Научность, с одной стороны, и доступность, наглядность – с другой, можно рассматривать как два колена сообщающихся сосудов, наполненных жидкостью. Стремясь поднять уровень жидкости в одном колене (научность), мы неизбежно опускаем его в другом (доступность и наглядность). Научный подход, безупречная логика, математический аппарат – все это хорошо, но в определенном объеме. И не нужно забывать, что поколения выдающихся ученых и инженеров в школе изучали физику, быть может, и по упрощенным, но интересным программам. В школе нужно именно это: чтобы было интересно. А, повзрослев, ученик при сформировавшемся устойчивом интересе овладеет и логическим подходом, и математическим аппаратом.

Для решения многих задач учебно-воспитательного процесса целесообразно проводить некоторую часть учебных занятий на природе. Это не является новинкой. Так, например, Бернар Палисси писал, что лучшая в мире книга – природа и что все должны бы заняться ее изучением.

Считаем, что подобного рода занятия нужно проводить систематически. Такой подход будет способствовать развитию познавательного интереса при изучении предмета, а, следовательно, будет активизировать учебно-познавательную деятельность.

**Исследование преимущества применения графического метода решения задач в разделе «Механика»**

Жарихина Л.П., Золотарева Л.Е.

Белорусский национальный технический университет

Умение представить данные задач по физике или полученные результаты в виде графиков с последующей их интерпретацией, способствует развитию аналитических способностей учащихся и, как следствие, подготовке их к научно исследовательской работе.

В данной работе на примерах задач из разделов «Кинематика» и «Динамика» показано преимущество графического метода решения определенного типа задач. А именно, в разделе «Кинематика», нахождение характеристик движущегося тела из заданного уравнения его движения и с использованием графика зависимости скорости движения от времени, которая уже заложена в самом уравнении движения. Данный метод позволяет избежать характерных ошибок при нахождении пройденного телом пути и модуля перемещения в случаях, когда в заданном временном интервале тело изменяет направление своего движения. Проведены результаты анализа типов задач для решения которых графический метод имеет явные преимущества перед другими используемыми методами. К такому типу относятся задачи в которых требуется найти такие характеристики как путь, модуль перемещения, положение тела (координаты в данный момент времени), средняя скорость движения и перемещения. Значительно проще находятся перечисленные выше характеристики при рассмотрении одновременного движения двух или более тел.

В разделе «Динамика» применение графического метода решения имеет значительное преимущество при вычислении работы заданной силы, если она является переменной величиной. В качестве примера рассмотрено решение задач на нахождение работы упругой силы при деформации пружинок, так как поскольку согласно закону Гука упругая сила линейно зависит от абсолютной деформации то работу можно найти по графику зависимости силы от абсолютной деформации, а также провести количественный анализ работ на разных участках деформации пружинок. Показано применение данного метода нахождения работы силы трения для случаев, когда сила трения меняется из-за изменения коэффициента трения или за счет учета размеров движущегося тела. На примерах показано преимущество представления полученных результатов в виде графиков для проведение последующего анализа различных возможных ситуаций.

**Алгоритм решения задач на упругое и неупругое столкновение в классической и квантовой физике**

Жарихина Л.П., Золотарева Л.Е.

Белорусский национальный технический университет

В физике под столкновением обычно понимают процесс взаимодействия между телами (частицами) при их непосредственном соприкосновении, то есть при ударе). Математическая модель описания удара осно-вывается на двух основных законах физики: законе сохранения импульса и законе сохранения энергии, но предварительно требуется определить тип удара: абсолютно упругий или неупругий, центральный или нет, прямой или косой. Если суммарная кинетическая энергия соударяющихся тел в конце удара не меняется, то такой удар называется абсолютно упругим. При таком ударе разлетающиеся после удара тела движутся с различными скоростями. В качестве примеров: соударения частиц в разреженных газах в классической физике и столкновение элементарных частиц низких энергий в квантовой физике. В реальных случаях удары не бывают абсолютно упругими. Законы сохранения импульса и энергии в этом случае видоизменяются. В классической физике примером неупругого удара является применение баллистического маятника для определения скорости летящей пули, в квантовой механике – реакции ядерных превращений под действием элементарных частиц. В классической физике при применении закона сохранения энергии следует учитывать не только кинетическую, но и потенциальную энергию. В квантовой физике следует применять релятивистское выражение для энергии соударяющихся частиц, то есть учитывать энергию покоя. Для характеристики удара вводят две величины: коэффициент восстановления скорости и разрушающую силу удара, которая определяет потерю кинетической энергии при ударе. Выполнение закона сохранения импульса при ударе обусловлено тем, что тела, участвующих в столкновении, образуют изолированную либо замкнутую систему. Решение задач на столкновение двух тел можно проводить либо в инерциальной системе отсчета, либо в системе центра масс.

Алгоритм решения задач на столкновение двух тел можно свести к следующей схеме: определение области решения задачи (классическая или квантовая физика); определение типа удара; применение соответствующих уравнений классической или квантовой физики; выбор системы в которой будет решена задача; получение и исследование результата решения задачи.



### Экстремальные точки треугольника

Ковалёнок Н.В; Пинчукова С.П

Белорусский национальный технический университет

Геометрические задачи на максимум и минимум тесно связаны с геометрическими неравенствами, так как для решения этих задач всегда нужно доказать соответствующее геометрическое неравенство и, кроме того, доказать, что оно обращается в равенство.

Задача 1: На гипотенузе АВ прямоугольного треугольника АВС взята точка Х так что М и N – ее проекции на катеты АС и ВС. При каком положении точки Х длина отрезка MN будет наименьшей и при каком положении точки Х площадь треугольника CMXN будет наибольшей?

Решение: Поскольку CMXN – прямоугольник, то  $MN = CX$ ; поэтому длина отрезка MN будет наименьшей, если CX – высота.

Пусть  $S_{ABC} = S$ . Тогда  $S_{AMX} = AX^2 \cdot S/AB^2$  и  $S_{BNX} = BX^2 \cdot S/AB^2$ . Поскольку  $AX^2 + BX^2 \geq \frac{AB^2}{2}$  (причем равенство достигается, только если X – середина отрезка АВ), то  $S_{CMXN} = S - S_{AMX} - S_{BNX} \leq S/2$ . Площадь треугольника CMXN будет наибольшей, если X – середина стороны АВ.

Задача 2: Дан треугольник АВС. Найдите внутри него точку О, для которой сумма длин отрезков ОА, ОВ, ОС минимальна. (Обратим внимание на тот случай, когда один из углов треугольника больше  $120^\circ$ .)

Решение: Пусть один из углов треугольника АВС, например угол С, больше  $120^\circ$ . Проведем через точки А и В перпендикуляры  $B_1C_1$  и  $A_1C_1$  к отрезкам СА и СВ, а через точку С – прямую  $A_1B_1$ , перпендикулярную биссектрисе угла АСВ. Поскольку  $\angle AC_1B = 180^\circ - \angle ACB < 60^\circ$ , то  $B_1C_1 > A_1B_1$ . Поскольку – любая точка, лежащая внутри треугольника  $A_1B_1C_1$ , то  $B_1C_1 \cdot OA + C_1A_1 \cdot OB + A_1B_1 \cdot OC = 2S_{A_1B_1C_1}$ , то  $(OA + OB + OC) \cdot B_1C_1 = 2S_{A_1B_1C_1} + (B_1C_1 - A_1B_1) \cdot OC$ . Поскольку  $B_1C_1 > A_1B_1$ , то сумма  $OA + OB + OC$  минимальна для точек, лежащих на стороне  $A_1B_1$ . Ясно также, что  $OA + OB + OC \geq OA + OB + OC$ . Следовательно, искомой точкой является вершина С.

Предположим теперь, что все углы треугольника АВС меньше  $120^\circ$ . Тогда внутри его существует точка О, из которой все стороны видны под углом  $120^\circ$ .

Можно провести доказательства и для этого случая.

## Нахождение наибольшего и наименьшего значений тригонометрических функций

Пинчукова С.П., Ковалёнок Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим примеры на нахождение наибольшего и наименьшего значений тригонометрических функций используя только функциональные свойства тригонометрических функций.

Задача 1. На промежутке  $(\pi; 2\pi)$  найти наименьшее значение функции  $y = \sin^4 x + 5 + \frac{1}{\sin^4 x}$ .

**Решение:** Используя неравенство  $a + \frac{1}{a} \geq 2 \quad \forall a > 0, (a + \frac{1}{a} = 2, a = 1)$ .

$\forall x \in (\pi; 2\pi) \sin^4 x > 0$ . Значит,  $\sin^4 x + 5 + \frac{1}{\sin^4 x} \geq 2$  и  $\sin^4 x + 5 + \frac{1}{\sin^4 x} \geq 7$ .

Наименьшее значение функции на промежутке  $(\pi; 2\pi)$  равно 7 и достигается, если  $\sin^4 x = 1$ , т. е.  $x = \frac{3\pi}{2}$ . Ответ: 7.

Задача 2. Найти наибольшее значение функции  $y = \left(\frac{1}{2}\right)^{|tgx|+|ctgx|+3tgx \cdot ctgx}$  на интервале  $\left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$ .

**Решение:** На интервале  $\left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$  имеем  $|tgx| + |ctgx| + 3tgx \cdot ctgx = |tgx| + \left|\frac{1}{tgx}\right| + 3 \geq 2 + 3 = 5$ .

Функция  $y = \left(\frac{1}{2}\right)^t$  убывающая, то  $\left(\frac{1}{2}\right)^{|tgx|+|ctgx|+3tgx \cdot ctgx} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32}$ .

$y_{\text{наи оль ее}} = \frac{1}{32} \cdot \left(y_{\text{наи оль ее}} = y\left(\frac{3\pi}{4}\right)\right)$ . *мве m:*  $\frac{1}{32}$ .

Задача 3. Найти наибольшее и наименьшее значение функции  $f(x) = 8\sin^2 \frac{x}{8} \cos^4 \left(\frac{x}{8} - \sin^2 \frac{x}{8}\right)$ .

**Решение:**  $f(x) = 8\left(1 - \cos^2 \frac{x}{8}\right) \cos^4 \frac{x}{8} \left(1 + 1 - \sin^2 \frac{x}{8}\right) = 8\left(1 - \cos 2x\right) \left(1 + \cos 2x\right) \cos^4 \frac{x}{8} = 8\left(1 - \cos^2 2x\right) \cos^4 \frac{x}{8}$ .

Пусть  $\cos^2 \frac{x}{8} = t$ , тогда  $y = 8(1-t)t$ , где  $0 \leq t \leq 1$ .

$y(0) = y(1) = 0$   $t_{\text{вер}} = \frac{0+1}{2} = \frac{1}{2}$   $y_{\text{вер}} = y\left(\frac{1}{2}\right) = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 2$ .

*мве m:* наибольшее значение функции равно 2, наименьшее равно 0.

**Площадь сечения многогранников**

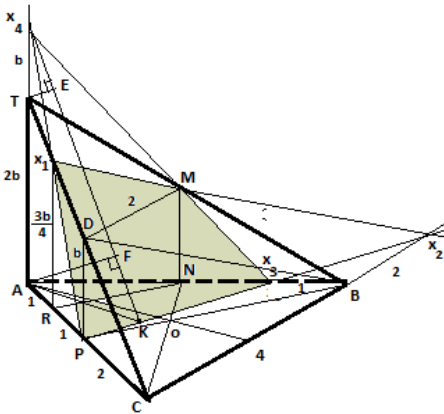
Юрковец Л.В, Кленовская И.С.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время качественно меняются условия выпускных и вступительных экзаменов по математике. Такие изменения диктуют новые подходы к подбору и решению задач.

*Задача.* Основанием пирамиды ТАВС служит  $\Delta ABC$ , все стороны которого равны 4 см, а высота пирамиды совпадает с боковым ребром ТА. Найдите площадь сечения пирамиды плоскостью, проходящей через середины сторон основания АС и бокового ребра ТВ и параллельной медиане ВD боковой грани ВТС, если расстояние от вершины пирамиды Т до секущей плоскости равно  $1\sqrt{2}$  см.

*Решение.*



1.  $M \in X_1X_2 \parallel BD$ ,  
 $DM \parallel CB, MN \parallel DP \parallel RX_1 \parallel AT$

2. Сечение  $X_1MX_3P$ ,  
 ортогональная проекция сечения  $RNX_3P$ .

3. Используя теорему Менелая находим, что  $AX_3 : X_3B = 3 : 1$ .  
 $MX_3 = 3$ .  $TS(RNX_3P) = S(APX_3) - S(ARN) = \sqrt{3}$ .

4. Пусть  $PD = b$ , тогда  $RX_1 = 3b/4$ ,  
 $AT = 3b$ .  $\cos AKF = \frac{\sqrt{15}}{6}$

5.  $S_{орт. проекции} = S_{сечения} \cdot \cos \varphi, S_{RNX_3P} = S_{сеч} \cdot \cos AKF$ .

$$S_{сечения} = \frac{S_{RNX_3P}}{\cos AKF} = \frac{\sqrt{3} \cdot b}{\frac{\sqrt{15}}{6}} = \frac{6}{\sqrt{5}} = \frac{6\sqrt{5}}{5} \text{ (см}^2\text{)}.$$

$$\text{Ответ: } S_{сечения} = \frac{6\sqrt{5}}{5} \text{ см}^2.$$

**Другой взгляд на причину глобального потепления**

Мирзоалиев И.

Таджикский технический университет им. М.С. Осими

Нагревание нижних слоев атмосферы за счет накопления солнечной энергии называют парниковым эффектом. Согласно существующим представлениям причина нагревания поверхности Земли и нижних слоев атмосферы кроется в том, что атмосфера является прозрачной в диапазоне видимого света, поэтому пропускает солнечное излучение. За счет этого нагревается поверхность Земли. Нагретая поверхность Земли излучает инфракрасные лучи. Некоторые атмосферные газы, так называемые парниковые, имеют способность поглощать эти инфракрасные излучения. За счет поглощения газами этих лучей происходит нагрев нижних слоев атмосферы. Однако установлено, что ни один из парниковых газов не имеет способности поглощать весь диапазон инфракрасного излучения Солнца (от 0,74 до 2000 мкм). Парниковые газы поглощают инфракрасные излучения избирательно и в определенных узких диапазонах. Диапазоны поглощения досконально исследованы. Полоса поглощения с максимумами 0,93; 1,13; 1,40; 1,87; 2,74; 6,3 мкм принадлежит парам воды, а с максимумами 2,7; 4,26, 15,0 мкм - углекислому газу. Солнечные лучи с такими длинами волн поглощаются в верхних слоях атмосферы и не доходят до поверхности Земли. Поверхность Земли, поглощая солнечные лучи, попадающие на ее поверхность, нагревается. Как всякое нагретое тело поверхность Земли испускает инфракрасное излучение. Длину волны, соответствующую заданной температуре, можно рассчитать по формуле Вина. Например: для средней температуры Земли равной 288,15К (15С°), соответствует длина волны лучеиспускания 10,6 мкм. Атмосфера Земли прозрачна для лучей в диапазонах 7-14 мкм, что соответствует температуре от -66,15 С до 140,85 С. Таким образом инфракрасные излучения Земли беспрепятственно уходят в космическое пространство, так как известные парниковые газы не имеют полосы поглощения в этих диапазонах. Ближайшие температуры, при которых двуокись углерода и пары воды действуют как парниковые газы, равняются -80 С и 187 С, а при этих температурах излучение Земли близко к нулю.

Причина глобального изменения климата в настоящее время кроется в изменении естественных ходов испарения воды под воздействием человеческого фактора.

Человечество своей деятельностью активно влияет на состояние водяного бассейна планеты и содействует интенсификации испарения и накоплению солнечной энергии.

УДК 621.795.

### **Центрбежная абразивная обработка внутренних цилиндрических поверхностей.**

Мирзоалиев И., Иззатуллоев М.А., Рахматуллоев Н.М.  
Таджикский технический университет им. М.С. Осими

Финишная обработка отверстий деталей является одним из трудоемких операций механической обработки. Существующие методы не позволяют применять многодетальную обработку. С целью интенсификации процесса обработки нами предложена следующая схема, позволяющая вести многодетальную обработку.

При данном способе обработки детали свободно устанавливаются в пазах сепаратора с вертикальной осью вращения. Сепаратору сообщается вращательное движение. Детали под действием центрбежной силы прижимаются к внутренней поверхности барабана, охватывающего сепаратор с некоторым зазором, покрытого резиновым слоем. Резиновый слой служит для предохранения наружной поверхности детали от царапания. Притир-палец вставляется в обрабатываемое отверстие детали, и ему сообщается возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости с частотой  $\omega_{\text{в.х.пр}}$  посредством толкателей, расположенных с двух сторон.

Детали за счет трения со стенкой барабана, покрытой резиновым слоем, получают вращательное движение, с частотой  $\omega_{\text{дет}}$ . Притиру, имеющему цилиндрическую форму, установленному в отверстие детали, сообщается возвратно-поступательное движение. Прижим “притира-пальца” к доводимой поверхности при этом происходит под действием центрбежных сил. Обработка осуществлялась на специально изготовленном устройстве [1].

Экспериментальные исследования процесса показали высокую эффективность процесса обработки. Например, при обработке  $\varnothing 14$  при исходном среднем значении шероховатости поверхности  $R_a=0,23$  мкм после 5 мин. обработки шероховатость снизилась до значения  $R_a=0,11$  мкм. При обработке отверстия  $\varnothing 25$  шероховатость поверхности от исходного  $R_a=0,75$  мкм снизилась до  $R_a=0,22$  мкм.

#### Литература:

1. Мирзоалиев И., Убайдуллаев А.Н. Устройства для одновременной доводки наружной и внутренней поверхностей детали типа втулки / И. Мирзоалиев, А.Н. Убайдуллаев // Труды Таджикского технического университета. Серии «Механика и технология». – Душанбе, 1995. – С 68-72.

УДК 621.795.

### Устройство для центробежной абразивной обработки сферических поверхностей изделий из самоцветных камней

Ходжаев Т.А., Мирзоалиев И., Амонов И.Т.  
Гаджикский технический университет им. М.С. Осими

В настоящее время наиболее широко применяемый способ обработки шаров – обработка их в кольцевых канавках между верхним неподвижным прижимным диском и вращающимся нижним. Таким способом можно обработать шарики из различных материалов, в том числе из самоцветных камней. Этот способ преимущественно применяется при обработке шариков диаметром не более 30 мм.

Нами изготовлено и опробовано устройство для обработки сферических поверхностей большого диаметра (30÷100мм) из самоцветных камней, суть которого заключается в следующем: если шар правильной формы устанавливать в отверстие диаметром  $C$ , вырезанное в пластине, то между значениями диаметра шара  $D$ , диаметра отверстия  $C$  и величиной опускания шара ниже плоскости базирования  $h_n$ , при правильной форме шара, существует следующая зависимость:

$$C = 2\sqrt{h_n(D - h_n)}. \quad (1)$$

Величина опускания шара  $h_n$  при одном и том же диаметре отверстия  $C$  различна для шаров разного диаметра. Чем меньше диаметр шара, тем больше значение опускания шара ниже плоскости базирования  $h_n$ . Технология изготовления шаров из самоцветных камней такова, что сначала вырезают заготовку в форме куба, далее срезают вершины куба на требуемую величину и последовательно вырезая вновь образованные вершины, приближают заготовку к форме шара. Полученная заготовка имеет множество выпуклых граней. При обработке шара устанавливаем расчетное значение величины  $h_n$ , исходя из максимально получаемого диаметра шара  $D$ .

При обработке снимаются выпуклости и постепенно заготовка принимает правильную геометрическую форму. Эксперименты показали, что наиболее приемлемым является размер отверстия  $C$  в пределах  $(0,7÷0,9)D$ . В этом случае высота  $h_n$  находится в пределах  $(0,143÷0,282)D$ . В одной ячейке с диаметральной размер равным  $C$  можно обработать шары в определенном диапазоне размеров для каждого конкретного размера и установленного расчетного значения  $h_n$ .

# **Математика и приложения**

### **Педагогическая деятельность В.К. Дыдырко**

Бричикова Е.А., Бричиков А.И.  
Белорусский национальный технический университет  
Белорусский государственный университет

Владимир Кондратьевич Дыдырко был одним из тех математиков, которые принимали участие в становлении преподавания высшей математики в различных высших учебных заведениях Беларуси со дня их открытия.

В.К. Дыдырко родился в с. Дахновка Черкасского уезда /Украина/. Среднее образование получил в Черкасской гимназии. Высшее – в Киевском и Московском университетах. Киевский университет он окончил с дипломом второй степени /1900 г./, а Московский – с дипломом первой степени /1902 г./.

Вся трудовая педагогическая жизнь В.К. Дыдырко связана с Беларусью. С 1902 г. он преподавал математику в Минской мужской гимназии, где проработал до 1922 г. С января 1919 г. до момента закрытия в 1920 г. работал в Минском народном институте образования. В этом учебном заведении Владимир Кондратьевич преподавал высшую алгебру, аналитическую геометрию и анализ бесконечно малых.

В 1920–1922 гг. В.К. Дыдырко работал в Белорусском политехническом институте, где читал курсы лекций по аналитической геометрии и анализу бесконечно малых.

В 1924–1925 учебном году читал лекции по высшей математике в Белорусском государственном институте сельского хозяйства.

С 1 сентября 1922 г. по 1938 г. Владимир Кондратьевич работал в Белорусском государственном университете в должности ассистента, преподавателя, доцента и профессора кафедры аналитической геометрии. В учёном звании профессора утверждён 18 октября 1931 г. В БГУ читал следующие курсы: аналитическая геометрия, проективная геометрия, дифференциальная геометрия, высшая алгебра, дифференциальные уравнения.

В период работы в БГУ В. К. Дыдырко проводил научную работу по исследованию кривых третьего порядка, на основании этих работ проводится разработка геометрических методов синтеза механизмов. С результатами исследований он принимал участие в Первом /Харьков, 1930/ и Втором /Ленинград, 1934/ Всесоюзных съездах математиков.



**Преподавание математики на рабфаке БПИ**

Бричикова Е.А.

Белорусский национальный технический университет

В 1933 г., когда возобновил свою работу Белорусский политехнический институт, был создан рабочий факультет, на котором слушатели получали образование в дневной и вечерней формах.

В 1933-1934 и 1934-1935 учебных годах на этом факультете работало 7 преподавателей математики с годовой нагрузкой от 1069 часов до 1521 часа. Однако в связи с отсутствием нового набора и уменьшением количества групп началось сокращение и количества преподавателей. Так, в 1936/1937 учебном году в штатах числилось только 4 преподавателя, из них только 2 имели нагрузку на полную ставку /1145 и 1040 часов/.

Учебный план для рабфаков в 1937/1938 учебном году включал следующее количество часов математики:

**Дневное отделение:**

I курс		итого	II курс		итого	III курс		итого	всего
1 с	2 с		3 с	4 с		5 с	6 с		
8 ч/н	8 ч/н	384	6 ч/н	6 ч/н	288	6 ч/н	6 ч/н	288	960

**Вечернее отделение:**

I к		ито-го	II к		ито-го	III к		ито-го	IV к		ито-го	все-го
1с	2с		3с	4с		5с	6с		7с	8с		
6	6	288	6	4	240	4	4	192	6	6	288	1008

При этом отмечалось, что рабфак БПИ в 1937-1938 учебном году работает только по плану 3 курса на дневном отделении и по плану 3 и 4 курсов на вечернем отделении. На всех курсах и отделениях проводились переводные экзамены по математике /устно и письменно/. На 3 курсе вечернего отделения были экзамены по алгебре – письменно и устно, а по геометрии и тригонометрии – устно. Выпускные экзамены на 4 курсе вечернего отделения и 3 курсе дневного отделения по алгебре, геометрии и тригонометрии проводились письменно и устно.

## Изучение воздействия электрического поля на динамику колебательной системы с электрореологической суспензией

Воронович Г.К., Коробко Е.В.

Белорусский национальный технический университет,  
ИТМО НАН Беларуси

Полимерные жидкости, на основе которых создаются электрореологические суспензии (ЭРС), проявляют упругие свойства и механическую память. В связи с этим решается вопрос об опосредованном воздействии подаваемого напряжения ( $E$ ) на реологические характеристики демпфирующей жидкости и динамику виброзащитной системы. Уравнение движения тела, соединенного с демпфирующим устройством, имеет вид

$$m\ddot{X} + s\tau(\dot{\gamma}) + \chi X = 0; \dot{\gamma} = \frac{X - u(t)}{h}; X(0) = \dot{X}(0) = 0,$$

где  $m$  – масса тела,  $X$  – смещение тела, соединенного с упругой пружиной с жесткостью  $\chi$ ;  $s$  – площадь поверхности, смачиваемая жидкостью,  $\dot{\gamma}$  – скорость сдвига;  $\tau$  – касательное напряжение;  $u(t)$  – функция возмущения внешнего цилиндра,  $h$  – зазор заполненной ЭРС между виброизолируемым внутренним цилиндром и внешним цилиндром.

$$\tau(\dot{\gamma}) = \frac{\eta(E)}{[1 + \lambda_0^2(E)\dot{\gamma}^2]^p} = \frac{\eta_0 K_1(E)}{[1 + (\lambda_0 K_2(E))^2]^p}, \quad \eta_0 - \text{начальная ньютоновская вязкость, } \lambda_0$$

– характерное время релаксации упруговязкой жидкости.

Увеличение вязкости жидкости за счет роста  $E$  приводит к росту эффективной вязкости колебательной системы, росту упругой составляющей ЭРС, а следовательно, и к уменьшению характерного времени релаксации. Напряжение подается в режиме отслеживания динамических характеристик системы.

$$K_1(E) = 1 + aE, \quad a > 0, \quad K_2(E) = 1 - bE, \quad b > 0,$$

где  $a, b$  – коэффициенты, характеризующие параметры используемой ЭРС,

$$E(X) = \begin{cases} e^{|X|}, & |X| \leq X_{nped} \\ 0, & |X| > X_{nped} \end{cases}, \quad \text{где } X_{nped} - \text{параметр предельно возможного}$$

смещения, обусловленный особенностями конструкции колебательной системы (КС). Задача в такой постановке описывает математическую модель КС с ЭРС в режиме отслеживания ее динамики при помощи воздействия электрического поля на реологические характеристики демпфирующей жидкости.

## Об одном обобщении функции Бесселя

Вирченко Н.А.

Национальный технический университет Украины "КПИ"

Обобщенную функцию Бесселя  $J_{\mu,\omega}(x)$  вводим как одно из решений дифференциального уравнения

$$x^2 y'' + xy' + (x - \mu^2)(x + \omega^2)y = 0 \quad (1)$$

Заметим, что уравнение (1) будет уравнением Бесселя при  $\mu^2 = \omega^2 = \nu$ .

Ищем решение уравнения (1) в виде степенного ряда

$$y = \sum_{k=0}^{\infty} C_k x^k,$$

где коэффициенты  $C_k$  – аналитические функции при всех  $x$ .

Положив  $C_0 = 1, C_1 = 0$ , получим:

$$C_{2m} = -\frac{C_{2m-1}(b-a) + C_{2m-2}}{(2m)^2 - \mu^2 \omega^2}, m = 1, 2, \dots; \mu^2 = a, \omega^2 = b.$$

Окончательно имеем:

$$J_{\mu,\omega}(x) = \Gamma\left(\frac{2-\mu\omega}{2}\right)\Gamma\left(\frac{2+\mu\omega}{2}\right) {}_1F_2\left(1; \frac{2-\mu\omega}{2}, \frac{2+\mu\omega}{2}; -\frac{x}{4}\right),$$

где  ${}_1F_2$  – гипергеометрическая функция [1].

Для изучения свойств функции  $J_{\mu,\omega}(x)$  доказано интегральное изображение функции  ${}_1F_2(a; c, d; x)$ :

$${}_1F_2(a; c, d; x) = \frac{1}{\Gamma(c-a)\Gamma(d)} \int_0^1 \int_0^1 e^{cx+\tau} t^{a-1} \tau^{-1} (1-t)^{c-a-1} (1-\tau)^{d-1} dt d\tau.$$

Доказаны функциональные и дифференциальные соотношения для  $J_{\mu,\omega}(x)$ , ряд свойств этой функции, вычислены интегралы с  $J_{\mu,\omega}(x)$ .

### Литература:

1. Бейтмен Г., Эрдейн А. Высшие трансцентные функции. // М.: Наука, 1973. – Т.1. – 296 с.

**О задаче оптимального управления линейной гибридной системой с множественной неопределенностью в начальном состоянии**

Габасова О.Р.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается линейная задача оптимального управления гибридной системой

$$J(u, v) = c'_x x(t^*) + c'_y y(t^*) \rightarrow \max_{u(\cdot), v(\cdot)},$$

$$\begin{cases} \dot{x} = A_x(t)x + b_x(t)u, t \in T; \\ y(t + h_y) = A_y(t)y(t) + b_y(t)u(t), t \in T_v, H_x x(t^*) \geq g, \end{cases} \quad (1)$$

с неполностью определенным начальным состоянием  $x(t_*)$ , которое принадлежит множеству

$$\tilde{X}_0 = \{x \in R^n : Gx = f, d_* \leq x \leq d^*\}, y(t_*) = y_0. \quad (2)$$

Функции  $(u(\cdot), v(\cdot))$  принадлежат классу дискретных управляющих воздействий:  $u_* \leq u \leq u^*, v_* \leq v \leq v^*$ . Здесь:  $t_*, t^*$  фиксированы,  $H_x \in R^{m \times n_x}$ ,  $c_x \in R^{n_x}$ ,  $c_y \in R^{n_y}$ ;  $g \in R^m$ ;  $u_*, u^* \in R^{r_u}$ ,  $v_*, v^* \in R^{r_v}$  – заданные матрицы и векторы;  $A_x(t) \in R^{n_x \times n_x}$ ,  $b_x(t) \in R^{n_x \times r_u}$ ,  $b_y(t) \in R^{n_y \times r_v}$ ,  $t \in T$ , – заданные матрица и векторы.

Множество (2) называется априорным распределением начального состояния  $x_0$ .

Одним из способов уменьшения неопределенности (2) является наблюдение и обработка реализовавшихся процессов. Для этого вводится измерительное устройство

$$z(t) = Kx(t) + \xi(t),$$

где  $\xi(t), t \in T$ , – ошибки измерения.

Для вычисления оценок априорного распределения терминальных состояний используется формула Коши. Показано, что при оптимальном управлении гибридной системой (1) – (2) с неполностью определенным начальным состоянием справедлив принцип разделения процессов управления и наблюдения, который базируется на вычислении оценок неопределенности и решениях детерминированной задачи оптимального управления

### Частный случай интегрального преобразования Меллина и возможности его приложений

Гахович А.С.

Белорусский национальный технический университет

Из общей схемы построения интегральных преобразований, предложенной автором, для случая дифференциального оператора частного вида  $T = t \frac{d}{dt}$  была получена известная пара классического преобразования Меллина

$$F(S) = \int_0^{\infty} f(t)t^{S-1} dt; \quad S = \tau_0 + i\tau; \quad f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma_0 - i\infty}^{\sigma_0 + i\infty} F(S)t^{-S} dS$$

для  $f(t)$ , удовлетворяющих условию:  $f(t) = t^{\sigma_0 - 1} \in L, (0; +\infty)$ .

В приложениях к ДУ необходимо рассматривать оригиналы  $\tilde{f}(t)$  в узком смысле, определяемые формулой  $\tilde{f}(t) = f(t) \cdot 1(t)$ , где  $1(t)$  -

единичная функция Меллина:  $1(t) = \begin{cases} 1, & \forall t \in [0; 1] \\ 0, & \forall t \notin [0; 1] \end{cases}$

Основополагающей операцией в пространстве оригиналов в исчислении Меллина является операция  $Tf(t) = t \frac{d}{dt} f(t)$ , а наиболее продуктивной – операция свертки  $f_1(t) * f_2(t)$ .

В пространстве оригиналов в узком смысле основополагающее операционное правило принимает вид

$t \frac{d}{dt} d(t) + \tilde{f}(1)$ , а свертка определяется формулой

$$f_1(t) * f_2(t) = \int_0^1 f_1(\tau) f_2\left(\frac{t}{\tau}\right) \frac{d\tau}{\tau}.$$

Преобразование Меллина в общем случае не может быть получено формальной модификацией классического операционного исчисления и содержит в себе значительно больше возможностей приложений.

**Сетевой алгоритм решения транспортной задачи с ограниченными пропускными способностями**

Корзников А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Среди задач линейного программирования широко известен класс задач транспортного типа. В наиболее общей постановке они могут быть сформулированы в следующем виде.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1) \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2) \quad 0 \leq x_{ij} \leq d_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n} \quad (4)$$

Заметим, что если  $d_{ij} \geq \min(a_i, b_j)$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , то мы имеем открытую модель классической транспортной задачи. Введением фиктивных поставщика или потребителя она легко сводится к замкнутой

модели с выполненным балансовым соотношением:  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ ,

которые являются необходимым и достаточным условием разрешимости задачи. Естественно, что, несмотря на то, что рассматриваемая задача является задачей линейного программирования, очень специфическая структура матрицы ограниченной (1) и (2) привели к тому, что для ее решения был разработан метод потенциалов – модификация симплекс-метода, учитывающий эту особенность и позволяющий существенно уменьшить объем вводимой и хранимой исходной информации. Ситуация значительно меняется, если ограничения (4) являются нетривиальными, то есть для некоторых  $(i, j)$ ,  $d_{ij} = 0$  (транспортная задача с запретами) или  $d_{ij} < (a_i, b_j)$  (транспортная задача с ограниченными пропускными способностями). В этой ситуации возникают проблемы не только с применением симплекс-метода или его модификаций к решению задачи, но и с построением первоначального базисного решения.

В данной работе получены простые алгоритмы решения задачи (1)-(4), не использующие методов линейного программирования, а основанные на дальнейшем развитии идеи осуществления тернарных операций на графе (сети), и не требующий никакого его графического представления.

## Оптимальное управление нестационарной системы с подвижными концами

Матвеева Л.Д.

Белорусский национальный технический университет

В работе обосновываются принципы построения оптимального и субоптимального управлений для оптимизации линейной нестационарной системы с подвижным левым концом и ограничениями-неравенствами:

$$\begin{aligned} J(u) &= c'x(t_*) \rightarrow \max, \\ \dot{x} &= A(t)x + B(t)u, \quad x(t_0) = Gz, \\ f_* &\leq z \leq f^*, \quad g_* \leq Hx(t_*) \leq g^*, \\ |u(t)| &\leq 1, \quad t \in T = [t_0, t_*] \end{aligned} \quad (1)$$

Совокупность  $v = (u, z)$  назовем управлением. Пара  $\{v, S_{\text{оп}}\}$  опорное управление.

При построении метода решения задачи учитывается ее специфика: сочетание управлений из конечномерных и бесконечномерных пространств. Предлагаемый прямой точный метод для задачи (1) позволяет остановить процесс решения после получения субоптимального  $v^\varepsilon = (u^\varepsilon, z^\varepsilon)$ :

$$(J(u^0) - J(u^\varepsilon)) \leq \varepsilon. \quad (2)$$

В основу итерации, следуя адаптивному методу линейного программирования, положен принцип уменьшения оценки субоптимального опорного управления  $\{v, S_{\text{оп}}\}$ . Из разложения оценки субоптимальности опорного управления следует, что управление  $v = (u, z)$  и опору  $S_{\text{оп}}$  можно улучшать независимо друг от друга.

Поэтому итерация метода состоит из двух частей. В первой части строится новое управление с помощью решения специальной опорной конечномерной задачи линейного программирования. Во второй части описывается техника замены опоры, которая, в зависимости от случая, порождает свой вариант замены.

Последний этап решения задачи состоит из процедуры доводки, позволяющей построить оптимальное управление задачи, что обеспечивает конечность метода.

В работе сформулированы и доказаны критерии оптимальности и субоптимальности опорного управления.

## **Контроль самостоятельной работы студентов по курсу «Высшая математика»**

Матвеева Л.Д., Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Согласно учебным планам всех специальностей БНТУ определенное количество часов, отведенных на изучение дисциплины «Высшая математика» составляет самостоятельная работа студентов. Очевидно, что эффективность такой работы заключается в ее контроле. Для этого рекомендуется по каждой теме выдавать индивидуальные задания каждому студенту, которые будут максимально охватывать изучаемый материал.

Основной целью выполнения работы – это закрепление базовых знаний и развитие у студентов умения применять эти знания для решения конкретных технических и экономических задач. С целью быстрого и качественного контроля самостоятельной работы студентов задания желательно составлять в виде тестов с предполагаемыми вариантами ответов.

Тесты составлены по разделам: линейная алгебра, векторная алгебра, аналитическая геометрия. На выполнение теста отводится 45 минут. С учетом уровня подготовки студентов при составлении задач формулируются несколько условий разной степени сложности от простых до сложных. Такой подход создает возможность дифференцированного обучения студентов. Например, при изучении раздела «Математическое программирование» студентам на выбор были предложены задачи разной степени сложности. Требовалось:

1. Привести задачу к каноническому виду и найти первоначальный план (4 балла);
2. Решить задачу графическим или симплекс-методом (5,6 баллов);
3. Решить задачу симплекс-методом и, используя теорию двойственности, составить двойственную задачу и найти ее оптимальный план (7,8 баллов);
4. Решить задачу методом Гомори с требованием целости численности оптимального решения (9, 10 баллов).

Аналогично, в транспортной задаче требовалось:

1. Составить математическую модель и привести задачу к закрытому типу;
2. Найти опорный план задачи и проверить его на оптимальность;
3. Решить задачу методом потенциалов и проанализировать ее;



4. Найти оптимальный план с дополнительными ограничениями (запрещенные перевозки или ограниченные пропускные способности).

УДК 519.1

### **Матроиды в исследовании операций**

Исаченко А.Н., Ревякин А.М.

Белорусский государственный университет,

Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (г. Москва)

Теория матроидов [1], возникнув как обобщение структур из многих разделов математики, широко используется в приложениях. Значимость матроидного подхода заключается в удачном сочетании абстрактного аксиоматического подхода и прикладного характера её конструкций. Многие задачи исследования операций могут быть сформулированы как оптимизационные задачи на матроидах.

Примером является сетевые задачи исследования операций. Так задача о минимальном остовном дереве неориентированного графа формулируется как задача на графическом матроиде и решается «жадным» алгоритмом. Задача о минимальном ориентированном остовном дереве графа, задача о максимальном паросочетании двудольного графа, задача о назначениях формулируются как задачи на пересечении двух матроидов.

В теории коалиционных игр рассматриваются игры на матроидах разбиений. В криптографии матроиды применяются при исследовании идеальных схем разделения секретов.

Среди приложений теории матроидов можно указать использование матроидов в задачах, связанных с моделирование электрических и механических систем и поиском их устойчивого состояния.

Использование матроидного подхода позволяет сформулировать алгоритмы решения задач с единых позиций. Но поскольку аксиоматизация матроида может проводиться на основе различных понятий, то с алгоритмической точки зрения, при применении матроидного подхода существенным становится форма задания матроида. И сложность решения задачи оценивается, в том числе и количеством обращений к соответствующему форме задания оракулу. Сложность задачи распознавания свойства матроида, также оценивается числом обращений к оракулу.

#### Литература.

1. Welsh D.J.A. Matroid theory. – London: Acad. Press, 1976. – 433 pp.

## Выбор оптимальных параметров при проектировании редукторных механизмов

Марцинкевич В. С.

Белорусский национальный технический университет

Разработаны методика, алгоритм и программа рационального выбора, в рамках САПР автомобиля, конструктивных параметров автомобильных редукторов, удовлетворяющих техническому заданию.

Известно, что задача определения оптимальных параметров проектируемого механизма является многокритериальной. Одним из методов ее решения является исследование пространства параметров [1] в области их допустимых значений. Этот метод положен в основу алгоритма оптимизации конструктивных параметров редукторов. Оптимальным принимается такое решение, которое при одних и тех же материалах и технологических условиях обеспечивает наименьшую материалоемкость и заданную долговечность. Например, для трехвальной раздаточной коробки с двухступенчатым редуктором без прямой передачи критерии оптимизации будут следующие:

- суммарный объем зубчатых колес низшей и высшей ступеней,
- нормальный модуль зубчатых колес,
- угол зацепления,
- объем картера.

Варьируемыми параметрами вышеуказанного редуктора будут:

- модуль зубьев,
- межосевые расстояния  $a_{w_i}, i = \overline{1,3}$ ,
- углы  $\gamma_1, \gamma_2$  и  $\gamma_3$  между условными прямыми, соединяющими центры валов в поперечном сечении раздаточной коробки,
- ширины зубчатых венцов,
- углы профиля и наклона линии зубьев,
- коэффициенты смещения исходного контура  $x_1$  и  $x_2$ .

Методика позволяет решать проблему не только сокращения сроков конструирования, но и обеспечения оптимальных по показателям надежности и материалоемкости редукторов. Таким образом, учитывается несколько критериев одновременно и выбираются критериальные ограничения с учетом возможности проектируемых редукторов.

### Литература:

1. Соболев, И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. – М.: Наука, 1981.

**Полное успокоение и одновременная стабилизация  
дифференциальной системы с запаздыванием**

Метельский А.В., Карпук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Изучается дифференциальная система запаздывающего типа

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=0}^m A_i x(t-ih) + bu(t), \quad t > 0, \quad x(t) = \eta(t), \quad t \in [-mh, 0]. \quad (1)$$

Здесь  $x$  –  $n$ -вектор-столбец решения системы (1) ( $n \geq 2$ );  $0 < h$  – постоянное запаздывание;  $A_i$  – постоянные  $n \times n$ -матрицы ( $i = \overline{0, m}$ );  $b = e_n = [0; \dots; 0; 1]'$  –  $n$ -вектор (штрих – транспонирование);  $\eta$  – начальное кусочно-непрерывное состояние. Обозначим  $A(\lambda) = A_0 + A_1\lambda + \dots + A_m\lambda^m$  ( $\lambda \in \mathbf{C}$  – множество комплексных чисел),  $w(p, e^{-ph}) = |pE_n - A(e^{-ph})|$  – характеристический квазиполином ( $p \in \mathbf{C}$ ) системы (1). Множество корней  $\sigma = \{p \in \mathbf{C} \mid w(p, e^{-ph}) = 0\}$  характеристического уравнения называют спектром системы (1). Считаем, что система (1) спектрально управляема:

$$\text{rank} [pE_n - A(e^{-ph}), b] = n \forall p \in \mathbf{C}. \quad (2)$$

Изучается вопрос: нельзя ли одним регулятором обеспечить асимптотическую устойчивость замкнутой системы и полное успокоение исходной системы:  $x(t) \equiv 0$ ,  $t \geq t_1$ , где  $t_1 > 0$  – некоторый момент времени?

Пусть  $a_1(\lambda), a_2(\lambda)$  – полиномы,  $q'(\lambda), g'(\lambda)$ ,  $\tilde{q}'_{ki}(\lambda)$  – векторные полиномы ( $k = \overline{1, L}, i = \overline{1, L_1}, L, L_1$  – натуральные числа);  $P^* = \{p_k \in \mathbf{C}, k = \overline{1, L}\}$  – самосопряженный набор различных комплексных чисел, в частности, действительных;  $\lambda'_D \varphi(t) = \varphi(t-ih)$ . Рассмотрим динамический регулятор

$$\dot{x}_{n+1}(t) = q'(\lambda_D) \tilde{x}(t) + \sum_{k=1}^L \sum_{i=0}^{L_1} \tilde{q}'_{ki}(\lambda_D) \tilde{x}(t-s) e^{p_k s} s^i / i! ds + a_1(\lambda_D) y(t), \quad (3)$$

$$\dot{y}(t) = g'(\lambda_D) \tilde{x}(t) + a_2(\lambda_D) y(t), \quad u(t) = -e'_n A(\lambda_D) x(t) + x_{n+1}(t), \quad t > 0,$$

где  $\tilde{x}(t) = [x_1(t), \dots, x_{n+1}(t)]'$ ;  $x_{n+1}(t), y(t)$  – вспомогательные переменные.

**Теорема.** Условие спектральной управляемости (2) необходимо и достаточно для существования регулятора (3), обеспечивающего полное успокоение исходной системы (1) и асимптотическую устойчивость замкнутой системы (1), (3).

## Об одном представлении комплексного теплового потенциала задачи Неймана для круга

Мелешко И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается вторая основная краевая задача теории теплопроводности для уравнения Лапласа в единичном круге:

$$\Delta T = 0, \quad |r| < 1,$$

$$\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=1} = \alpha T_0 f(\varphi), \quad -\pi \leq \varphi \leq \pi, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\alpha$  – коэффициент теплообмена,  $T$  – температура, а  $T_0$  – некоторая характерная температура, а  $f(\varphi)$  – заданная функция.

Как известно, для решения плоской тепловой задачи достаточно найти комплексный тепловой потенциал этой задачи. Оказалось удобным искать его в виде

$$W(z) = T + i \frac{Q}{\lambda}, \quad z = r e^{i\varphi}, \quad (2)$$

где  $Q$  – функция расхода.

Введем функцию  $u(\varphi) = \frac{1}{\lambda T_0} Q(1, \varphi)$ ,  $-\pi \leq \varphi \leq \pi$ .

Тогда, с помощью условий Коши-Римана для действительной и мнимой частей комплексного потенциала (2) граничное соотношение (1) можно записать в виде

$$u(\varphi) = \beta \int_{-\pi}^{\varphi} f(\tau) d\tau + u(-\pi), \quad \beta = \frac{\alpha r}{\lambda} \Big|_{r=1}. \quad (3)$$

При помощи формулы Шварца, после некоторых преобразований интеграла Шварца получаем новое представление  $W(z)$ , содержащее известную функцию  $f(\varphi)$

$$W(z) = iT_0\beta \left[ -\frac{1}{\pi i} \int_{-\pi}^{\pi} f(\tau) \ln \left( 1 - \frac{z}{e^{i\tau}} \right) d\tau - \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \tau f(\tau) d\tau + C \right],$$

где  $C$  – действительная постоянная.

Микулик Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Изучение курса математики в высшем учебном заведении состоит из двух направлений: привитие знаний студентам по математике и контроль знаний и умений студентов. К первому направлению относятся учебные занятия, т.е. лекции и практические занятия и самостоятельная работа студентов с учебным материалом. Второе направление состоит в проверке полученных студентами знаний и умений, т.е. контроль, состоящий из непосредственной (активной) формы, состоящей в общении преподавателя со студентом и опосредованной пассивной форме: письменная работа, выполнение тестов, выполнение типовых расчетов, курсовых работ и т.д.

Наиболее эффективной (объективной) является активная форма, т.е. беседа преподавателя со студентами, позволяющая определить не только знания теоретического материала и умение решать задачи, но и его творческие способности. Из пассивных форм наиболее эффективной является математический диктант. Эти формы исключают возможности использования студентами информации по мобильному телефону, книги, конспекты и т.д.

Что касается письменных контрольных работ и тестов, то несмотря на контроль выполнения этих работ преподавателем, результаты их выполнения не всегда дают объективную оценку знаний, т.к. они часто выполняют не самостоятельно. Что касается использования тестов, то они часто дают высокие результаты ответов, хотя студенты не владеют ни теоретическими, ни практическими знаниями.

Учитывая трудности в проведении беседы со всеми студентами, используется смешанный вид контроля, т.е. после выполнения письменной работы проводится собеседование, которое позволит определить уровень знаний.

Устный контроль проводится на практических занятиях.

Математический диктант можно проводить часто, затрачивая на это 10 минут.

Смешанный вид контроля можно проводить как на промежуточном, так и на итоговом контроле знаний.

Практика показывает, что около 60% студентов в конце семестра получают положительные оценки (4–10) на основании промежуточного контроля. Оценку (7–10) получают немногие студенты (8–10 студентов из потока).

## Дифференциальные уравнения совместных линейных и крутильных колебаний в динамической системе

Микулик Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Часто встречаются многомассовые динамические системы, в которых отдельные массы совершают одновременно угловые и линейные перемещения, т.е. имеют место крутильные и линейные колебания.

Рассмотрим четырехмассовую динамическую систему с реактивным звеном, в которой массы  $m_1, m_2, m_3$  связаны последовательно соединениями с жесткостями  $c_{12}, c_{23}$ , а  $m_4$  имеет ответвление от соединения  $c_{23}$  и опирается на пружину с жесткостью  $c_4$ . Массы  $m_1, m_2$  и  $m_3$  совершают угловые перемещения  $\varphi_i$  вокруг оси соединений  $c_{12}, c_{23}$ , а  $m_4$  – угловые перемещения  $\varphi_4$  вокруг оси соединения  $c_4$  и линейные вдоль оси  $x$ .

На первую массу воздействует внешнее возмущение  $Q(t)$ . Вынужденные колебания рассматриваемой системы описываются [1] системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - k_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = Q(t) \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) + c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_4) + k_1(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 - c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_4) = -k_2(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) \\ I_4 \ddot{\varphi}_4 - c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_4) + c_4(\varphi_4 - x/2) = k_2(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) \\ m_4 \ddot{x} - c_4(\varphi_4 r - x) + c_4 x = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Три последних уравнения (1) показывают связь между линейными и угловыми перемещениями масс  $m_3$  и  $m_4$ . В (1)  $I_i$  – моменты инерций  $m_i$  ( $i=1, 2, 3$ ),  $r$  – радиус перехода от линейного перемещения к угловому и наоборот,  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты трения. Собственные колебания описываются системой ДУ, полученной из (1) при  $k_1 = k_2 = 0$  и  $Q(t) = 0$ .

Решения системы (1) при заданных значениях параметров  $I$  и  $c$  и начальных условиях  $\varphi_i = \varphi_0, \dot{\varphi}_i = \dot{\varphi}_0, x = x_0, \dot{x} = \dot{x}_0, \ddot{x} = \ddot{x}_0$  и заданном возмущении  $Q(t)$  можно получить, используя пакеты MathCAD, Mathematica, Matlab и др. или операционным методом.

### Литература

1. Микулик Н.А. Основы теории динамических систем. – Минск: БНТУ, 2007. – 247 с.

**Корневой метод достижения заданного качества систем с неопределенностью**

Несенчук А.А.

Белорусский национальный технический университет

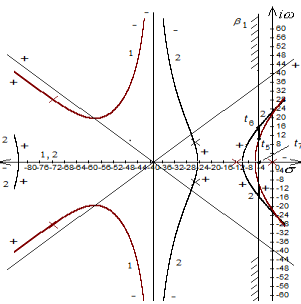
Рассматривается задача размещения семейства корней характеристического уравнения динамической системы четвертого порядка с интервальной неопределенностью в заданной области качества  $Q$  в плоскости корней  $s$ . Область  $Q$  ограничивает запас устойчивости системы и задается двумя границами  $\beta_1$  и  $\beta_2$  равной степени устойчивости.

Динамика системы описывается характеристическим полиномом

$$s^4 + a_1s^3 + a_2s^2 + a_3 = p(s), \tag{1}$$

где коэффициенты  $a_j$  действительны и изменяются в следующих пределах:

$$\underline{a}_j \leq a_j \leq \bar{a}_j, \quad j = 0, 4, \quad a_0 \neq 0; \quad \underline{a}_j \text{ и } \bar{a}_j \text{ — минимальное и максимальное}$$



значения замкнутого интервала изменения коэффициента  $a_j$ . С целью вычисления искомых коэффициентов (1), обеспечивающих заданное расположение семейства корней используется расширенный корневой годограф [1] системы. Каждый коэффициент  $a_j$  вычисляется на основе  $j$ -го уравнения расширения (1), начиная с  $j=1$ .

На рисунке 1 показан корневой портрет полинома (1), представленный двумя корневыми годографами 1 и 2, ветви которых, обозначенные цифрами 1 и 2, проходят через граничные точки  $t_5$  и  $t_6$  области  $t_5t_6$  пересечения  $\beta_1$  ветвями корневого портрета. Интервалы вариации параметра  $a_4$  определяются на основе уравнений [1] корневого годографа и параметра системы следующим образом:

$$\bar{a}_4 = \min(a_4(t_5), a_4(t_6)); \quad \underline{a}_4 = \max(a_4'(t_7), a_4''(t_7)), \tag{2}$$

где  $a_4'(t_7)$  и  $a_4''(t_7)$  – значения  $a_4$  в точке  $t_7$  пересечения  $\beta_1$  действительными ветвями годографов 1 и 2. Значения  $a_4$  в точках пересечения ветвей с левой границей  $\beta_2$  (на рисунке не показана) превышают (2) и поэтому не учитываются. Оставшиеся параметры (1) вычисляются по тому же принципу.

**Свойство алгебры, порожденной оператором взвешенного сдвига**

Нифонтова Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим алгебру  $V = C^*(A, Z, T)$ , где  $A = C_1(R)$  – алгебра непрерывных функций на  $R$ , периодических с периодом 1.

Пусть  $X = L_2(R)$  – пространство измеримых на вещественной прямой функций с нормой  $\|x\| = \int_R |x(t)|^2 dt$ . Рассмотрим оператор  $T_h : L_2(R) \rightarrow L_2(R)$ , заданный формулой  $T_h u(x) = u(x+h)$ , и элементы  $b = \sum_{k=-m}^m a_k T_h^k$ ,  $a_k \in A$ . Пусть множество  $V \subseteq LB(L_2(R))$ , такое, что  $V = \bar{V}_0$ ,

где  $V_0 = \left\{ b = \sum_{k=-m}^m a_k T_h^k \quad \forall m \in N, a_k \in A \right\}$ . Заметим, что  $V_0$  является

пространством, натянутым на векторы вида  $a_k T_h^k$ , где  $a_k \in C_1(R)$ , таким образом, в частности  $V_0$  есть линейное пространство, которое замкнуто относительно умножения. Заметим, что  $T_h^k b T_h^{-k} = b(x+kh) \in A$ , а  $A$  есть  $C^*$ -алгебра, тогда  $a T_h^k b T_h^{-k} \in A$ . Таким образом,  $a T_h^k b T_h^{-k} T_h^{k+m} = ab(x+kh) T_h^{k+m} \in V_0$ . Тогда легко определить характер оператора, сопряженного с  $T_h$ . Получим, что  $\langle Au, v \rangle = \langle u, A^* v \rangle$ .

Заметим, что  $T_h^* = T_h^{-1}$  и, тогда,  $T_h$  – унитарный оператор. Для каждого элемента  $a \in A$  элемент  $\tilde{T}(a) := T_h a T_h^{-1}$  также принадлежит  $A$ . Кроме того, для отображения  $\tilde{T}$  выполняются условия:

$$\begin{aligned} \tilde{T}(a_1 a_2) &= T_h a_1 a_2 T_h^{-1} = T_h a_1 T_h^{-1} T_h a_2 T_h^{-1} = \tilde{T}(a_1) \tilde{T}(a_2), \quad \tilde{T}(a^{-1}) = T_h a^{-1} T_h^{-1} = \\ &= (T_h a T_h^{-1})^{-1} = [\tilde{T}(a)]^{-1}. \end{aligned}$$

Таким образом,  $\tilde{T} : a \rightarrow T_h a T_h^{-1}$  есть автоморфизм.

С учетом вышеизложенного получим, что

$$(a T_h^k)^* = (T_h^k)^* a^* = T_h^{-k} a^* T_h^k T_h^{-k} = \bar{a}(x-kh) T_h^{-k} \in V_0 \text{ т.к. } T_h^{-k} a^* T_h^k \in A.$$

Имеет место истинность импликации:  $b \in V_0 \Rightarrow b^* \in V_0$ .

**Теорема.**  $V_0$  – самосопряженная подалгебра алгебры  $LB(L_2(R))$ . В частности  $V$  является  $C^*$ -алгеброй.



**Математическое моделирование в гидравлике**

Лебедева Г. И., Лебедев Е. П., Веренич И. А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время гидравлика находит широкое применение в различных областях машиностроения. В данной работе исследовалось Сопло Лавалья. Сопло Лавалья – это газовый канал особого профиля, разгоняющий проходящий по нему газовый поток до сверхзвуковых скоростей. Оно используется на некоторых типах паровых турбин и является важной частью современных ракетных двигателей и сверхзвуковых реактивных авиационных двигателей. Существующие методики расчётов дают достаточно точный результат, но требуют больших затрат времени и сил. Авторами сделана попытка смоделировать некоторые ключевые зависимости. В качестве инструмента моделирования применен корреляционно-регрессионный анализ. Исследования основывались на данных, полученных по известным методикам. В результате исследования авторами были получены следующие зависимости:

1) для сопла в целом: распределение профиля расчётного сопла  $d = 0,183l^2 - 0,156l + 0,226$ ; изменение площади поперечного сечения по длине сопла  $S = -0,1047l^3 + 0,1283l^2 - 0,1215l + 0,042$ ;

- изменение числа Маха по длине сопла  $M = -6,6273l^3 + 11,102l^2 - 2,3595l + 0,2473$ ;
- зависимость для давления  $P_i$   $P = 0,2494l^{-1,849}$ ;
- распределение температуры  $T_i$  по длине сопла  $T = 2254,8l^3 - 3637l^2 + 849,2l + 1098,8$ ;
- зависимость газодинамической функции  $\pi(d)$

$$\pi = 103,34d^3 - 127,75d^2 + 51,989d - 5,9957;$$

2) для сверхзвуковой части сопла получены зависимости:

- зависимость газодинамической функции  $\pi(l)$

$$\pi = -5,2815l^3 + 5,6074l^2 - 2,1867l + 0,4608;$$

• зависимость для диаметра выходного сечения  $d_2 = 0,1739l + 0,2452$ ;

• зависимость диаметра выходного сечения от критического диаметра

$$d_2 = -899548d_{кр}^3 - 668715d_{кр}^2 - 165702d_{кр} + 13686.$$

Приведенные модели хорошо описывают данные эксперимента и рекомендуются для практического использования. Авторами были построены многофакторные модели для ряда факторов.

УДК 512.64

## **Применение элементов графики в методике преподавания математики**

Романюк Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Конспекты студентов должны отличаться в лучшую сторону от других видов учебно-методической литературы, служить ключом для понимания соответствующего материала. Для них очень высока роль различных логических акцентов, концентрирующих внимание студента.

Приводим собственные рекомендации, даваемые студентам по структурированию лекционного и практического материала.

I. Студентам предлагается ряд «значков логического акцентирования».

II. Помимо стандартных значков математической логики ( $\forall$ ,  $\exists$ ,  $\exists!$ , ...) предлагается знак « $\Delta$ » (дается по определению), который существенно экономит время ведения конспекта и помогает понять причинно-следственные связи.

III. Максимально используются рисунки (векторы, прямые, сечения).

IV. Во всех задачах (по возможности) указывается геометрический смысл (а также – физический смысл).

V. Делается акцент на ясное понимание сути решаемой задачи и наглядное истолкование ключевых моментов решения.

VI. Важные фрагменты учебного материала студенту предлагается подчеркнуть, взять в рамку. В итоге студент привыкает активно участвовать в процессе обучения, вырабатывается его установка на сиюминутное, без откладывания «на потом», структурирования материала по степени важности.

VII. Использование цвета (карандаши, фломастеры) для выделения важного.

VIII. Организация участков комментария в тексте лекций и практических заданий; комментариев, в том числе и графического характера (например, стрелки, выноски) устанавливает «в горячем порядке» необходимые связи между различными фрагментами решения.

IX. Важно привлекать наглядность, графику для образного построения часто используемых методов, формул, теорем.

Приводится пример поиска производной от сложной функции с помощью применения слоистых графических структур. Такая методика хорошо усваивается студентами и позволяет избежать ошибок.

УДК 629.11.001.24:531.

### **Производственные функции и их использование к исследованию динамических систем**

Чепелева Т. И.

Белорусский национальный технический университет

Особую роль в машиностроении играет структурирование производственного ресурса и решение проблем оптимальной организации, как параллельных конкурирующих процессов производства, так и комплексных, и их сосредоточенное распределение и выполнение. Разработан математический аппарат, а также получены способы расчета точных значений минимального общего рабочего времени выполнения всевозможных действующих производственных процессов рабочего ресурса с ограниченным числом интеллектуальных исполнителей с оценками трудоемкости согласно числу рабочих блоков и процессов. Полученный математический аппарат служит отправной точкой в решении проблемы организации и распределении множества взаимодействующих конкурирующих процессов в машиностроительном производстве. Основная идея метода структурирования процессов производства состоит в обеспечении декомпозиции (т.е. разбиении) рабочего ресурса на блоки и организации одновременного, параллельного использования этих блоков множеством процессов. С помощью изменения параметров производственных функций и их аналитического представления проведено исследование гибкости работы процессов производства. Для параллельного использования рабочих блоков характерным явлением является та ситуация, когда один и тот же блок или часть его необходимо выполнять многократно, циклически. Подмножеством множества рабочих ресурсов или просто ресурсом назовем многократно выполняемый рабочий блок или часть его, а множество соответствующих производственных процессов – конкурирующими. Проведены доказательства соответствующих критериев эффективности и оптимальности структурирования процесса производства согласно количеству рабочих блоков, интеллектуальных исполнителей ресурса производства с учетом необходимых параметров. Поставлена задача организации производства таким образом, чтобы общее время выполнения рабочих процессов, использующих определенный ресурс, было минимальным.

**К методике повышению активной виброзащиты с использованием функциональной диагностики**

Микулик Т.Н., Рейзина Г.Н.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы – повышение активной виброзащиты системы «оператор-сиденье» колесного трактора с использованием функциональной диагностики на основе развития теории и разработки новых методов диагностирования, реализация которых обеспечит оперативное определение состояния системы «оператор-сиденье», предотвращение аварийных ситуаций.

Для проведения всестороннего анализа конструктивных особенностей таких систем, требуются методики, алгоритмы и современные системы поддержки принятия решений, позволяющие снизить вибронегруженность на рабочем месте оператора (водителя).

Авторами предложено диагностировать состояние оператора (водителя) путем регистрации изменения характеристик его функционального состояния, их анализа и выдачи предупреждающих сигналов по комплексу физиологических показателей в результате проверки их выхода в заранее установленный диапазон.

Сущность стратегии оперативного диагностирования: одновременное использование в качестве первичной информации совокупности кинематических и физиологических параметров системы «оператор-сиденье» которые являются критериями оценки предельного состояния всей системы.

Методика определения состояния системы «оператор-сиденье»:

- системность подхода к определению технического состояния объекта диагностирования;
- выбор и обоснование диагностических параметров;
- анализ статистических оценок;
- получение корреляционных зависимостей характеризующих вибронегруженность системы;
- идентификация состояния системы «оператор-сиденье» на основе методов управления.

Таким образом, разработанная методика диагностирования и прогнозирования физиологического состояния оператора на основе биообратной связи позволяет снизить вибронегруженность, обеспечить комфортность, предупредить аварийность ситуации при выполнении технологических операций.

**Релятивистское движение точек фотолибрации  
в небесной механике**

Рябушко А.П. \*, Жур Т.А., Зубко О.Л. \*, Юринок В.И. \*

\*Белорусский национальный технический университет,

Белорусский государственный аграрный технический университет

В связи с существенным влиянием светового давления на законы движения естественных и искусственных небесных тел поставлена и решена следующая задача: пересмотреть решения Эйлера и Лагранжа по нахождению точек либрации  $L_k$ ,  $k = 1..5$  при учете светового давления в плоской ограниченной круговой задаче трех тел. Пусть  $A_1$  – звезда массой  $m_1$ ;  $A_2$  – темное тело массой  $m_2$ , сравнимой с  $m_1$ ;  $A_3$  – пробное тело, масса которого  $m_3$  настолько мала, что не влияет на движение тел  $A_1$  и  $A_2$ , которые находятся на прямой  $A_1A_2$  и вращаются около их центра масс  $O$  с угловой скоростью  $\omega_0 = \sqrt{\gamma m / r_0^3}$ , где  $\gamma$  – ньютоновская постоянная тяготения,  $m = m_1 + m_2$ ,  $r_0 = A_1A_2 = const$ . Введя неподвижную систему координат  $xOy$  и соотношения  $x = x^0 \cos \omega_0 t - y^0 \sin \omega_0 t$ ,  $y = x^0 \sin \omega_0 t + y^0 \cos \omega_0 t$  впервые выводим систему уравнений для нахождения точек фотолибрации  $L_k^*(x^0, y^0)$ , где  $x^0 = const$ ,  $y^0 = const$ .

$$-x^0 \omega_0^2 + \gamma(m_1 - A)(x^0 + m_2 r_0 / m) / \left[ (x^0 + m_2 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{-3/2} + \gamma m_2 (x^0 - m_1 r_0 / m) / \left[ (x^0 - m_1 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{-3/2} = 0, \quad (1)$$

$$y^0 \omega_0^2 - \gamma(m_1 - A)y^0 / \left[ (x^0 + m_2 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{-3/2} - \gamma m_2 y^0 / \left[ (x^0 - m_1 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 \right]^{-3/2} = 0, \quad (2)$$

где  $A$  – редуцирующая масса звезды относительно пробного тела  $A_1$  и вычисляется известной формуле. В коллинеарном случае уравнение (2) исчезает, а (1) дает: при  $0 \leq A < m_1$  три решения, которые определяют три точки фотолибрации  $L_1^*, L_2^*, L_3^*$  при заданном  $A$ ; при  $m_1 = A$  существует одна точка  $L_2^*$ , а две точки фотолибрации  $L_1^*$  и  $L_3^*$  сливаются в одну точку  $A_1$ ; при  $A > m_1$  существует только одна точка фотолибрации  $L_2^*$  при заданном  $A$ . Если  $y^0 \neq 0$ , то существуют два треугольных решения системы (1)–(2):

$$x^0 = (m_1 - m_2)r_0 / (2m) - 0,5 \left[ 1 - ((m_1 - A) / m_1)^{2/3} \right] r_0, \quad y^0 = \pm (m_1 - A) / m_1^{1/3} \cdot r_0 \sqrt{1 - 0,25((m_1 - A) / m_1)^{2/3}}. \quad (3)$$

Уравнения (3) определяют две дуги окружности  $(x^0 - m_1 r_0 / m)^2 + (y^0)^2 = r_0^2$ , имеющую центр в точке  $A_2$  и радиус  $r_0$ , но в силу  $0 \leq A < m_1$ , дуга окружности точкой фотолибрации  $L_4^*$  с ростом  $A$  проходится против хода

часовой стрелки от точки  $L_4$  до  $A_1$ , а  $L_5^*$  по ходу часовой стрелки от точки  $L_5$  до  $A_1$ , не включая  $A_1$ . Треугольники  $A_1A_2L_4^*$  и  $A_1A_2L_5^*$  равнобедренные.

УДК 512.64

**Особенности разработки и внедрения  
электронного учебно-методического комплекса по математике  
в учебный процесс технического вуза**

Раевская Л.А., Юринок В.И., Яцкевич Т.С.  
Белорусский национальный технический университет

Очевидный разрыв между требованиями высшей школы и уровнем знаний студентов первого курса по таким основополагающим дисциплинам, как математика и физика, ставит во главу угла современные педагогические технологии обучения, которые невозможны без применения компьютерных средств. Поэтому информационные технологии в техническом образовании студента играют все более существенную роль.

Авторами разработан электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Математика» для 1-го семестра обучения студентов инженерно-технических специальностей, который охватывает следующие разделы курса: линейная алгебра и аналитическая геометрия, введение в математический анализ, дифференциальное исчисление функций одной переменной, дифференциальное исчисление функций нескольких переменных. ЭУМК структурно состоит из нескольких разделов: теоретических материалов по курсу математики первого семестра обучения, материалов для проведения практических занятий по учебной дисциплине, материалов для текущей и итоговой аттестации, вспомогательных материалов.

Основополагающими принципами при разработке ЭУМК для авторов служили строгость, краткость, лаконичность и доступность изложения материала, наглядность и удобство при его использовании для обучения студентов и с различным уровнем школьной подготовки, и при работе в аудитории, и при самостоятельном изучении курса. ЭУМК «Математика. Часть 1» предназначен для студентов всех специальностей инженерно-технического профиля и отличается от других разработок прежде всего тем, что содержит набор методических материалов в виде рекомендаций студенту для работы с дисциплиной, кратких теоретических материалов, посвященных изложению в наглядном виде основных определений, свойств, формул и теорем, сопровождающихся подробными примерами,

практикум по дисциплине, типовые расчеты и тесты для организации текущего контроля и самоконтроля знаний студентов. Тестовые задания при текущем контроле могут быть выполнены как в аудитории, так и в системе компьютерного тестирования.

В докладе авторы обсуждают преимущества и отличия данного комплекса от других разработок, рассматривают некоторые аспекты практического использования ЭУМК.

УДК 518.332.2

### **О реализации неявных разностных схем для нелинейных параболических уравнений**

Федосик Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее универсальным и эффективным методом численного решения задач математической физики является метод конечных разностей (метод сеток). Наиболее полно развита теория разностных схем для линейных задач, менее изучены разностные схемы для нелинейных задач. При замене исходной дифференциальной задачи разностной основные свойства исходной задачи могут не изменяться лишь в узкой окрестности значений точного решения. Поэтому необходимо доказывать факт попадания решения разностной задачи в окрестность точного решения.

Для решения ряда важных практических задач методом конечных разностей широко применяются неявные разностные схемы с последующими итерациями. Это задачи магнитной гидродинамики (течения с сильными магнитными полями), двумерная задача фильтрации с предельным градиентом, уравнения переноса вихря, уравнения функции тока, квазилинейное уравнение теплопроводности, уравнения газодинамики и многие другие.

Применение неявных схем позволило увеличить шаг по времени, что невозможно для явных схем из-за условия устойчивости Куранта. Качество разностной схемы существенно зависит от качества итерационных процессов её реализующих. Имеет большое значение выбор такого варианта итерационного процесса, условия сходимости которого (в частности, соотношение между шагами сетки) не сужали бы возможностей самой схемы. Например, разностная схема с опережением для нелинейного параболического уравнения с вырождающимися по нелинейности коэффициентом теплопроводности (лучистая теплопроводность) имеет предельное соотношение на шаги сетки  $\chi > 0,5$ , а итерационные

процессы, её реализующие, сходятся при  $\chi > 1$ , поэтому они не раскрывают всех возможностей схемы.

Исследованы условия и скорость сходимости метода квазилинеаризации по старшей производной, метода Ньютона, модифицированных трёхшаговых методов с различными начальными условиями. Получены условия сходимости, не являющиеся более жёсткими, чем условия сходимости самих неявных разностных схем, показана зависимость этих условий от выбора начального приближения. Изучены погрешности этих итерационных методов при переходе к следующему временному слою, получены оценки числа итераций на одном временном слое, необходимые для невозрастания этих погрешностей.

УДК 519.85

**Алгоритм организации параллельных вычислений нахождения множества Парето на конечном наборе начальных данных**

Чебаков С.В., Серебряная Л.В.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

Рассматривалась задача организации параллельных вычислений нахождения множества Парето на конечном множестве начальных данных  $N$ . Каждый элемент из  $N$  формируется по некоторому заданному алгоритму. Процесс построения каждого элемента множества начальных данных занимает некоторое время  $T$ . Организация параллельных вычислений представляет собой совмещение процессов построения элементов множества  $N$  и формирования отдельных частичных решений на уже сформированном подмножестве начальных данных. При подобной постановке задачи возникает необходимость оценки элементов частичного решения (их доминирования) по отношению к новым формирующимся альтернативам.

Для того чтобы появилась возможность проведения подобных оценок, предложена операция разбиения элементов паретовского множества на ряд вложенных друг в друга подмножеств с упорядоченными нижними и верхними критериальными границами. Второй возможный вариант параллельных вычислений – это случай, когда формирование элементов набора начальных данных происходит отдельными группами в нескольких различных точках с возможностью



в каждой из них построения отдельного частичного решения. При такой распределенной постановке задачи множество  $N$  представляет собой объединения групп, сформированных в отдельных точках. Для нахождения недоминируемых альтернатив на всем множестве начальных данных предложен алгоритм, реализующий еще одну операцию над паретовскими множествами, – нахождения множества Парето на объединения конечного числа паретовских множеств.

Пусть нет возможности совместить процессы подготовки элементов из множества  $N$  и процесса их обработки; – тогда достаточно провести разбиение начального набора начальных данных на некоторое число подмножеств, на каждом из них в параллельном режиме сформировать отдельные паретовские множества и далее применить операцию объединения конечного числа отдельных паретовских множеств.

УДК 517.4

### **Ограниченность по части координат решений уравнений с запаздыванием**

Шавель Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается система дифференциальных уравнений с запаздыванием

$$\dot{x}(t) = f(t, x_t, y_t), \quad \dot{y}(t) = g(t, x_t, y_t), \quad (1)$$

Где  $t \in R_+$ ,  $x_t(\theta) = x(t + \theta)$ ,  $y_t(\theta) = y(t + \theta)$ ,  $\theta \in [-r(t); 0]$ ,  $r: R_+ \rightarrow R_+$ . Будем считать, что  $r(t) \leq r_0$  для любых  $t \in R_+$  и некоторого  $r_0 > 0$ .

Решения системы (1) называются равномерно финально ограниченными по  $x$ , если существует постоянная  $\alpha > 0$ , такая, что для любого  $\beta > 0$  найдется  $T(\beta) > 0$ , при котором

$$|x(t_0, \varphi, \psi)| \leq \alpha, \quad \forall t \geq t_0 + T(\beta),$$

для всех  $t_0 \in R_+$ ,  $(\varphi, \psi) \in C([-r(t), 0], R^{n+m})$ , если  $\|\varphi\| = \max_{-r(t) \leq \theta \leq 0} |\varphi(\theta)| < \beta$ .

Приведем условие равномерной финальной ограниченности решений по части переменных, предполагающее использование функционалов Ляпунова, подчиненных условиям типа Разумихина.

Предположим, что задан непрерывный функционал  $V: R_+ \times C([-r(t); 0], R^{n+m}) \rightarrow R$ . Непрерывные строго возрастающие

функции  $\omega: R_+ \rightarrow R_+$ ,  $\omega(0)=0$ , будем называть функциями класса Хана и обозначать  $\omega \in K$ .

**Теорема.** Пусть заданы функции  $a, b, \omega \in K$ , непрерывная неубывающая функция  $\rho: R_+ \rightarrow R_+$ ,  $\rho(s) > s$  для  $s > 0$ , и постоянная  $H > 0$ . Тогда, если для любого решения  $(x(t), y(t))$  системы (1) выполнены условия

$$1) V(t, x_t, y_t) \geq a(\|x(t)\|);$$

$$2) \dot{V}(t, x_t, y_t) \leq -\omega(\|x_t\|), \text{ если } t > t_0 + r_0,$$

$$\|x_t\| > H, \rho(V(t, x_t, y_t)) \geq V(t + \theta, x_{t+\theta}, y_{t+\theta}) \text{ для } \theta \in [-r(t), 0];$$

$$3) V(t, x_t, y_t) \leq b(\|x_t\|);$$

$$4) \dot{V}(t, x_t, y_t) \leq M, M > 0,$$

то решения системы (1) равномерно финально ограничены по  $x$ .

**Методы математического  
моделирования в научных  
и прикладных  
исследованиях**

## Распространение волн в кубически анизотропных кристаллах

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

В общем случае существуют три плоские волны, распространяющиеся в одном направлении  $\mathbf{n}$  с разными скоростями и ортогональными поляризациями. Вводя тензор второго ранга  $\Gamma_{ie} = C_{ijke}n_jn_k$ , для кристаллов кубической системы будем иметь:

$$\begin{aligned}\Gamma_{11} &= C_{11}n_1^2 + C_{44}(n_2^2 + n_3^2) & \Gamma_{21} &= \Gamma_{12} = (C_{12} + C_{44})n_1n_2 \\ \Gamma_{31} &= \Gamma_{13} = (C_{12} + C_{44})n_1n_3 & \Gamma_{22} &= C_{11}n_2^2 + C_{44}(n_1^2 + n_3^2) \\ \Gamma_{32} &= \Gamma_{23} = (C_{12} + C_{44})n_2n_3 & \Gamma_{33} &= C_{11}n_3^2 + C_{44}(n_1^2 + n_2^2)\end{aligned}$$

Кроме того, если волна распространяется в плоскости грани куба, например (001), то  $n_1 = \cos \varphi$ ,  $n_2 = \sin \varphi$ ,  $n_3 = 0$ , следовательно,  $\Gamma_{31} = \Gamma_{13} = 0$  и тензор  $\Gamma_{ie}$  имеет вид:

$$\Gamma_{ie} = \begin{bmatrix} \Gamma_{11} & \Gamma_{12} & 0 \\ \Gamma_{12} & \Gamma_{33} & 0 \\ 0 & 0 & \Gamma_{33} \end{bmatrix},$$

где  $\Gamma_{ie} = C_{11} \cos^2 \varphi + C_{44} \sin^2 \varphi$ ,  $\Gamma_{12} = (C_{12} + C_{44}) \cos \varphi \sin \varphi$ ,

$\Gamma_{22} = C_{11} \sin^2 \varphi + C_{44} \cos^2 \varphi$ ,  $\Gamma_{33} = C_{44}$ .

Для любого направления распространения в плоскости (001) всегда существует поперечная волна, поляризованная вдоль оси  $x_3$ , скорость  $v_3 = \sqrt{\frac{C_{44}}{\rho}}$  которой не зависит от угла  $\varphi$ .

Первые две скорости зависят от угла  $\varphi$  и вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}2\rho v_1^2 &= C_{11} + C_{44} + \sqrt{(C_{11} - C_{44})^2 \cos^2 2\varphi + (C_{12} + C_{44})^2 \sin^2 2\varphi} \\ 2\rho v_2^2 &= C_{11} + C_{44} - \sqrt{(C_{11} - C_{44})^2 \cos^2 2\varphi + (C_{12} + C_{44})^2 \sin^2 2\varphi}.\end{aligned}$$

В общем случае поляризация этих волн не является ни чисто продольной, ни чисто поперечной. При  $\varphi = 0$  или  $\frac{\pi}{2}$  одна скорость  $v_1 = \sqrt{\frac{C_{11}}{\rho}}$  соответствует продольной волне, а другая  $v_2 = \sqrt{\frac{C_{44}}{\rho}}$  – поперечной волне.

## Анализ влияния кубической анизотропии на равновесие упругой среды

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Уравнения равновесия кубически анизотропной среды имеют вид:

$$\begin{aligned} C_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + C_{44} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + (C_{12} + C_{44}) \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) &= 0. \\ C_{11} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + C_{44} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + (C_{12} + C_{44}) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial z} \right) &= 0. \\ C_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + C_{44} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + (C_{12} + C_{44}) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial z} \right) &= 0. \end{aligned}$$

Здесь  $u(x;y;z)$ ,  $v(x;y;z)$ ,  $w(x;y;z)$  – перемещения, вызванные внешними или внутренними воздействиями;  $C_{11}, C_{12}, C_{44}$  – упругие характеристики рассматриваемой среды.

Для нахождения решения данной системы уравнений в частных производных составим ее определитель. Он имеет вид:

$$\det = A(\partial_1^6 + \partial_2^6 + \partial_3^6) +$$

$$+ B(\partial_1^4 \partial_2^2 + \partial_1^2 \partial_2^4 + \partial_2^4 \partial_3^2 + \partial_2^2 \partial_3^4 + \partial_1^4 \partial_3^2 + \partial_1^2 \partial_3^4) + C \partial_1^2 \partial_2^2 \partial_3^2,$$

где  $A = C_{11} C_{44}^2$ ,  $B = C_{11} C_{44}^2 + C_{44} C_{11}^2 + C_{44}^3 + (C_{12} + C_{44})^2$ ,

$$C = C_{11}^3 + 3C_{11} C_{44}^2 + 2C_{44}^3 + (C_{12} + C_{44})^2 [2(C_{12} + C_{44}) - 3C_{11}],$$

$$\partial_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \partial_2 = \frac{\partial}{\partial y}, \partial_3 = \frac{\partial}{\partial z}.$$

Для проверки правильности полученного результата, рассмотрим изотропную среду, т.е. когда  $C_{12} = C_{11} - 2C_{44}$ . В этом случае получим  $A = C_{11} C_{44}^2$ ,  $B = 3C_{11} C_{44}^2$ ,  $C = 6C_{11} C_{44}^2$ , что совпадает с известным результатом [1]  $\det = \gamma G^3 \Delta^3$ , где  $C_{44} = G$  – модуль поперечной упругости;  $\gamma = \frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}$ , где  $\nu$  – коэффициент Пуассона;  $\Delta^2 = \partial_1^2 + \partial_2^2 + \partial_3^2$  – оператор Лапласа. Для стали, например,  $\nu \approx 0,25$  и  $\gamma = 3$ .

### Литература:

1. Операторный метод решения задач теории упругости: Монография / В.А. Акимов. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. 101с.

## К вопросу информационной связи матриц прямых материальных затрат в моделях Леонтьева

Бубнов В. Ф., Шевченко Л. И.

Белорусский национальный технический университет

При построении модели Леонтьева [1], которая в матричном виде представляет собой соотношение

$$X = AX + Y, \quad (1)$$

где  $X$  – вектор-столбец объемов валовой продукции,  $A$  – матрица прямых материальных затрат,  $Y$  – вектор-столбец объемов конечной продукции, не имеет значения, в каких единицах измерены величины  $x_i$ ,  $a_{ij}$ ,  $y_i$  – в натуральных или стоимостных. Допустим, что они измерены в натуральных единицах. Пусть  $p_1, p_2, \dots, p_n$  – цены продуктов, тогда  $\tilde{x}_i = p_i x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  $\tilde{y}_i = p_i y_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;

$$\tilde{x}_{ij} = p_i x_{ij}, \text{ где } x_{ij} = a_{ij} x_j, \quad i, j = 1, \dots, n.$$

Волнистая черта над величинами означает, что они измерены в стоимостных единицах. Если обозначить теперь через

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \cdots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix}, \quad P = \begin{bmatrix} p_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & p_n \end{bmatrix},$$

то нетрудно установить, что

$$P^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{p_1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{1}{p_n} \end{bmatrix}.$$

Наряду с (1) справедливым будет и равенство

$$PX = PAX + PY, \quad (2)$$

откуда следует  $\tilde{X} = \tilde{A}\tilde{X} + \tilde{Y}$ , а также и связь  $A$  и  $\tilde{A}$ :  $\tilde{A} = PAP^{-1}$  и  $A = P^{-1}\tilde{A}P$ .

### Литература:

1. С.А. Минюк, С.А. Самаль, Л.И. Шевченко. Высшая математика для экономистов. Том 1. – 2-е издание. – Мн.: Элайда, 2007. – 512 С.

## Глобальная управляемость показателей Ляпунова четырёхмерных линейных быстро осциллирующих систем дифференциальных уравнений

Бурак А.Д., Козлов А.А.

Полоцкий государственный университет

Рассмотрим линейную нестационарную управляемую систему

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad u \in \mathbb{R}^m, \quad t \geq 0, \quad (1)$$

с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными матрицами коэффициентов  $A$  и  $B$ . Замыкая систему (1) при помощи линейной обратной связи  $u = U(t)x$ , где  $U$  – некоторая ограниченная и измеримая  $(m \times n)$ -матрица, получим однородную систему

$$\dot{x} = (A(t) + B(t)U(t))x, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0, \quad (2)$$

с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами. Тогда система (2) имеет конечный набор показателей Ляпунова [1, с.245]  $\lambda_1(A+BU) \leq \dots \leq \lambda_n(A+BU)$ . Задача о построении для системы (1) обратной связи  $u = U(t)x$ , обеспечивающей выполнение равенств  $\lambda_i(A+BU) = \mu_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , для любых наперед заданных вещественных чисел  $\mu_1 \leq \dots \leq \mu_n$ , называется задачей глобального управления характеристическими показателями Ляпунова [2, с. 184].

*Система (1) называется равномерно вполне управляемой [3], если существуют такие  $\sigma > 0$  и  $\gamma > 0$ , что при любых чисел  $t_0 \geq 0$  и  $x \in \mathbb{R}^n$  на  $[t_0; t_0 + \sigma]$  найдется измеримое и ограниченное управление  $u$ , при всех  $t \in [t_0; t_0 + \sigma]$  удовлетворяющее неравенству  $\|u(t)\| \leq \gamma \|x_0\|$  и переводящее начальное состояние  $x(t_0) = x_0$  системы (1) в ноль на этом отрезке.*

**Теорема.** Пусть  $n = 4$ ,  $m \in \{1, \dots, 4\}$ . Если система (1) равномерно вполне управляема, то характеристические показатели Ляпунова соответствующей замкнутой системы (2) глобально управляемы.

### Литература:

1. Былов, Б.Ф. Теория показателей Ляпунова и ее приложения к вопросам устойчивости / Б.Ф. Былов, Р.Э. Виноград, Д.М. Гробман, В.В. Немыцкий. – М.: Наука, 1966. – 576 с.
2. Макаров, Е.К. Управляемость асимптотических инвариантов нестационарных линейных систем / Е.К. Макаров, С.Н. Попова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 407 с.
3. Тонков, Е.Л. Критерий равномерной управляемости и стабилизация

линейной рекуррентной системы // Дифференциальные уравнения. — 1979. — Т.15. №10. — С. 1804–1813.

УДК 51(077)

### **Организация и проведение математических студенческих научных конференций по специальности**

Хотомцева М.А.

Белорусский национальный технический университет

Преподавание математики для специальности «Инженерная геодезия» имеет ряд особенностей по сравнению с преподаванием этой дисциплины для других специальностей в связи с более широким использованием математических знаний в будущей профессиональной деятельности геодезистов. Несмотря на достаточно большое количество часов («Математика» как дисциплина обязательного компонента и два специализированных курса) в рамках отведенного времени не удается детально изучить специальные вопросы, которые необходимы студентам при освоении дисциплин профессии и, в частности, «Высшей геодезии».

Как одну из форм дополнительной работы можно предложить участие студентов в работе математической секции на общевузовой студенческой научной конференции. Тематика студенческих научных работ разрабатывается при участии выпускающей кафедры. К процессу подготовки работ и выступлений, как показывает опыт, удается привлечь практически всех студентов, обучающихся на данной специальности. Отметим также, что подход к постановке задач и организации деятельности студентов различен для первого и второго курсов. Для первокурсников студенческая научная работа имеет реферативный характер с элементами введения в высшую геодезию и ознакомлением с возможностями применения специализированных математических программ. В работах студентов II курса появляется элемент научных исследований. При подготовке работ приветствуется использование литературы на иностранных языках, поиск информации в специализированных научных журналах. Особенностью организации выступлений первокурсников является подготовка по каждой теме двух докладов: коллектив «докладчиков» и группа «оппонентов». После выступлений путем голосования всех студентов параллели определяют более наглядную работу. На выступления студентов II курса обязательно приглашаются преподаватели специализированной кафедры и студенты-старшекурсники. Доклады проходят в форме презентаций с привлечением мультимедийных устройств. Участие в конференции способствует формированию у студентов навыков постановки и исследования практических задач, развивает способности к



самостоятельной исследовательской деятельности, то есть вносит существенный вклад в формирование будущего специалиста.

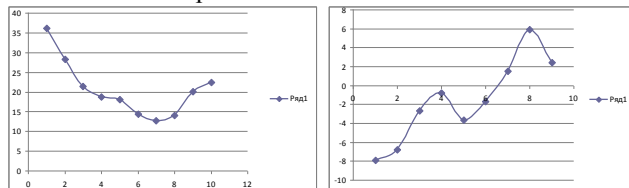
УДК 625.7(075.8)

### **Исследование криволинейных траекторий движения автомобилей по участкам перестроения на транспортных развязках**

Вишняков Н.В., Крушевский Е.А., Тарасов П.В.  
Белорусский национальный технический университет

Одна из проблем при проектировании новых и реконструкции существующих транспортных развязок - это участки перестроения, на которых происходит переплетение ответвляющихся и вливающихся в транзитное движение транспортных потоков с лево- и правоповоротных соединительных ответвлений. В условиях интенсивного движения от конструкции и длины участка маневрирования существенно зависит эффективность, безопасность и удобство движения. О преобладающем значении конструкций этих элементов свидетельствуют особенности реконструкции развязок, в ходе которой изменялись не радиусы соединительных ответвлений, а сами участки перестроения и смежные с ними участки. Игнорирование значимости этих вопросов приводит к тому, что при реконструкции пересекающихся дорог рассматриваемые свойства движения на развязках резко снижается.

Исходными данными для исследования криволинейной траектории движения автомобиля на участке перестроения послужили материалы экспериментов выполненных с использованием GNSS-приемников геодезической точности при проезде по лево- и правоповоротным соединительным ответвлениям, а также при маневрах перестроения на участках ответвления и вливания в транзитное движение. Фиксировалось положение продольной оси автомобиля по координатам X, Y, Z. Получение координат происходило через равные интервалы времени, с совмещенного созвездия спутников. На начальном этапе исследования положение автомобиля задавалось координатами (x, y), соответствующим GPS сигналам с интервалом в 1 сек. По этим точкам строились кубические



сплайны, что позволило вычислить скорость и ускорение автомобиля при его движении по криволинейной траектории. Примеры диаграмм скорости и ускорения приведены ниже. Дальнейшее применение разработанной

методики позволит оптимизировать движение автомобиля при входе и выходе из транспортного потока.

УДК 519.85

**Методические возможности применения модели Лотки–Вольтерра  
при изучении вопросов качественной теории  
дифференциальных уравнений**

Вакульчик В.С.<sup>1</sup>, Капусто А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полоцкий государственный университет,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Классическая модель Лотки-Вольтерра взаимодействия двух популяций описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} x' = (a - by)x, \\ y' = (-c + dx)y, \end{cases}$$

где  $x$  – численность популяции жертв,  $y$  – численность популяции хищников,  $a$  – скорость размножения жертв,  $b$  – вероятность того, что при встрече с хищником жертва будет съедена,  $c$  – скорость смертности хищников при отсутствии жертв,  $d$  – коэффициент прироста хищников за счет поедания жертв,  $a > 0$ ,  $b > 0$ ,  $c > 0$ ,  $d > 0$ . Помимо многоплановых методических возможностей привлечения данной модели на этапе обучения студентов математическому моделированию реальных процессов и как базовой – для создания модификаций, имеющих приложения в различных сферах деятельности человека [1,2], она также может стать эффективным методологическим средством при изложении студентам основ качественной теории дифференциальных уравнений. Введение общих понятий: фазовой плоскости, фазовых кривых, особых точек и их типов, а также порядка определения и анализа состояний равновесия для динамических систем первого порядка из двух дифференциальных уравнений, хорошо иллюстрируется на примере модели Лотки–Вольтерра. Точку равновесия системы сначала можно определить для общего вида системы дифференциальных уравнений, а затем – для конкретных наборов параметров. Привлечение программного обеспечения (в данном случае можно ограничиться доступным Microsoft Excel) позволяет не только получить графическое представление кривых  $x(t)$  и  $y(t)$ , но и построить фазовые траектории, отследить влияние изменения начальных данных и параметров модели на решения исходной задачи.

Литература:

1. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические

системы и модели биологии. – М: Физматлит, 2010. – 400 с.

2. Пугачева Е.Г., Соловьев К.Н. Самоорганизация социально-экономических систем: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2003. – 172 с.

УДК 51(077)

### **Методические аспекты тестовых заданий по линейному программированию**

Гурина Т.Н., Голубева И.А., Мороз О.А.

Белорусский национальный технический университет

Контроль знаний и умений студентов – важное звено учебного процесса. Контроль является «обратной связью» между преподавателем и студентом.

Тесты – достаточно короткие испытания, позволяющие за сравнительно короткие промежутки времени оценить результативность познавательной деятельности студентов. Несмотря на определенные недостатки тестирования, в частности, достаточно долгий срок сбора информации, субъективизм в формировании содержания, к достоинствам относятся:

- большая объективность и, как следствие, большее позитивное стимулирующее воздействие на познавательную деятельность студента;
- исключение негативного влияния на результаты тестирования таких факторов как настроение, уровень квалификации конкретного преподавателя;
- ориентированность на современные компьютерные технологии;
- универсальность, охват всех стадий учебного процесса.

При составлении теста следует соблюдать ряд правил, необходимых для создания надежного инструмента оценки успешного овладения учебным материалом:

1. Необходим анализ содержания заданий с позиций равной представленности в тест каждой учебной темы, понятия, действия;
2. Тест не должен быть нагружен второстепенными терминами, несущественными деталями;
3. Задания теста должны быть сформулированы четко, кратко, недвусмысленно;
4. Форма ответов на задания должна быть приемлемой.

По теме «Линейное программирование» составлены комплекты тестов по всем изучаемым вопросам курса, а именно: решение задач линейного программирования (ЗЛП) графическим и симплекс-методом, решение взаимно-двойственных ЗЛП, транспортные задачи, матричные игры, вычисление потока на сети, временные характеристики сети.

Тесты апробированы на занятиях, и результаты их учитывались при

оценивании студентов на экзамене. Тестовый контроль помогает лектору более объективно подойти к формированию оценки, а студентам – сделать самостоятельно вывод о степени изученности практически всего материала курса.

УДК 51(077)

### **К вопросу о коллоквиуме для некоторых специальностей вузов**

Глушанкова Л.Я., Голубева И.А.

Белорусский национальный технический университет

Коллоквиум, как правило, используется в качестве контроля усвоения пройденного материала, а также в качестве обучающего фактора, позволяющего активизировать работу студента, дающего возможность проявиться самостоятельности мышления студентов, выполняет организующую функцию, активизирует студентов и может быть рекомендован в преподавательской практике как одна из наиболее действенных форм обратной связи. Коллоквиум нацелен на закрепление знаний у каждого студента индивидуально.

В настоящее время отмечается снижение уровня математической подготовки абитуриентов, несмотря на то, что все они проходят государственное тестирование. Нестыковки требований высшей школы и качества принимаемого контингента обучаемых сказывается уже на первом экзамене по математике. Объем материала по этому предмету в I–III семестрах большой (в неделю по 3 часа лекционных и практических занятий) и для осознанного его усвоения нелегкий, особенно для таких специальностей, как «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта» факультета энергетического строительства и «Подъемно-транспортные, строительные машины и оборудование» факультета транспортных коммуникаций БНТУ. Поэтому предлагается использовать коллоквиум в качестве промежуточного экзамена. На коллоквиум выносятся определенные темы. Формы и методики проведения коллоквиума могут быть различные. Это и письменный ответ на два индивидуальных теоретических вопроса, сочетание письменного и устного ответов на индивидуальные задания. А может быть и последовательный устный опрос по ряду теоретических заданий всей группы в присутствии всей группы.

Поставленная преподавателем оценка при согласии студента учитывается на экзамене (сданная тема не выносится на экзамен). Если студент не согласен с полученной оценкой, то она аннулируется и студент сдает на экзамене весь материал.

#### Литература:

1. Глушанкова Л.Я., Долинкина О.П., Попейко Н.С. О роли

коллоквиума в учебном процессе. Материалы 52-ой Междунар. науч.-техн. конф. «Технические вузы– Республике». – Минск, 1997. – ч. 4.

2. Глушанкова Л.Я., Голубева И.А. О методике проведения экзамена для некоторых специальностей втузов. Материалы 9-ой Междунар. науч.-техн. конф. «Наука – образованию, производству, экономике», Минск, 2011. – т. 3. – С. 313.

УДК 378.146

### **Студенческая научная работа как способ изучения некоторых вопросов при прохождении курса «Математика»**

Ерошевская В.И., Ерошевская Е.Л., Минченкова Л.П.  
Белорусский национальный технический университет

Для успешного и глубокого усвоения курса математики, служащего фундаментом технического образования, следует исходить из того, что самой эффективной формой изучения математики является самостоятельная работа студентов при надлежащем контроле со стороны преподавателя и эта работа является определяющей.

Для привлечения студентов младших курсов с самого начала их обучения в вузе к научно-исследовательской работе на кафедре «Высшая математика № 3» организуются математические кружки, где рассматривают углубленно наиболее значимые вопросы. В рамках отведенного времени по предмету «Математика» не удастся изучить вопросы, которые необходимы студентам для прохождения дисциплин по специальности. Эти вопросы можно рассмотреть, предложив студентам участие в работе математической секции на студенческой научной конференции в БНТУ и пригласив на нее студентов всего потока. Такое участие способствует осознанию студентами межпредметных связей между учебными предметами на факультете. Для обучаемых младших курсов студенческая научная работа имеет реферативный характер, происходит ознакомление с применением рассматриваемых тем при решении практических задач.

Широкое внедрение статистических методов в инженерных и экономических расчетах требует более глубокого изучения курса математической статистики. Можно в научных студенческих работах рассматривать задачи, в которых требуется не только определить оптимальный вариант решения, но и требуется еще экономическое обоснование полученного решения. Реферативная и научно-исследовательская работа студентов по рассматриваемой тематике расширяет представление о математике, стимулируя, ее изучение. Эта работа способствует также развитию творческого мышления и вызывает

удовлетворение от полученного результата. Участие выступающих на научно-студенческой конференции способствует формированию навыков выступления перед аудиторией, вырабатывает устойчивую уверенность в своих силах, которая в дальнейшем станет основой мотивации успешного обучения в вузе. В дальнейшем, умение проводить научные исследования становится для инженера необходимостью, так как чаще лишь с их помощью удастся учесть особенности конкретных условий производства.

УДК 517.926+517.977

### **Глобальное управление полной совокупностью асимптотических инвариантов двумерных линейных систем с локально интегрируемыми коэффициентами**

Инц И.В., Козлов А.А.

Полоцкий государственный университет

Рассмотрим линейную нестационарную управляемую систему

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad u \in \mathbb{R}^m, \quad t \geq 0, \quad (1)$$

с локально интегрируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами. Наряду с этой системой рассмотрим любую фиксированную систему

$$\dot{z} = C(t)z, \quad z \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0, \quad (2)$$

с локально интегрируемой и интегрально ограниченной матрицей  $C$ . Если найдется измеримое и ограниченное управление  $u = U(t)x$ , что система

$$\dot{x} = (A(t) + B(t)U(t))x, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0, \quad (3)$$

замкнутая этим управлением, будет асимптотически эквивалентна системе (2), т.е. будет существовать преобразование Ляпунова [1], связывающее (2) и (3), то говорят [2], что система (3) обладает свойством глобальной ляпуновской приводимости. Так как при этом все ляпуновские инварианты системы (3) с управлением  $U$  и системы (2) совпадут, свойство глобальной ляпуновской приводимости также называют и свойством глобальной управляемости полной совокупности ляпуновских инвариантов [3].

*Система (1) называется равномерно вполне управляемой [2], если существуют такие  $\sigma > 0$  и  $\gamma > 0$ , что при любых  $t_0 \geq 0$  и  $x_0 \in \mathbb{R}^n$  на  $[t_0, t_0 + \sigma]$  найдется измеримое и ограниченное управление  $u$ , при всех  $t \in [t_0, t_0 + \sigma]$  удовлетворяющее неравенству  $\|u(t)\| \leq \gamma \|x_0\|$  и переводящее начальное состояние  $x(t_0) = x_0$  системы (1) в ноль на этом отрезке.*

**Теорема.** Пусть  $n = 2$ ,  $m \in \{1, 2\}$ . Если система (1) равномерно вполне управляема, то система (3) обладает свойством глобальной управляемости полной совокупности асимптотических инвариантов.

### Литература :

1. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. – М., 1998. – 480 с.
2. Tonkov E.L. Uniform attainability and Lyapunov reducibility of bilinear control system // Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics. – Suppl. 1. 2000. – P. S228-S253.
3. Макаров Е.К., Попова С.Н. О глобальной управляемости полной совокупности ляпуновских инвариантов двумерных линейных систем // Дифференц. уравнения. – 1999. – Т. 35, № 1. – С. 97–106.

УДК 517.926

### **Влияние выбора аппроксимации обобщенных коэффициентов на решения линейных дифференциальных уравнений**

Капусто А.В.

Белорусский национальный технический университет

Решение проблемы умножения обобщенных функций стало возможным после построения более широкого пространства – новых обобщенных функций, – для которого определена операция умножения и вложение пространства обобщенных функций. Общий метод построения новых алгебр обобщенных функций, а также анализ наиболее известных конструкций Коломбо и Егорова, был представлен в работе Антоневи́ча А.Б. и Радыно Я.В. [1]. По своему построению новые обобщенные функции сохраняют информацию о способе получения их из гладких, т.е. «помнят свое происхождение», поэтому было предложено называть их мнемофункциями. Как одна из модификаций конструкции Коломбо, было построено пространство мнемофункций  $G(\mathbb{R})$  [2].

Заметим, что при вложении пространства обобщенных функций  $D'(\mathbb{R})$  в  $G(\mathbb{R})$  каждой обобщенной функции соответствует бесконечно много мнемофункций. Например, есть много разных мнемофункций, ассоциированных с  $\delta$ -функцией, также как и много разных функций ассоциированных с нулем. Данная особенность приводит к тому, что решения дифференциальных уравнений, полученные для таких мнемофункций, могут соответствовать разным обобщенным функциям. Исследования в пространстве  $G(\mathbb{R})$  позволили получить новые свойства и эффекты решения задачи Коши уже для линейного дифференциального уравнения первого порядка с обобщенными коэффициентами: неединственность решения задачи Коши, слипание решений, возможность продолжения решения через особую точку. В настоящее время ведутся

исследования по увеличению класса примеров решения линейных дифференциальных уравнений с  $\delta$ -образными коэффициентами и свободными членами, а также влияния на решения постоянных слагаемых в коэффициентах, ассоциированных с нулем.

Литература:

1. Антоневиц, А.Б. Об общем методе построения алгебр обобщенных функций / А.Б. Антоневиц, Я.В. Радыно // Докл. АН СССР. – 1991. – Т.312, № 2. – С. 267-270.

2. Антоневиц, А.Б. Линейные дифференциальные уравнения с обобщенными коэффициентами с точки зрения мнемофункций / А.Б. Антоневиц, А.В. Турло // Дифференц. уравнения. – 1994. – Т.30, № 5. – С. 758-767.

УДК003.26:51:004(075.8)

**Полиномиальные кольца классов вычетов в защите информации**

Королева М.Н., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

Пусть  $\mathbb{Z}_p$  – кольцо классов вычетов по модулю простого числа, пусть  $\mathbb{Z}_p[x]$  – кольцо полиномов с коэффициентами из  $\mathbb{Z}_p$ . Зафиксируем натуральное число  $n > 1$ . В помехоустойчивом кодировании основополагающую роль играет фактор-кольцо  $R_n = \mathbb{Z}_p[x] / \langle x^n - 1 \rangle$  кольца  $\mathbb{Z}_p[x]$  по идеалу  $\langle x^n - 1 \rangle$ , порожденному полиномом  $x^n - 1$ . Идеалы кольца  $R_n$  интерпретируются как циклические коды длиной  $n$ , определённые над полем Галуа  $\mathbb{Z}_p$  (как правило,  $p = 2$ ). Как и в кольце  $\mathbb{Z}_p[x]$ , все идеалы кольца  $R_n$  являются главными: в каждом собственном идеале  $J \subset R_n$  найдется полином  $m(x) \neq 0$  наименьшей степени, тогда  $J = \langle m(x) \rangle$  – совпадает с главным идеалом, порожденным полиномом  $m(x)$ . Поскольку всякий собственный идеал любого кольца состоит из необратимых элементов этого кольца, полином  $m(x)$  неизбежно обязан быть делителем полинома  $x^n - 1$ .

В 1994 г. была создана криптосистемы NTRU именно на основе кольца  $R_n$ . Её циклические коды порождаются делителями  $x^n - 1$ , принадлежащими классу круговых полиномов. NTRU использует в



качестве основных параметров полиномы обратимые в кольце  $R_n$ . Авторами исследованы необходимые признаки обратимости элементов кольца  $R_n$ , которые позволяют отсеивать заведомо негодные для построения конкретной криптосистемы NTRU полиномы. Публикации последних лет свидетельствуют о достаточной криптографической стойкости системы NTRU при  $n > 150$  и  $p = 3$ . При таких значениях  $n$  алгоритмы Евклида, хотя и имеют полиномиальную сложность, требуют достаточно много времени для своей реализации. Для построения реальных криптосистем NTRU просто необходимы инструменты для отсеивания неудачных (необратимых) полиномов кольца  $R_n$ .

УДК 517.948.32:517.544

### О проблеме обращения Якоби на римановой поверхности с краем

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 обозначений была взята из [1], [2] для римановой поверхности рода  $h \geq 1$  с краем. Реализация поверхности представлена как пространственная многосвязная область с  $m$  «дырками» и  $h$  «ручками». Каноническое рассечение (при помощи  $A$ -сечений и  $B$ -сечений) такой поверхности конформно эквивалентно  $m + 2h + 1$ -связной области с достаточно гладким краем, лежащей в верхней полуплоскости. При этом можно считать, что граничная кривая отображена на действительную полуось. Классические результаты гарантируют существование  $m$  линейно независимых над полем  $\mathbf{R}$  абелевых дифференциалов 1-го рода  $dw_1(z), \dots, dw_m(z)$ , которые являются комплексно нормированными (матрица  $A$ -сечений является единичной, а матрица  $B$ -сечений – чисто мнимая с положительно определенной мнимой частью). С другой стороны при рассечении «ручек» возникает пара конформно склеенных «дырок», что при переходе к дублю римановой поверхности ведет к появлению дополнительных  $2h$  линейно независимых над полем  $\mathbf{R}$  абелевых дифференциалов 1-го рода  $d\tilde{w}_{m+1}(z), \dots, d\tilde{w}_{m+2h}(z)$ , которые не обладают свойством комплексной нормированности. Однако, используя принцип симметрии и метод ортогонализации, можно получить недостающие  $h$  базисных элементов по формуле  $dw_{m+k}(z) = (d\tilde{w}_{m+k}(z) + d\overline{\tilde{w}_{m+2k}(z)})/2$ ,  $k = \overline{1, h}$ , обладающие свойством комплексной нормированности. Дальнейшая методика

решения проблемы обращения Якоби является стандартной для случая римановой поверхности рода 0.

Литература:

1. Чеботарев Н.Г. Теория алгебраических функций. – М.: Гостехиздат, 1948.
2. Зверович Э.И. Проблема обращения Якоби, ее аналоги и обобщения // Актуальные проблемы современного анализа. – Гродно, 2009. – С. 69-83.
3. Зверович Э.И., Задача о модуле аналитической функции для многосвязной области – Тезисы докладов XI Белорусской математической конференции, Минск, 2012. – ч. 1.

УДК 620.22:51-07

**Решение задачи 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

$$\operatorname{Im}((t - a_k)\psi(t)) = 0, |t - a_k| = r_k, k = 1, \dots, n,$$

где известные константы  $a_k, r_k$  являются геометрическими характеристиками круговых наполнителей и включений, которая полностью решена в общем случае в [2; 3].

В настоящей работе был использован известный способ для исследования проводимости волокнистых материалов с двумя наполнителями и/или включениями, которые являются идеальными кругами. Конкретизация структуры материала, несмотря на точные формулы [2] и [3], их сложная структура требует компьютерной реализации, что позволяет получить конструктивные формулы решения задачи Гильберта для комплексного

потенциала. Решение получено в виде  $\varphi_k(z) = \varphi_k^{(0)}(z) + \sum_{m=1}^n \beta_m \varphi_k^{(m)}(z)$ , где для

всех слагаемых построены явные аналитические выражения в виде равномерно сходящихся функциональных рядов и аппроксимирующих бесконечных произведений с использованием дробно-линейных отображений и мёбиусовых трансформаций. Также некоторые интересные практические результаты были вычислены 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 and circular slit maps, Comput. Methods Funct. Theory, n. 2, 575--590 (2011).

УДК 51(077)

### **Диверсификация как первый этап в исследовании портфеля инвестиций**

Минченкова Л.П., Ерошевская Е.Л., Ерошевская В.И.  
Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим один из приемов сокращения риска, применяемый в инвестиционных решениях, – диверсификацию, под которой понимается распределение общей инвестиционной суммы между несколькими объектами. В случае, когда риск может быть изменен и представлен в виде статистического показателя, управление риском получает надежное основание, а последствия диверсификации поддаются анализу с привлечением методов математической статистики. В качестве объекта анализа примем некоторый абстрактный портфель ценных бумаг (далее для краткости: *портфель*). Диверсификация базируется на простой гипотезе – изменяя состав портфеля, можно менять суммарную дисперсию дохода, а в некоторых случаях свести ее к минимуму. Итак, пусть имеется портфель из  $n$  видов ценных бумаг. Доход от одной бумаги вида  $i$  составляет величину  $d_i$ . Суммарный доход  $A = \sum_i a_i d_i$ , где  $a_i$  – количество бумаг вида  $i$ . Если  $d_i$  есть средний доход от бумаги вида  $i$ , то величина  $A$  характеризует средний доход от портфеля бумаг в целом.

Вначале предположим, что показатели доходов различных видов являются статистически независимыми величинами (т.е. не коррелируют между собой). Дисперсия дохода портфеля  $D$  в этом случае равна

$$D = \sum_{i=1}^n a_i^2 D_i$$
. Для упрощения перейдем от абсолютного измерения количества ценных бумаг к относительному. Пусть  $a_i$  характеризует долю в портфеле бумаги вида  $i$ , т.е.  $0 \leq a_i \leq 1$ ,  $\sum a_i = 1$ . Тогда дисперсия суммарного дохода 
$$D = \sum_{i=1}^n a_i^2 D_i + 2 \sum_{i \neq j} a_i a_j r_{ij} \cdot \sigma_i \sigma_j$$
, где  $D_i$  – дисперсия

дохода от бумаги вида  $i$ ,  $r_{ij}$  – коэффициент корреляции дохода от бумаг вида  $i$  и  $j$ ,  $\sigma_i$  и  $\sigma_j$  – среднее квадратическое отклонение доход бумаг вида  $i$  и  $j$ . Коэффициент корреляции двух случайных переменных  $x$  и  $y$  определяется по известной формуле  $r_{xy} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y}$ . При  $r_{xy} > 0$  дисперсия суммарного дохода увеличивается, при  $r_{xy} < 0$  – она уменьшается.

УДК 51(077)

### **Равномерное и классическое определение операции дифференцирования**

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Интенциональное определение бинарной операции дифференцирования базируется на вырождении (путем приравнивания независимых аргументов) специально сконструированной из двух функций одной переменной  $\varphi(x)$  и  $f(x)$  – функции двух переменных

$$\psi(z) = \frac{d\varphi(z)}{df(z)} = \lim_{y \rightarrow z, x \rightarrow z} \frac{\varphi(x) - \varphi(y)}{f(x) - f(y)}, \text{ (в «учебном» виде, } \frac{d\varphi(x)}{dx} = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\varphi(x+\delta) - \varphi(x)}{\delta}$$

когда вторым аргументом является простейшая функция  $f(x)=x$ ). В первом варианте результатом будет функция  $\psi(x)$  – непрерывная по функции  $f(x)$ , во втором – свойство непрерывности не определяется. Эволюционная неизбежность введения операции дифференцирования – получение относительной (сравнительной) количественной оценки «вариабельности» (базовое свойство функций – выдавать разные значения для разных значений аргумента) действий. Эта оценка двух функций сама является функцией (подобное корректно описывается только подобным) и позволяет заменять (выражать) одни вычислительные действия другими.

Для конструктивного обоснования операции дифференцирования привлекается весьма хрупкая операция предельного перехода, которая завуалировано использует понятие меры и весьма сложно обращается путем построения уже двух вложенных предельных переходов. Операция интегрирования основана на предельном переходе «интегральной суммы», которая является по сути функцией  $n$ -переменных, и уже явно задействует аппарат различных мер. В результате получаем: как различные типы интегралов, так и новые математические объекты – обобщенные функции.

В технических вузах можно ограничить изложение дифференциального исчисления только изучением взаимодействия двух бинарных операций

порождения (из двух функций получается третья)  $du/dv \rightarrow f$  и  $\int u/dv \rightarrow f$  с остальными восьмью бинарными операциями:  $u+v \rightarrow f$ ,  $u-v \rightarrow f$ ,  $uv \rightarrow f$ ,  $u/v \rightarrow f$ ,  $u(v) \rightarrow f$ ,  $u^{-1} \rightarrow f$ ,  $u^v \rightarrow f$ ,  $\log_u v \rightarrow f$ .

Акцентирование бинарной структуры операций упрощает: изложение приемов «заведения множителя за знак дифференциала» и «интегрирования по частям». В естественных дисциплинах используется именно дифференцирование функции по функции, а не функции по аргументу. Пример  $dp(t)/d\rho(t) = c^2$ , где  $p$  – давление,  $\rho$  – плотность,  $c$  – изотермическая скорость звука,  $t$  – незримо присутствующее время.

УДК 51(077)

### **Лексическая структурность и принципы саморазвития математики – как языка естественных наук**

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

К количественным характеристикам (КХ) физических объектов относят свойства, которые допускают аддитивное сравнение с соответствующим эталоном. Первоначально КХ описывались положительными рациональными числами, потом их дополнили некоторыми вычислительными операциями над числами. Язык математики (ЯМ), являясь разделом естественного языка (ЕЯ), описывает КХ. Подобно ЕЯ, ЯМ базируется на двух типах слов: существительные – математические объекты обработки (МО: числа, вектора, матрицы, функции) и глаголы – вычислительные операции (ВО: унарные или бинарные и т.д., но действия!) преобразующие соответствующие МО.

Разумное чередование МО и ВО образуют математические выражения, которые могут быть интерпретированы как МО или так ВО. Выражения являются аналогом словосочетаний в ЕЯ. Утверждения в форме равенства двух выражений содержащих неизвестные МО – уравнениями, соответствуют понятию предложения в ЕЯ. ЯМ говорит уравнениями-утверждениями: даже все дополнительные условия – описываются в форме уравнений. Числовая переменная – символичный мостик между МО и ВО: с одной стороны это число, но любое, с другой – это способ описания ВО-копирования «взять в качестве значения функции значение аргумента».

Инженеры воспринимают и применяют в своих исследованиях математические абстракции (отрицательные или мнимые числа) только как результат промежуточных выкладок, не наделяемых физическим смыслом.

Эволюционное саморазвитие ЯМ базируется на двух принципах Архимеда: каждое вычислительное действие-глагол неизбежно обратимо, все МО и ВО композиционно составимы из однотипных «элементарных»

фрагментов. В вульгарной форме: числа состоят из чисел, а действия из действий, причем действия способны вырождаться в числа, но числа в действия никогда. Важно отличать операции над числами от операций над числовыми функциями, которые подобны только по свойствам типа: коммутативность, ассоциативность и т.п.

Усвоение студентами базовых положений лексической структуры ЯМ (МО и ВО) позволяет правильно озвучивать семантику математических записей – смысловое содержимое выраженное средствами ЕЯ. Это чрезвычайно важно, поскольку ЯМ развивается только в «письменной» форме, а наш мозг предпочитает обрабатывать вербальную информацию.

УДК 51(077)

**Учебно-методические комплекты задач по элементарной математике для студентов технических специальностей вузов**

Подкопаев П.А, Подкопаева Н.А.  
Военная академия Республики Беларусь,  
Белорусский национальный технический университет

Программа математической подготовки специалистов технического профиля вуза достаточно сложна и многообразна, поэтому успешное усвоение изучаемого материала по такой программе требует от принятых на обучение студентов хороших и прочных знаний школьной математики. Практика последних лет показывает, что отнюдь не все студенты первого курса обладают такими знаниями. Для обеспечения обучающихся таким уровнем знаний, который необходим им для успешного усвоения учебного материала, – как по высшей математике, так и по другим дисциплинам, использующим математический аппарат, – требуется ввести для студентов первого года обучения курс повторения элементарной математики. Предлагается подготовить комплекты базовых задач по элементарной математике для учебно-методического обеспечения указанного курса.

Преподаватели математики Военной академии имеют опыт проведения практических занятий выравнивающего курса. На кафедре разработана программа, рассчитанная на 56 часов, в том числе на 36 часов аудиторных занятий. Проведение занятий по данной программе основано на повторении вопросов, предусмотренных программой основного курса математики, изучаемого в средней школе. Реализация данной программы позволила усилить образовательный уровень обучаемых по следующим направлениям: развитие и совершенствование вычислительной практики; совершенствование техники алгебраических преобразований на основе прочных знаний формул сокращенного умножения; развитие и совершенствование навыков выполнения тригонометрических

преобразований, использующих свойства тригонометрических функций и формул тригонометрии; прочное овладение навыками равносильных преобразований при решении уравнений, неравенств и их систем; формирование способностей анализировать текстовые задачи, задачи геометрического содержания, строить для них математические модели и получать приемлемые решения. Цель введения данного курса состоит в совершенствовании математического развития студентов до уровня, позволяющего свободно использовать изученный материал при решении задач различных разделов курса высшей математики вуза.

УДК 517.925, 530.145

### **О возможности представления общего решения нелинейного дифференциального уравнения через его частные решения**

Самодуров А.А., Федорако Е.И.

Белорусский государственный университет,  
Белорусский национальный технический университет

Известно, что дифференциальные уравнения интегрируются в квадратурах лишь в исключительных случаях. Поэтому для исследования свойств их решений применяются методы аналитической и качественной теории, а также численные и приближенные методы.

Методы теории групп непрерывных преобразований, описанные в [1], позволяют построить однопараметрическое семейство решений по одному известному (найденному аналитически, численно или приближенно) решению уравнения и, в некоторых случаях, общее решение исследуемого уравнения, а также установить связь между решениями разных уравнений.

В нелинейной оптике при описании сверххизлучательной лавины используется уравнение

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + f(x) \frac{dy}{dx} + Ke^y + F(x) = 0, \quad (1)$$

где  $K \neq 0$  – постоянная,  $f(x)$  и  $F(x)$  – аналитические функции, имеющие конкретный физический смысл. Проведенный согласно работе [1] групповой анализ уравнения показывает, что при выполнении условий  $f(x) = \alpha, F(x) = 2\alpha^2, K = 8$  ( $\alpha$  – постоянная) уравнение (1) допускает двухпараметрическую группу преобразований

$$\begin{aligned} x^* &= -\frac{1}{\alpha} \ln|C_1 + \exp(-\alpha(x + C_2))|, \\ y^* &= y + 2\alpha(x + C_2) + 2 \ln|C_1 + \exp(-\alpha(x + C_2))|, \end{aligned}$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – произвольные константы.

Если  $y_1(x)$  – частное решение уравнения (1), то его общее решение имеет вид

$$y = -2\alpha(x + C_2) - 2\ln|C_1 + \exp(-\alpha(x - C_2))| + y_1\left(-\frac{1}{\alpha}\ln|C_1 + \exp(-\alpha(x + C_2))|\right).$$

#### Литература:

1. Ибрагимов Н.Х. Азбука группового анализа/ Н.Х. Ибрагимов // Математика. Кибернетика. – М: Знание, 1989. – №8. – 47 с.

2. Самодуров А.А., Чудновский В.М. Дифференциальные уравнения. – 1987. – т. 23 №5. – С. 911–913.

УДК 629.735

### **О методических особенностях организации учебной деятельности студентов 1-го курса**

**Шевченко Л. И.**, Бубнов В. Ф.

Белорусский национальный технический университет

Повышение качества обучения математическим дисциплинам в вузе в значительной мере зависит от организации учебной деятельности студентов, особенно на 1-м курсе. Для этого есть целый ряд объективных причин. Основные из них, это: различие форм и методов обучения в вузе и школе; различный уровень знаний и способностей; резкий переход от более или менее иллюстративного способа изложения учебного материала в школе к строгому логически обоснованному виду в вузе; необходимость в непродолжительный период времени формировать новые формы абстрактного мышления с целью усвоения множества новых понятий и методов рассуждения без достаточного их закрепления на практике.

Для устранения этих отрицательных факторов предлагаем воспользоваться следующими методическими приемами:

1. Использование тестов для уточнения знаний, умений и навыков студентов за школьный курс;

2. Использование различных методов доказательств;

3. Дифференцированное обучение студентов с использованием заданий различной степени сложности;

4. Ознакомление студентов со структурой учебного материала на лекциях и на практических занятиях, контроль и проверка самостоятельных заданий студентов;

5. Привлечение студентов к работе в диалоговом режиме, что позволит интенсифицировать обучение и достигать большей активности и самостоятельности.



**Моделирование микрогироскопа RR-типа. 1**

Хват А.В., Ширвель П.И., Чигарев В.А.

Белорусский национальный технический университет

Освоение технологии изготовления 3D механических структур с использованием оборудования, применяемого в микроэлектронике, открыло путь к созданию сверхминиатюрных электромеханических систем. Одной из таких систем является микрогироскоп. По виду движения инерционной массы различаются микрогироскопы с различными комбинациями вращательных и поступательных движений (RR, RL, LR, LL). В данной работе рассматривается микрогироскоп RR-типа (Bernstein, Растопов, Мухуров). Для микрогироскопов RR типа движение инерционной массы в режиме движения и чувствительности носит вращательный характер (Bernstein). Конфигурация чувствительного элемента гироскопа, включающей в себя ротор, недеформируемые и деформируемые элементы подвеса с анкером, вытравлена в кремниевой пластине с помощью технологий микрообработки (аналогично технологии изготовления однокристалльных интегральных микросхем). Анкерочувствительный элемент соединен с подложкой (корпусом), на которой расположены электроды емкостного преобразователя перемещений, датчика силы контура компенсации моментов сил инерции Кориолиса, а также статорные элементы гребенчатых структур электростатического привода.

На первом этапе исследовалась возможность повышения эффективности работы указанной микроэлектромеханической системы. Была построена структурная схема микрогироскопа с огибающей обратной связью по моменту, предложена передаточная функция по скорости микрогироскопа, подобран коэффициент передачи, который не зависит от степени демпфирования. Показано, что динамические характеристики микрогироскопа могут быть улучшены, если обеспечить контур компенсации момента сил инерции Кориолиса, т.е. гироскоп в этом случае будет работать в режиме компенсационно преобразования. Контур компенсации (цепь обратной связи) включает датчик момента, формирующий момент противоположный моменту сил инерции Кориолиса, т.е. сдвинутый по фазе на угол  $\pi$  на несущей частоте. В свою очередь датчик момента должен компенсировать амплитуду огибающей колебаний на частоте, измеряемой угловой скорости. Так как управление идет на частоте огибающей, резонансная настройка микрогироскопа не нарушается. Установлено, что при условии резонансной настройки для микрогироскопа, работающего в режиме прямого преобразования,

передаточная функция по синфазной составляющей приближается к прибору интегрирующего типа с передаточной функцией аperiодического звена, а квадратурная составляющая выходного сигнала меньше синфазной составляющей (Растопов, Banks).

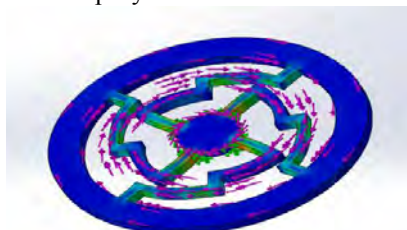
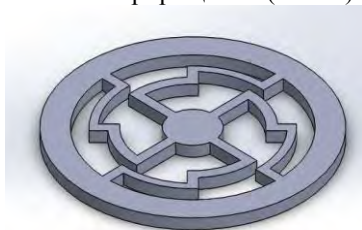
УДК 519.621.64

## Моделирование микрогироскопа RR-типа. 2

Хват А.В., Ширвель П.И., Чигарев В.А.

Белорусский национальный технический университет

На втором этапе исследования был проведен статический прочностной анализ для данной модели при условии, что анкер микрогироскопа жестко закреплен и приложен вращающий момент. В инженерной практике рассматривается, как правило, материалы на основе монокристалла кремния. Заметим, что с позиций механики кремний почти идеально подчиняется закону Гука: энергия деформирования практически не рассеивается (материал не подвержен гистерезису). Анализ таких систем не зависит от траектории; последовательность приложения нагрузок и количество приращений (шагов) не влияют на результат вычислений. Как



известно, прочность элементов конструкции связана с расчетом их напряженно-деформированного состояния. Рассмотрим консервативное поведение конструкции микрогироскопа на примере расчета напряженного и деформированного состояний 3D модели микрогироскопа RR-типа, выполненной в Solid Works (слева на рисунке). Эпюра напряжений микрогироскопа RR-типа представлена справа на рисунке: максимальное напряжение достигает значения 1455 мкН, а минимальное – 0,3 мкН.

Таким образом, предложенный численный подход может использоваться для расчетов напряженно-деформированного состояния мехатронных систем управления, создаваемых на базе микрогироскопа и используемых в системах стабилизации и навигации (Banks), – например, мобильных микророботов различного назначения). Также рассматриваемая модель может быть в дальнейшем модифицирована за счет оптимизации определенных характеристик демпфера (Растопов, Мухуров).

# **Инженерная математика**

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

В отличие от линейных уравнений в частных производных, решения которых представляются в виде суперпозиции распространяющихся волн, для нелинейных уравнений решения имеют вид локализованных волн, наиболее известным из которых являются солитоны. Эти решения описывают несингулярные устойчивые конфигурации с определенной энергией, сохраняющиеся при взаимодействиях.

Интегрируемость нелинейного уравнения означает, что для него можно построить не только решение в виде одиночного солитона, но и решения в виде связанных состояний произвольного числа солитонов и/или антисолитонов. Для интегрируемого уравнения имеет место неограниченное количество законов сохранения, соответствующих каждому из решений.

В настоящее время строгий критерий интегрируемости нелинейных уравнений в частных производных отсутствует. В практических вычислениях для определения интегрируемо уравнение или нет, используют различные эмпирические правила, наиболее распространенным среди которых является условие существования для нелинейного уравнения пары операторов Лакса. Однако все такие правила не носят общего характера и имеют ограниченные области применения.

В случае интегрируемого нелинейного уравнения в нем существует энергетический баланс между различными механизмами. В частности, дисперсия и нелинейность оказывают противоположное действие. Дисперсия приводит к расплыванию волнового пакета, в то время как наличие нелинейности обуславливает его сжатие.

Для многих динамических систем возможно преобразовать неинтегрируемые нелинейные уравнения, описывающие их поведение, в интегрируемые. Причем сделать это можно без привлечения каких-либо искусственных построений математического характера, а путем учета реальных физических процессов. Одним из таких практически повсеместно распространенных процессов является процесс диссипации энергии, например, в результате трения, затухания или рассеяния. Математически это может быть осуществлено различными способами в зависимости от рассматриваемой системы. Простейшими из них являются учет в уравнении первой производной по времени от искомой функции или смешанной производной по времени и пространственной переменной.

**Матрицы Мюллера и бикватернионы**

Длугунович В.А., Курочкин Ю.А.  
Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,  
Белорусский национальный технический университет

Кватернионное исчисление обеспечивает унифицированное описание широкого круга физических явлений, имеющих фундаментальное значение и важные практические приложения [1; 2]. Сравнительно недавно круг возможных приложений комплексных бикватернионов расширился за счет применения их для описания поляризации лазерного излучения [3; 4].

Показано, что представление матрицы когерентности (поляризационной матрицы плотности) пучков электромагнитных волн как бикватерниона, соответствующего 4-вектору псевдоевклидова пространства, компонентами которого являются интенсивность и параметры Стокса, дает возможность ввести группу преобразований этих величин, изоморфную группе  $SO(3,1)$  [3; 4]. Данные преобразования являются подмножеством множества поляризационных матриц Мюллера, вообще говоря, образующих полугруппу. Сужение полугруппы матриц Мюллера до группы преобразований открывает возможность использовать векторную параметризацию преобразований группы  $SO(3,1)$  для интерпретации полярного разложения матриц Мюллера. В частности, в таком подходе элементы матриц Мюллера, соответствующих фазовым элементам и поляризаторам, оказываются наиболее просто и естественно связанными с их собственными поляризациями. Развитый подход дает метод расчета собственных поляризаций эквивалентной оптической системы, построенной из нескольких поляризаторов. Справедливость полученной формулы для векторов Стокса эквивалентной системы для ряда частных случаев подтверждена экспериментально [5].

**Литература:**

1. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела. – М.: Наука, 1973 – 319 с.
2. Березин А.В., Курочкин Ю.А., Толкачев Е.А. Кватернионы в релятивистской физике. – М.: УРСС, 2003. – 200 с.
3. Богуш А.А. Длугунович В.А., Жукович С.Я., Курочкин Ю.А., Снопко В.Н. // Доклады НАН Беларуси. 2007. – Т.51, № 5. – С. 71-76.
4. Длугунович В.А., Курочкин Ю.А. // Опт. спектр. – 2009. – Т. 107, №2. – С. 308 -313.
5. Длугунович В.А., Курочкин Ю.А., Холенков А.В. // Матер. Гомельского науч. семинара по теорет. физике, посвященного 100-летию со дня рождения Ф.И. Федорова. – Гомель: ГГУ, 2011. – С. 123 – 127.

**Исследование методов повышения помехозащищенности  
локальных беспроводных охранно-пожарных систем**

Бокуть Л.В., Деев Н.А.\*

Белорусский национальный технический университет,

\* Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Развитие технологии и экономические причины приводят к тому, что пожарная автоматика входит в интегрированную систему безопасности. Обмен данными между различными элементами средств охранно-пожарной сигнализации в последнее время все чаще осуществляется с использованием радиоканала.

Беспроводные адресно-аналоговые системы с двусторонним протоколом обмена по надежности и живучести превосходят проводные системы. Среди основных особенностей функционирования проводных систем можно отметить такие, как:

- воздействие на систему непреднамеренных электромагнитных помех, приводящих к ложным срабатываниям;

- доступность среды передачи данных, являющихся открытым каналом, для сторонних наблюдателей, которые могут воспользоваться ею для несанкционированного доступа.

В нормативных требованиях прописано, что достоверность передачи информации по радиолиниям связи должна быть обеспечена техническими решениями, определяемыми производителями систем. В качестве данных технических решений могут быть предусмотрены возможности перехода на резервные частотные каналы, использование специальных протоколов обмена и иные способы повышения достоверности и надежности системы связи. Чем больше использовано способов повышения достоверности и надежности, тем больше она соответствует основному принципу Технического регламента – максимальному повышению живучести и надежности беспроводных охранно-пожарных систем.

Предлагается повышение помехозащищенности передаваемой информации на основе скремблирования частотно-модулированного сигнала производением двоичных последовательностей, одна из которых – псевдослучайная с известным законом формирования, другая – случайная, формируемая с помощью источника физического шума и компаратора.

Результат компьютерного моделирования разработанных алгоритмов подтверждает отсутствие регулярности спектральных составляющих в скремблированном частотно-модулированном сигнале, а форма дескремблированного сигнала подтверждает качественное выделение первичного сигнала.

**Поисковая информационно-справочная система оператора  
кабельного телевидения**

Бокуть Л.В., Соловей М.П. \*, Волкова С.М.\*  
Белорусский национальный технический университет,  
\* Высший государственный колледж связи

Информатизация общества и связанное с ней широкое распространение вычислительной техники и средств коммуникации выводят в ранг наиважнейших задачу создания специальных методов обработки данных: их поиск, защиту, обработку и хранение.

Большие объёмы информации практически невозможно проработать без специальных средств машинной обработки. В последнее время широкое распространение получили автоматизированные информационные системы: информационно-справочные, информационно-поисковые. Все они предназначены для регистрации, хранения и обработки данных с целью поиска и выдачи ответов на запросы пользователей. В большинстве случаев автоматизированные информационные системы разрабатывают как базы данных. Актуальной становится задача проектирования и создания систем хранения и обработки информации с целью сокращения рутинного, малоэффективного человеческого труда.

Диспетчерский центр по ремонту и обслуживанию абонентов кабельного телевидения принимает от юридических и физических лиц заявки нуждающихся в ремонте, модернизации или каких-либо других действиях, требующих вмешательства специалистов. При этом, в ходе ремонтных работ, в большинстве случаев, специалисты диспетчерского центра опираются на свой опыт по ремонту и обслуживанию сетей телевидения.

Для такого предприятий, профилирующего на оказании услуг по ремонту и обслуживанию, учет информации о состоянии каждого заказа в конкретный момент времени является одним из наиболее вероятных источников проблем. Гарантом успеха организации производственно-технического процесса является информированность всех участников в конкретное время. На текущий момент учет работ по ремонту и обслуживанию абонентов кабельного телевидения производится вручную.

Использование поисковой информационно-справочной системы оператора кабельного телевидения позволит повысить производительность труда сотрудников диспетчерского центра, качество и скорость обслуживания клиентов, за счет оперативного анализа неисправностей и сокращения времени на выбор варианта их устранения.

**Динамика электронной и тепловой рефракции, индуцированной в полупроводниках лазерным излучением**

Кисилев И.Г.<sup>1</sup>, Ивакин Е.В.<sup>1</sup>, Гацкевич Е.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики НАН Беларуси,

<sup>2</sup> Белорусский национальный технический университет

Для исследования свойств полупроводниковых структур широко используется метод динамических решеток (ДР). Их записывают путём облучения образцов двумя интерферирующими пучками от импульсного лазера, которые создают в образце периодически модулированное распределение плотности неравновесных носителей заряда (ННЗ). Релаксация ДР обусловлена несколькими конкурирующими процессами, основными из которых являются амбиполярная диффузия и Оже-рекомбинация ННЗ.

В результате рекомбинационных процессов происходит передача энергии фононам и формируется тепловая решетка. Для изучения закономерностей релаксации ДР на образец направляют зондирующий лазерный пучок и фотометрируют дифракционный порядок с разрешением во времени.

В настоящей работе проведено теоретическое рассмотрение формирования и релаксации тепловой ДР в полупроводнике. Изучена экспериментальная ситуация, когда длительность возбуждающего импульса существенно меньше времени рекомбинации и времени диффузии неравновесных носителей. Считалось, что решетка возбуждается по всей толщине образца, что позволяет перейти к одномерному приближению.

В такой постановке задача сводится к уравнению теплопроводности с периодическими граничными условиями. При выборе источника тепла учитывалось, что тепловая решетка формируется за счёт рекомбинационных процессов в электронной решетке. Сформулированная задача имеет аналитическое решение.

Показано, что амплитуда пространственно модулированной температуры в образце, от которой зависит дифракционная эффективность тепловой ДР, определяется временем рекомбинации ННЗ, эффективным временем затухания электронной решетки и временем затухания тепловой решетки.

Полученное решение позволяет определить оптимальные периоды ДР для проведения экспериментальных исследований полупроводников методом динамических решеток.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект Ф13К-063).



УДК 621.315.592

## Диагностика наносекундного воздействия лазерного излучения на гетеросистемы In/CdTe

Ивлев Г.Д.<sup>1</sup>, Гацкевич Е.И.<sup>2</sup>, Власенко А.И.<sup>3</sup>, Велещук В.П.<sup>3</sup>,  
Гнатюк В.А.<sup>3</sup>, Левицкий С.Н.<sup>3</sup>, Власенко З.К.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>3</sup>Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины

Одним из перспективных методов формирования мелкого и резкого p-n перехода при создании детекторов ионизирующего излучения на основе CdTe является наносекундное лазерное облучение пленочной структуры In/CdTe.

В данной методике реализуется преимущественно не тепловой, а бародиффузионный механизм введения примеси In в CdTe.

Цель работы заключалась в исследовании акустического отклика при облучении наносекундными лазерными импульсами тонкопленочной гетероструктуры In/CdTe в нормальных условиях (воздух) и в жидкости – H<sub>2</sub>O.

Изучалось воздействие одиночных импульсов излучения второй гармоники Nd:YAG - лазера ( $\lambda = 532$  нм,  $\tau_{\text{имп}} = 7$  нс). Диаметр лазерного пятна (облучаемой зоны) составлял 1 мм, распределение энергии – равномерное. Величина плотности энергии облучения менялась калиброванными фильтрами.

Акустический отклик лазерного воздействия детектировался пьезоэлектрическим преобразователем с обратной стороны образца.

Установлено, что при облучении в воде структуры In/CdTe давление в области энерговыделения существенно выше, чем при облучении на воздухе. До порога плавления In, когда имеет место фототермоакустический эффект, давления различаются по величине в семнадцать раз.

В случае превышения порога плавления In давления различаются в 30 раз. Установлено, что порог плавления при облучении в воде является меньшим, чем при облучении на воздухе.

Методика импульсного лазерного облучения In/CdTe в воде с контролем давления по индуцированному акустическому отклику позволила получить диодные структуры с лучшими параметрами – меньшими токами утечки и более крутой вольтамперной характеристикой при прямом смещении p-n перехода.

Работа выполнена при поддержке ГФФИ Украины (проект № Ф 54.1/0.33) и БРФФИ (проект № Ф13К-117).

**Инновационные технологии для математических дисциплин  
в техническом вузе**

Прихач Н.К., Прусова И.В.

Белорусский национальный технический университет

Стремительный прогресс в сфере информационных технологий накладывает определённые обязанности на институты образования. Для обеспечения рынка труда квалифицированными специалистами, соответствующими современным реалиям, методы преподавания должны отвечать времени.

Использование современных технологий позволяет увеличить объём поданного материала за два академических часа. Это является весьма существенным преимуществом в условиях уменьшения программных часов по математическим дисциплинам.

Эффективным инструментом внедрения инновационных технологий в преподавании математических дисциплин является модернизация и создание учебно-методических программ и комплексов, материалов методического направления как для студентов дневной, так и заочной форм обучения, а также создание информационно-образовательной среды учебного процесса с использованием мультимедийных технологий и всемирной сети.

Переработка методического курса в компьютерно-методический удобна как и для преподавателей, так и для студентов. Она позволяет значительно сократить время для распространения материалов, комфортна в использовании и экономит ресурсы окружающей среды.

На кафедре «Инженерная математика» в БНТУ создан лекционный курс и находится в процессе доработки учебно-методическое пособие, по плану входящее в компьютерный курс математики.

Электронный конспект лекций излагает подробно курс математики, учитывает прикладную направленность, специальность студентов, соответствие современным информационным технологиям и поощряет самостоятельное изучение некоторых тем, которые не входят в программу, но полезны для общего развития.

На переходном этапе от традиционного обучения к обучению с использованием информационных технологий создание подобной учебной литературы поможет будущим специалистам вести целенаправленный поиск решения технических задач и комплексно сочетать использование основ математических знаний с навыками поиска и работы с информацией.

**Альтернативное шкалирование**

Романчук В.М., Серенков П.С., Кондратьева Н.А.  
Белорусский национальный технический университет

Экспертные оценки являются способом построения математической модели. Пусть существует объект  $X$  и субъективный образ этого объекта  $F(X)$ . Мы можем оценивать как объект  $X$ , так и субъективный образ объекта  $F(X)$ . Иногда экспертные оценки можно сравнить с объективным измерением. Например, можно оценивать ощущение площади круга  $F(X)$  и сравнить с площадью круга  $X$ . Но оценить, например, качество  $X$  промышленной продукции, можно только экспертным путем, через определение функции восприятия  $F(X)$ . Восприятие качества  $X$  может быть искажено рекламой, личным ограниченным опытом и меняться со временем.

Цель альтернативного шкалирования – получение объективных оценок субъективных впечатлений  $F(X)$ . Соответствуют ли объективные оценки объекту  $X$ , если объект  $X$  невозможно измерить? Предлагается в качестве критерия: существование устойчивых оценок двух способов измерений  $A_1$  и  $A_2$ , которые приводят к статистически совпадающим результатам. В качестве альтернатив наиболее просто выбрать повторные измерения, а можно и такие способы, которые будут принципиально отличаться. Такой выбор повышает доверие к методу.

Нами проведено исследование альтернатив для метода парных сравнений. Оцениваемый параметр – площадь круга. Круги предъявляются респонденту в случайном порядке. Перед глазами респондента всегда находятся две последовательные фигуры. Для оцифровки объектов были применены два способа.

Способ  $A_1$ : прямое относительное оценивание. Респондент дает оценки (площади круга). Ограничений по шкале нет, за исключением того, что она должна быть численной и иметь одностороннее ограничение, т.е. от 0 до бесконечности. Результат представляем в шкале отношений.

Способ  $A_2$ : косвенная вербальная оценка. Оценка разностей. Интервьюер дает вербальные оценки разности (площади круга). Оцифровываются вербальные оценки целыми цифрами в интервале [0–10]. При этом объекты равны – (0), слабое различие – (1,2,3), среднее различие – (4,5,6), сильное различие – (7,8,9), абсолютное превосходство – (10). Результат получаем в шкале интервалов.

Сравнение результатов двух альтернатив производили в шкале интервалов. Эксперимент показал устойчивость методики получения оценок и является основой для продолжения исследования.

**Математическое обеспечение подготовки абитуриентов и студентов  
заочной формы обучения приборостроительного факультета БНТУ**

Мелешко А.Н., Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Уровень математических знаний абитуриентов, поступающих на специальности заочной формы обучения, и уже обучающихся студентов заочного отделения приборостроительного факультета (ПСФ) БНТУ по целому ряду причин в основном достаточно низкий. В то же время университет должен выпустить достаточно подготовленных специалистов – инженеров, экономистов, менеджеров, способных использовать математические методы в решении производственных задач.

Основу учебно-методического обеспечения по дисциплине «Математика» для студентов заочной формы обучения и абитуриентов составляют электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК), которые имеют иерархический, модульный характер. На кафедре «Инженерная математика» имеется следующий набор программно-технических модулей, позволяющий реализовывать все виды учебной работы для математической подготовки студентов дневной и заочной форм обучения: электронные конспекты лекций по читаемым дисциплинам; лабораторные работы по дисциплинам «Математика», «Информатика»; электронный практикум по «Прикладной математике»; проверочные тесты и задания по всем разделам курса «Математика»; справочные ресурсы по математике для абитуриентов и первокурсников.

Преподавателями кафедры «Инженерная математика» создан и зарегистрирован ЭУМК по учебной дисциплине «Математика», который предназначен для студентов экономических специальностей заочного отделения ПСФ БНТУ. Комплекс разработан авторами Кондратьевой Н.А., Бокуть Л.В., Мелешко А.Н., Крупенковой Т.Г. с целью обучения студентов начальным сведениям из курса высшей математики и включает материалы из разделов теории дифференциальных уравнений и систем, теории вероятностей и математической статистики. Студентам предоставляется возможность подготовиться теоретически, а также проверить полученные знания при помощи контрольных работ и теста. Разработано справочное пособие «Базовые понятия элементарной и высшей математики» авторами Роговцовым Н.Н. и Мелешко А.Н., содержащее разделы элементарной и высшей математики. Цель этого издания – дать возможность студентам и абитуриентам структурировано, в краткой форме изучить основные разделы математики, а также достаточно быстро находить формулировки необходимых понятий, утверждений, графиков, формул.

**Использование облачных вычислений в структуре  
автоматизированной обучающей системы**

Рогальский Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня можно констатировать, что облачные вычисления обеспечивают получение наиболее качественного дистанционного обучения. Они представляют собой сетевые технологии, относящиеся к информационным технологиям, которые улучшают качество жизни человека. Но это лишь средство, помогающее в нашей деятельности. Недостаточно, например, просто посмотреть по телевизору обучающую программу: она не сделает всех, без исключения, образованными.

Для того, чтобы всё это заработало и принесло результаты в повышении уровня образования, необходимо наличие специальных сетевых технологий, которые улучшают качество образования. При этом возникает потребность в деятельностной функции человека, его мотивации и обеспечении соответствующих условий. В целях обеспечения вышеупомянутых условий необходимо создавать так называемые знаниепроводящие сети [1].

Знаниепроводящие сети – это комплекс сетевых образовательных технологий, которые улучшают качество обучения за счёт использования алгоритма теории решения изобретательских задач для электронного обучения.

Поставленная цель реализуется организацией электронного удалённого ресурса – облака, – обеспечивающего контент автоматизированной обучающей системы. Такая система функционирует совместно с многоуровневым последовательно-фреймовым тьютором, что обеспечивает возможность дистанционного и мобильного получения знаний. Результаты обучения фиксируются с помощью электронных документов как рейтинг, достигнутый студентом во время учебного процесса.

Развитие предложенных методов позволит получить качественное дистанционное обучение и внесет существенный вклад в рынок электронных услуг.

Литература:

1. Рогальский Е.С. Роль электронного обучения в формировании современного образовательного пространства // Инновационные образовательные технологии. – 2014. – № 1 (37). – С. 29–35.

Рогальский Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Предлагаемая математическая модель, основана на предположении, что обучение происходит через последовательность изучаемых вопросов (модулей). Результатом этого обучения является достижение состояния «изучено»  $n$  – тем, разделов, вопросов и так далее в случае усвоения предлагаемых знаний, или «не изучено»  $m$  - в противоположном.

Как следует из предложенной гипотезы, мы имеем дело с классической постановкой задачи для Марковской модели, где триада: «объект обучения – многоуровневый последовательно-фреймовый тьютор (МПТ) – автоматизированная обучающая система», как было описано в работе [1], проходит через последовательность «исправных» и «неисправных» состояний. Диаграмма изменения состояний системы (переходов) приведена на рис.1:

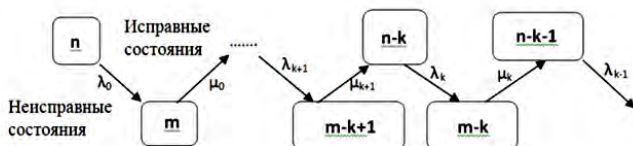


Рис.1. Марковская модель

Основные результаты состоят в следующем. Предложенный подход позволяет эффективно проектировать (решать задачи анализа и синтеза) МПТ, открывает перспективу в направлении решения проблемы автоматизации таких работ: имея программу – фреймовый движок, однотипный для каждого фрейма МПТ, получаем возможность состыковывать его и информационный контент с учётом характеристик, полученных в результате расчётов для обеспечения заданного качества образовательных услуг. Предложенный подход позволит внести существенный вклад в развитии отечественного электронного обучения.

#### Литература:

1. Рогальский Е.С. Использование модели Маркова как инструмента для разработки электронных учебных курсов // Инновационные образовательные технологии. – 2013. – № 3 (35). – С. 34–42.

**О модификации Шнорра криптосистемы Эль Гамала**

Крупенкова Т.Г., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет,  
Военная академия Республики Беларусь

Криптографическая система Эль Гамала появилась в 1985 году как освежающая реакция на излишнюю сложность криптосистемы RSA. В основе реальных криптосистем Эль Гамала лежит большое простое число  $p \approx 2^{1024}$ . Предполагается, что в разложении  $p-1 = \prod p_i^{r_i}$  имеется простой множитель  $q \approx 2^{160}$ . В поле  $Z/pZ$  имеется элемент  $g$  порядка  $q$ . Числа  $p, g, h$  образуют тройку открытых ключей криптосистемы Эль Гамала. Здесь  $h \equiv g^x \pmod{p}$ ;  $x$  – секретный ключ, некоторое целое число, известное только составителю и адресату (идея Питера Шнорра). Отправитель генерирует ещё один, известный только ему, секретный ключ  $k$ . Сообщения  $c$  шифруется по правилу:  $u = cK \pmod{P}$ . где  $K \equiv h^k \pmod{p}$ . Как в хорошем детективе, шифровка сопровождается подсказкой для возможных хакеров – числом  $h \equiv g^x \pmod{p}$ .

Для расшифровки достаточно знание чисел  $p, u, O_{sk}, x$ . Остальной магический калейдоскоп нужен только для того, чтобы направить хакеров по единственному руслу – решению проблемы дискретного логарифма – поиску степени  $x$  в равенстве  $h \equiv g^x \pmod{p}$ , причем единственным известным на то время методом – «baby step».

В 2005 году неожиданно вскрылось существование метода «baby step giant step», секретно созданного ещё в 1962 году Шэнксом Д., что существенно подорвало доверие к криптосистеме. Криптографический стандарт DES спасло на долгие годы трёхкратное увеличение ключа. Аналогично предлагаем многократно увеличить диапазон изменения  $x$ , заменив  $g$  на образующую всей мультипликативной группы  $Z/pZ^*$  поля  $Z/pZ$  (что также снимет исходные ограничения на  $p$ ), а не её примитивной во всех отношениях подгруппы порядка  $q$ , которую услужливо, но абсолютно незаслуженно, начинают называть группой Шнорра – явный курьёз современной истории развития науки.

## Сенсоры для обнаружения горючих газов с низким энергопотреблением

Реутская О.Г.

Белорусский национальный технический университет

Безопасность жизни в большинстве современных разработок ставиться на первое место. Как известно, важную роль играет состояние окружающей среды. Наличие в ней горючих газов подвергает опасности жизнедеятельность людей. На сегодняшний день интенсивно ведутся разработки по быстрому обнаружению газов присутствующих в начальных стадиях горения.

Уникальными по своим возможностям являются полупроводниковые сенсоры. По конструкции они представляют собой подложку из наноструктурированного оксида алюминия с нанесенными на ее поверхность нагревателем и информационными электродами из платины. Каталитическое воздействие для работы сенсора осуществляет чувствительный слой, который наносится на нагревательный элемент.

Основными требованиями к таким сенсорам является низкое энергопотребление, высокая чувствительность к газам.

Низкое энергопотребление достигается путем использования наноструктурированного оксида алюминия, особенностями конструкции сенсора (например, нагреватель и электроды находятся на одной стороне «кристалла» и нагревательный элемент имеет форму «полоски» толщиной порядка 10-25 мкм). Потребляемая мощность может быть снижена до 1мкВт, что является важной особенностью для применения сенсоров в аппаратуре и технике. Высокая чувствительность к газам, как показали исследования, составляет порядка 400-500%, достигается применением золь-гель технологии для формирования чувствительных слоев газовых сенсоров, таких как оксиды олова и индия, палладий и оксид галлия, оксид вольфрама, одностенные углеродные нанотрубки и т.д.

На рисунке 1 представлена конструкция газового сенсора в корпусе.

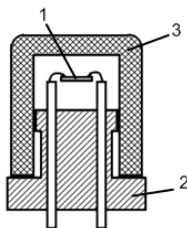


Рис.1 – газовый сенсор:

1-кристалл; 2- корпус, 3-газопроницаемый колпак.



**Пороговая мощность для непрерывного оптического разряда  
от излучения на  $\lambda=488\text{нм}$**

Зверев С.М., Мальцев А.Г., Мальцев И.А.

Белорусский национальный технический университет

При фокусировке излучения лазера на ионах ArII на  $\lambda=488\text{нм}$  в середине горячей дуги ксеноновой лампы высокого давления можно зажечь непрерывный оптический разряд (НОР). Пороговая мощность лазерного излучения оценивается по формуле:

$$P_{\min} = \frac{2\pi\Theta(T_k)}{\mu_{\max}(T_k)} \quad (1), \quad \text{где} \quad \Theta(T) = \int_0^T \lambda_T dT \quad (2)$$

$\Theta(T)$  – потенциал потока тепла, зависящий от коэффициента теплопроводности  $\lambda_T(T)$ . Максимум коэффициента поглощения  $\mu$  достигается при температуре  $T_k \approx 15000\text{К}$ , соответствующей почти полной однократной ионизации. Оценка максимума коэффициента поглощения дает:  $\mu_{\max}(T_k) = 1,5 \text{ см}^{-1}$ . На пороге зажигания размеры плазмы малы. Поэтому лучистые потери энергии меньше теплопроводностных, которые относительно велики. Теплопроводность  $\lambda_T(T)$  включает связанную с переносом кинетической энергии частиц,  $\lambda_k$ , и реактивную,  $\lambda_p$ , связанную в одноатомном газе с переносом потенциальной энергии ионизации.

Для ксенона вклад реактивной теплопроводности в  $\Theta(T_k)$  мал по сравнению с переносом кинетической энергии.  $\lambda_k$  растет с ростом  $T$  и основной вклад в интеграл (2) вносит область высоких температур, в которой доминирует перенос кинетической энергии электронами. При температурах  $T > T_1$ , когда степень ионизации выше 1%, преобладают кулоновские столкновения электронов с заряженными частицами. Электронная теплопроводность полностью ионизированной плазмы  $\lambda_{ке} = \frac{5}{2} \frac{kv}{3\sigma_{кул}}$ , где  $v$  – средняя тепловая скорость электронов,  $\sigma_{кул}$  – кулоновское сечение столкновений. В центре НОР при  $T \approx 15000\text{К}$   $\sigma_{кул} = 2,66 \times 10^{-14} \text{ см}^2$ ,  $v = 7,6 \times 10^7 \text{ см/с}$ ,  $\lambda_{ке} = 3,27 \times 10^{-2} \text{ Вт/см}\cdot\text{К}$ . Учитывая, что  $\lambda_{ке}$  резко падает при понижении температуры, а  $T_1$  примерно вдвое ниже  $T_k$ , при вычислении  $\Theta(T_k)$  пренебрегаем столкновениями электронов с нейтралами при всех температурах. Для потенциала потока тепла приближенно получим:  $\Theta_c(T_k) \approx (2/7)\lambda_{ке} T_k \approx 140 \text{ Вт/см}$ . Для пороговой мощности зажигания НОР в ксеноне при высоком давлении получаем  $P_{\min} \approx 590 \text{ Вт}$ . Известно, что вычисление по (1) дает завышенную величину  $P_{\min}$ . Подобная оценка для излучения с  $\lambda = 1,07 \text{ мкм}$  дает завышение мощности по сравнению с экспериментом в 2,4 раза. Поэтому для

зажигания НОР в ксеноновой лампе от аргонного лазера на ионах AgII с  $\lambda=488\text{nm}$  окажется достаточным 250 Вт лазерной мощности.

УДК 637.385

### **Матричный сенсор для пожарных извещателей**

Реутская О.Г.

Белорусский национальный технический университет

Применение газовых микроэлектронных сенсоров накладывает высокие требования к эффективности их работы, что обеспечивает высокую конкурентоспособность сенсоров на рынке. Важными характеристиками сенсоров является высокая чувствительность и низкое энергопотребление.

Принцип действия металлооксидного полупроводникового сенсора основан на изменении проводимости газочувствительного слоя при хемосорбции на его поверхности различных газов. Используя конструктивные особенности сенсоров, можно получить матричный сенсор (рис.1).

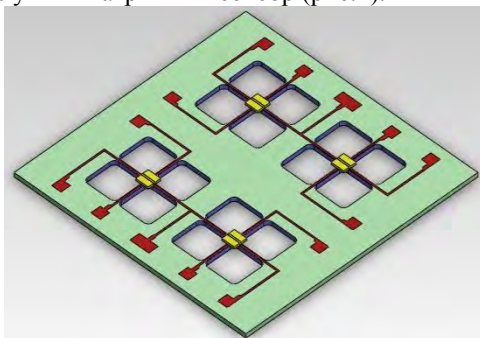


Рис.1 - 3D модель микросистемы

Чувствительные слои матричного сенсора состоят из селективных каталитических смесей, которые могут работать при температуре 500-900<sup>0</sup>С, в зависимости от типа измеряемого компонента или условий эксплуатации. При этом корпус такого сенсора всегда находится при температуре, мало отличающейся от температуры окружающей среды.

Данный сенсор на основе наноструктурированных материалов с низким энергопотреблением был разработан для пожарного извещателя чтобы увеличить чувствительность к газам, а также и быстродействие извещателя. Сенсор способен обнаруживать несколько видов газов (СО, С<sub>x</sub>Н<sub>y</sub>, Н<sub>2</sub>) одновременно и может заменить 4 сенсора, что очень важно ввиду миниатюризации техники.

**Селекция моды  $TEM_{000}$  в газовом лазере в режиме сверхизлучения**

Зверев С.М., Мальцев А.Г., Мальцев И.А.  
Белорусский национальный технический университет

Сверхизлучение – это явление, в котором интенсивность излучения пропорциональна квадрату числа излучателей  $I \sim N^2$ , в отличие от обычного индуцированного излучения независимых атомов, для которого интенсивность излучения пропорциональна числу излучателей. В работе [1], на основе этого эффекта для непрерывного газового лазера на ионах  $AgII$ , получена рекордная мощность излучения на  $\lambda=5145\text{\AA}$  в моде  $TEM_{000}$ . Известно, что для реализации сверхизлучения с генерацией моды  $TEM_{000}$ , необходимо выделить одну поперечную моду  $TEM_{00}$  в соответствии с выражением  $F = d^2/4\lambda L$  так, чтобы число Френеля  $F < 1$  [2].

Согласно эксперименту, дипольные моменты большинства инвертированных ионов  $AgII$ , расположенных по длине разрядного канала, находятся в одинаковой фазе. Тогда сверхизлучение, при наличии одной поперечной моды  $TEM_{00}$ , формируется только фотонами, испускаемыми в основную продольную моду  $TEM_{000}$ . При этом число Френеля должно быть  $F < 1$ , что и было сделано экспериментально. При этом большая часть инвертированных ионов, расположенных по всей длине разрядного канала, автоматически взаимодействует с одной и той же модой генерируемого излучения и оказывается внутри объема когерентности. В этом случае проекции ионов с одного торца разрядного канала накладываются на проекции ионов с другого торца разрядного канала, в пределах поперечного сечения генерируемого луча. Формирование корреляций между ионами или фазирование их дипольных моментов происходит за счет общего поля излучения в процессе генерации [2].

Сверхизлучение запускается не любым фотоном, а только испущенным в основную продольную моду, для которой инвертированные ионы находятся в одинаковой фазе. Любой фотон, испущенный вдоль оси цилиндра в пределах угла основной продольной моды  $TEM_{000}$ , считается испущенным коллективно. При этом все ионы взаимодействуют только с модой  $TEM_{000}$ . Коллективность излучения проявляется в росте амплитуды волны поляризации, распространяющейся вдоль оси разрядного канала. В результате в газовом лазере на ионах  $AgII$ , в режиме сверхизлучения генерация происходит только на одной частоте – моде  $TEM_{000}$ .

**Литература:**

1. Мальцев А.Г., Мальцев И.А. // Вестник МГТУ им. Баумана. – 2013. – №3. – С. 120.

2. Калачев А.А., Самарцев В.В. Когерентные явления в оптике. – Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2003.

УДК 517.968.21

### **Конструктивный аналитический метод решения бесконечных трехдиагональных систем линейных уравнений**

Роговцов Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

При исследовании процесса переноса излучения (нейтронов) необходимо находить решения различных краевых задач (BVPs) для интегродифференциального уравнения переноса излучения (нейтронов).

В предыдущих работах автора [1-3] было доказано, что, в свою очередь, свойства решений такого рода BVPs можно изучать с помощью метода редукции общих соотношений инвариантности (GIRRM) [3] и использования определенных алгоритмов отыскания решений интегральных характеристических уравнений (ICE) теории переноса излучения.

Используя результаты работ [1; 2], можно свести метод решения ICE к построению методов решения бесконечных трехдиагональных систем линейных алгебраических уравнений. Данные уравнения, однако, после проведения процедуры усечения не удовлетворяют, вообще говоря, достаточным условиям применимости метода прогонки. Тем не менее, использование общих идей GIRRM и инвариантности формы указанных выше бесконечных систем по отношению к определенным полугрупповым операциям [3] позволило получить их аналитические решения. При построении таких решений также непосредственно были использованы исходные положения теории разностных уравнений и непрерывных дробей. Полученные таким образом решения можно эффективно применять при решении различного рода краевых задач для уравнения переноса излучения, в том числе и при изучении проблем, представляющих особый интерес для оптики дисперсных сред, теории переноса излучения (нейтронов) и задач астрофизики.

#### Литература:

1. Роговцов Н.Н. // Труды международной конференции «Краевые задачи, специальные функции и дробные исчисления», Минск, 1996. – С. 305-312.

2. Rogovtsov N.N., Borovik F.N. // Light Scattering Reviews (ed. by A.A. Kokhanovsky). – Chichester, 2009. – Vol.4. – P. 347-429.

Rogovtsov N.N. // Light Scattering Reviews (ed. by A.A. Kokhanovsky). – Chichester, 2010. – Vol.5. – P. 349-327.

## Обобщенная модель пневматического тормозного устройства, учитывающего изменение температуры воздуха

Жилевич М.И., Кишкевич П.Н., Бартош П.Р.

Белорусский национальный технический университет

Шумы механического происхождения возникают при ударах поршней, золотников, клапанов, вибрации трубопроводов и т.п. Снижение их уровня достигается в результате оптимизации конструктивных параметров этих устройств или введения тормозных и амортизирующих устройств.

Наиболее сложной задачей является борьба с шумами аэродинамического происхождения, возникающими в основном из-за турбулентного смешения сжатого воздуха с окружающей средой при выхлопе. Так как давление сжатого воздуха в промышленных пневмосистемах составляет 0,4 ... 0,6 МПа, истечение сжатого воздуха в атмосферу при выхлопе происходит, как правило, в надкритическом режиме со скоростью, близкой к скорости звука

Для снижения уровня шума сжатого воздуха при выхлопе применяют активные и реактивные глушители. Наибольшее распространение получили активные глушители (глушители трения).

Исходные данные для расчета пневмоглушителей: эффективная площадь  $f_y$  или пропускная способность  $e_v$ ; шумовая характеристика; присоединительные размеры; габаритные размеры; масса глушителя.

В результате расчета необходимо получить значения параметров пористой части глушителя (диаметра  $D$ , длины  $l$  и толщины  $h$  стенки звукопоглощающего элемента), а также размеры  $d$  частиц, из которых она изготовлена.

Порядок расчета металлокерамических пневмоглушителей:

1. Выбирается толщина  $h$  стенки пористого элемента.
2. Выбирается наружный диаметр  $D$  элемента.
3. Определяется внутренний диаметр  $D_e$ .
4. Выбирается размер спекаемых частиц  $d$ .
5. Определяется длина  $l$  образующей внутренней поверхности глушителя по формуле

$$l = \frac{f_y \sqrt{h}}{A \cdot d}.$$

Затем выполняется проверочный расчет с определением шумовой характеристики глушителя, масса пористой его части

$$m = v_1 \rho (1 - \varepsilon),$$

где  $\varepsilon$  - пористость;  $v_1$  - объем пористой части.

УДК 621.43

**Моделирование движения городского автобуса, работающего на традиционном и биодизельном топливах**

Ковбасенко С.В., Симоненко В.В.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Исследовать топливно-экономические, энергетические и экологические показатели автобуса во время работы на традиционном и биодизельном топливах в режимах городского ездового цикла можно при помощи математической модели, разработанной в Национальном транспортном университете.

Математическая модель включает в себя ряд алгебраических и дифференциальных уравнений, которые описывают изменение скорости автобуса и частоты вращения коленчатого вала дизеля.

По предложенной методике автобус рассматривается в системе "водитель-автобус-дорога" как потребитель воздуха и топлива, а также как источник выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

Эта система характеризуется трехуровневой структурой и функционирует в окружающей среде, которая задается соответствующими параметрами.

Подсистемами первого уровня являются автобус, водитель и дорога, которые приняты одинаковыми по своей значимости.

Подсистема "автобус" включает в себя четыре равнозначные подсистемы второго уровня (двигатель, трансмиссия, ходовая часть и кузов), которые позволяют описать передачу крутящего момента через трансмиссию к ведущим колесам.

Подсистема второго уровня "водитель" обеспечивает управление рычагами топливоподдачи и изменение передаточного числа трансмиссии согласно с условиями ездового цикла.

Подсистема второго уровня "дорога" характеризуется коэффициентами сопротивления качению и углом профиля дороги.

Результаты расчета на математической модели позволяют определить влияние использования биодизельных топлив на топливную экономичность и экологические показатели автобуса.

Для подтверждения адекватности математической модели движения автобуса необходимо провести его дорожные испытания на традиционном и биодизельном топливах.

**Основы системного проектирования композитных стержней для автомобильных конструкций**

Коструб В.А.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
(г. Луганск)

Как известно, в современных условиях, характеризующихся высоким уровнем развития высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, важную роль играет использование конструкций, имеющих высокую степень массового совершенства. Разработка таких конструкций для автомобилестроения возможна на основе использования современных композиционных материалов. Получение изделий из таких материалов неразрывно связано с методом их изготовления. При этом в случае изготовления стержневых длинномерных изделий из композиционных материалов в серийном и массовом производстве, целесообразно использовать непрерывные высокопродуктивные методы производства. Однако создание сложных схем армирования при получении таких стержней непрерывными способами встречает ряд затруднений.

Разработанные в настоящее время методы введения дополнительной арматуры недостаточно эффективны и имеют сложное аппаратное оформление. Кроме того, при формовании таких изделий ограничена скорость реализации процесса, форма и размер поперечного сечения в силу значительных усилий, возникающих при протяжке. В связи с этим, возникает необходимость разработки высокопроизводительных энергосберегающих процессов изготовления сложноармированных композитных стержневых изделий, а также создания научных основ для расчета их основных структурно-технологических параметров и параметров технологического оборудования для их реализации.

Разработан системный подход к проектированию структуры и расчету параметров техпроцесса изготовления сложноармированных композитных стержневых изделий в зависимости от их типоразмера и назначения. Он основан на плетельно-пултрузионной технологии с формованием в роликовом тракте – ролтрузии и позволяет осуществлять выбор оптимальных структурно-технологических параметров. Стержневые изделия, изготовленные методом ролтрузии, имеют высокую степень массового совершенства, а также обладают повышенной энергоемкостью и коррозионной стойкостью. При этом скорость изготовления составляет от 0,2 до 0,5 м/мин.

**К вопросу повышения производительности и  
эффективности автопоездов**

Сахно В.П., Поляков В.М., Жаров К.С.  
Национальный транспортный университет (г. Киев)

Перевозки грузов автомобильным транспортом являются значительным сектором экономики Украины. Автомобильный транспорт в Украине перевозит более 20% грузов, и эта цифра постоянно увеличивается. Официальная статистика грузовых перевозок автомобильным транспортом Государственного комитета статистики Украины свидетельствует о постоянном увеличении объемов услуг, предоставляемых автомобильными перевозчиками. За последние 10 лет (на протяжении 2002-2012 годов) грузооборот на автомобильном транспорте увеличился почти в четыре раза, а доля грузооборота, приходящаяся на автомобильный транспорт, по отношению к суммарному грузообороту автомобильного, железнодорожного, водного и авиационного транспорта – почти в три раза. В Украине перевозки грузов автомобильным транспортом на значительные расстояния (в межрегиональном и международном сообщениях) характеризуются постоянным увеличением грузооборота, требуют повышения эффективности работы автомобильного транспорта. При помощи имитационной компьютерной модели (ИКМ) движения автомобиля (автопоезда), разработанной на кафедре «Автомобили» Национального транспортного университета (г. Киев, Украина), где также была проведена валидация данной модели, проведено исследование влияния вариации конструкции автопоездов на среднюю скорость движения, средний расход топлива, производительность и экономичность. Для проведения анализа были выбраны девять вариантов автопоездов, из которых три – двухзвенные, шесть – трехзвенные. В состав автопоездов входили седельные тягачи DAF XF 105, а также полуприцеп KRONE SDP 27 и прицепы KRONE AZP 18, ADP 27. Грузоподъемность автопоездов при этом варьировалась от 32,8 до 51,3 тонн, общая масса – от 46,4 до 70,4 тонн. В результате исследования установлено, что увеличение коэффициента использования грузоподъемности, увеличение массы груза, перевозимого за одну поездку уменьшают техническую скорость и средний расход топлива на маршруте, но вместе с тем улучшают производительность и экономичность. Использование подвижного состава большой грузоподъемности может привести к почти двойному увеличению производительности и сокращению затрат на перевозки на 20-30%.



**Блок управления экспериментального  
гибридного автомобиля на базе ЗАЗ – 1102**

Тимков А.Н., Иванов А.С., Луцик А.П.  
Национальный транспортный университет (г. Киев)

Анализ ранее выполненных работ в области исследования автомобилей с гибридной силовой установкой показывает недостаточное внимание исследованию и моделированию гибридных силовых установок (ГСУ). Не проводились разработка, анализ и оптимизация рационального алгоритма управления ГСУ, с определением оптимальных условий перехода между режимами работы, с учетом скорости движения и остаточной энергии в тяговых батареях. Этому вопросу посвящены данные тезисы.

При создании блока управления для включения ДВС и/или электромотора в соответствии с режимами работы автомобиля в среде MATLAB была разработана модель. Модель управления интегрирована в общую модель гибридного автомобиля. Моделирование объекта управления и алгоритма управления происходит в единой среде, это дает возможность оптимизировать всю систему в целом.

Предлагаемый блок управления ГСУ автомобиля базируется на теории конечных автоматов. Вход автомата в каждое состояние, в соответствующий момент времени, определяется не только состоянием входов в данный момент времени, но и внутренним состоянием схемы в момент подачи входных сигналов. Под влиянием сигналов комбинационная схема формирует последовательность сигналов на выходе. Общая модель логики управления представляется с помощью модели Мура.

С помощью библиотеки Arduino программы Simulink, логика управления была преобразована для микроконтроллера, работа логики управления была проверена на макетной плате. Имитирование изменения входных сигналов осуществлялось с помощью потенциометров включение того или другого режима сигнализирует включение светодиодов. Управление мощностью электродвигателя происходит при помощи изменения ширины ШИМ-сигнала в зависимости от положения педали акселератора и логики управления, предусмотрены различные режимы защиты электронных устройств.

Планируется проведение дорожных испытаний для проверки аналитических и эмпирических зависимостей, полученных в результате проведенных исследований, а также уточнение основных положений с учетом факторов, которые имеют место в реальных дорожных условиях.

## **Оптимизация параметров энергосиловых установок автомобилей**

Корпач А.А.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Оптимизация конструктивных параметров автомобиля является одним из наиболее важных путей повышения технического уровня, производительности, экономичности и эффективности использования автомобилей. Процесс оптимизации лежит в основе всей инженерной деятельности, поскольку классические функции инженера заключаются в том, чтобы, с одной стороны, проектировать новые, более эффективные и менее дорогие технические системы и, с другой стороны, разрабатывать методы повышения качества функционирования существующих систем.

Оптимизация представляет собой совокупность математических результатов и численных методов, ориентированных на нахождение и идентификацию лучших вариантов из множества альтернатив и позволяют избежать полного перебора и оценивания возможных вариантов.

Практика проектирования автомобилей показывает, что оптимизация параметров и характеристик их энергосиловых установок возможна, в принципе, по трем направлениям:

- конструктивные параметры трансмиссии;
- параметры и характеристики самой энергетической установки;
- одновременный поиск оптимальных параметров и характеристик трансмиссии и энергетической установки.

Реализация каждого из них, естественно, требует соответствующих методик расчета конструктивных, мощностных и других параметров и характеристик.

С практической точки зрения наиболее целесообразным среди них есть оптимизация конструктивных параметров трансмиссии путем определения передаточных чисел ее отдельных элементов (коробки передач, главной передачи и тд.). Ряды передаточных чисел определяются при условии обеспечения «наилучших» показателей технико-эксплуатационных свойств автомобиля (тягово-скоростные свойства, топливная экономичность, токсичность и тд.) путем условной оптимизации.

**Исследование влияния регулирования тормозных сил на  
устойчивость автопоезда при торможении**

Прогний П. Б.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Тенденция относительно роста скоростных режимов движения и увеличения уровня загрузки современных автопоездов требует повышения безопасности их использования. Это в свою очередь отображается на формировании требований ко всем системам, которые входят в состав транспортного средства. Особенно это касается тормозных систем автопоездов, которые должны позволять водителю регулировать скорость движения в широком диапазоне, а при необходимости быстро и безопасно остановить транспортное средство. Важно, чтобы в процессе торможения автомобильный поезд владел хорошей управляемостью и не терял устойчивость. Достичь этого можно благодаря эффективному регулированию и распределению тормозных сил по осям транспортного средства.

Эффективность использования сцепной массы, которая приходится на каждую из осей автомобильного поезда при торможении, характеризуется максимально возможными тормозными силами. Для большинства тормозных систем распределение суммарной тормозной силы по осям автопоезда всегда постоянно.

Проведенное исследование позволило установить, что для повышения эффективности торможения и обеспечения устойчивости в тормозном режиме необходимо осуществлять рациональное распределение тормозных сил по осям автомобильного поезда. При этом для полного использования сцепной массы транспортного средства при торможении с обеспечением необходимой боковой устойчивости необходимо использовать не постоянное, а переменное соотношение тормозных сил на осях звеньев автопоезда. При таких условиях можно одновременно получить максимальное замедление и минимальный тормозной путь при экономном использовании энергии на привод тормозных механизмов. Достичь оптимального распределения и регулирования тормозных сил по осям транспортного средства можно путем совершенствования тормозных систем и оборудования их специальными регуляторами. Их установка позволяет одновременно сохранить боковую устойчивость автопоездов, поскольку тормозные силы на осях не достигают максимальных значений. Выбору и обоснованию способа регуляции тормозных сил посвященное дано исследование.

## **Повышение эффективности работы транспортного средства с электрической передачей мощности**

Горбунов Н.И., Ноженко Е.С., Могила В.И., Ноженко В.С.  
Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля  
(г. Луганск)

Для транспортных средств большой мощности и грузоподъемности, предпочтительной является электрическая передача мощности, которая не имеет муфт сцепления, шестеренчатых коробок и карданных передач. Она позволяет получить высокие тяговые и регулировочные показатели, бесступенчатое регулирование скорости в широком диапазоне, отличается высокой надежностью и длительным сроком службы.

Двигатель внутреннего сгорания вращает тяговый генератор постоянного тока, смонтированный вместе с ним на поддизельной раме. От генератора получают питание два тяговые электродвигатели, каждый из которых через муфту соединен с редуктором, установленном на приводном колесе. Для улучшения эффективности работы такой трансмиссии предлагается заменить один двигатель внутреннего сгорания двумя двигателями меньшей мощности. При этом генератор должен быть выполнен машиной двойного вращения, то есть электрической машиной, в которой и статор и ротор должны вращаться, причем в разные стороны друг относительно друга двумя двигателями внутреннего сгорания, что позволит повысить в 2 раза суммарную частоту вращения генератора.

Преимущества предложенной схемы:

- повышение КПД транспортного средства за счет того, что при заданных величинах мощности дизелей используется генератор в виде машины двойного вращения с контрвращением статора и ротора, что позволяет на 50% увеличить количество вырабатываемой электрической энергии без использования более мощных громоздких дизельных установок;

- применение предложенного генератора позволяет гасить амплитуду колебаний коленчатых валов дизелей в определенном диапазоне, что позволит улучшить мощностные характеристики генератора и повысить его КПД.

Конструкторские решения по созданию электрического аппарата с контрвращением известны в области ветроэнергетики, где созданы ветровые двигатели, использующие данный принцип. Работ по созданию подобных генераторов переменного или постоянного тока авторы не встречали, однако положительный эффект данного предложения ставит задачу исследования и разработки подобной конструкции.

# **Компьютерная механика**

**Компьютерное моделирование необратимого деформирования конструктивных элементов в экстремальных условиях нагружения**

Чигарев А.В., Ширвель П.И., Сергей А.А.

Белорусский национальный технический университет

Сотрудниками БНТУ развита теория стационарных, квазистационарных и нестационарных процессов в деформируемых твердых телах с учетом объемных изменений и физически нелинейных эффектов сплошных сред. Созданы механико-математические модели, алгоритмы и программные средства, реализующие модели деформирования облучаемых конструктивных элементов, позволяющие проводить численное моделирование кинетики напряженно-деформированного состояния в условиях воздействия потока импульсных частиц большой энергии (нейтронного потока). Проведен комплекс численных исследований по изучению механического поведения конструктивных элементов при квазистатическом воздействии неоднородных термосиловых и интенсивных радиационных полей. Разработанная инженерная методика расчета элементов конструкций по определению максимальных напряжений и деформаций на действие физических полей и механических нагрузок реализована в программном комплексе, который соответствует основным стандартам к приложениям для современных операционных систем. Программный модуль для имитационного моделирования деформирования в условиях сложных техногенных воздействий позволяет получать на стадии проектирования распределение полей радиационных напряжений и деформаций, а также рассчитывать максимально допустимые флюенсы нейтронов при заданных значениях термомеханических нагрузок. Программная модель реализована на C#/C++ в среде Microsoft Visual Studio 2012 и позволяет обрабатывать и визуализировать результаты расчетов. Архитектура программного комплекса является модульной, что дает возможность в дальнейшем добавлять новые функциональные возможности и вносить улучшения. Предложенные модели и алгоритмы в дальнейшем могут послужить базой для разработки отечественных компьютерных кодов класса «улучшенной оценки» для моделирования поведения элементов конструкций и компонентов оборудования, работающих в условиях экстремальных механических, термических и радиационных нагрузок в энергетике, машиностроении, аэрокосмической отрасли. Результаты исследований могут быть использованы в сфере образования для повышения качества подготовки студентов специальностей, связанных с термомеханикой и компьютерным моделированием, а также при подготовке научных кадров

в области энергетического и атомного машиностроения и структурной механики ядерных реакторов.

УДК 629.375

### Влияние материала на устойчивость прямоугольного стержня

Мышковец М.В., Тульев В.Д., Тульева В.В.

Белорусский национальный технический университет

Устойчивость различного рода стержней под действием приложенной нагрузки является важным фактором при конструировании и прогнозировании надежности таких изделий.

Следует учитывать, что на устойчивость стержней влияние оказывают не только приложенная нагрузка, но и собственный вес. Распределение внешней нагрузки может иметь различный характер. Внешние силы могут быть как распределенными по различным законам, так и сосредоточенными. Собственный вес изделия оказывает значительное влияние на устойчивость колонн, шахтных печей и других аналогичных конструкций.

В качестве исследуемой модели примем вертикально расположенный стержень постоянного сечения длины  $l$ , один конец которого будет защемлен, а на другой действует сосредоточенная сила  $F$ . При данном расположении стержня сила тяжести будет переменной величиной, зависящей от его длины. Обозначим силу тяжести, приходящуюся на единицу длины, как  $p$ . Тогда сила тяжести элемента длины  $dx$  будет  $pdx$ .

Применим вариационное уравнение для определения работы внутренних сил при переходе от одной искривленной формы к другой:

$$\delta A = M \delta \left( \frac{dv}{dx} \right) \Big|_0^l + \int_0^l \frac{d}{dx} \left( EI \frac{d^2 v}{dx^2} \right) \frac{d}{dx} (\delta v) dx \quad (1)$$

Учитывая, что полная работа равна сумме работ внешних и внутренних сил, получим следующее уравнение:

$$M \delta \left( \frac{dv}{dx} \right) \Big|_0^l + \int_0^l \left[ \frac{d}{dx} \left( EI \frac{d^2 v}{dx^2} \right) + (F + R_{l-x}) \right] \frac{d}{dx} (\delta v) dx = 0 \quad (2)$$

Рассматривая лишь влияние собственного веса стержня, получим выражение для определения критической длины:

$$l_{\text{крит}} = \sqrt[3]{\frac{2EI\pi^4}{4p(\pi^2 - 4)}} \quad (3)$$

Используя (3) определим критическую длину стержня прямоугольного профиля ( $a \times b$ ). В таблице приведены величины критической длины стержня, в котором  $a=2$  см,  $b=1$  см, под действием сосредоточенной силы:

Материал	Нагрузка (Н)					
	100	200	300	400	500	600
Сталь	274,39	201,22	165,94	144,33	129,39	118,28
Кирпич	105,68	79,99	61,29	53,09	47,05	43,37
Бетон	87,05	61,77	50,48	43,74	39,13	35,72

УДК 629.735

### Исследование движения тела с учетом увеличения массы

Мышковец М.В., Тульева В.В., Тульев В.Д.

Белорусский национальный технический университет

При исследовании движения механических систем в классической механике массу считают практически постоянной. Однако, в некоторых случаях масса системы при ее движении может изменяться как за счет присоединения или отделения каких-либо тел системы, так и вследствие изменения геометрических параметров тел.

Рассмотрим движение тела постоянной массы  $P$  вниз по наклонной плоскости с некоторой начальной скоростью  $V_0$ , к которому прикреплен разматывающийся трос, масса которого пропорциональна длине. В этом случае переменными параметрами при движении будет перемещение, скорость и масса. На данную механическую систему действует сила тяжести тела, сила тяжести троса и сила трения скольжения троса.

Запишем дифференциальное уравнение движения тела с тросом в проекции на ось  $x$ , направленной по наклонной плоскости в сторону движения:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{P + \gamma x}{g} \right) \dot{x} = P \sin \alpha + \gamma x \sin \alpha - f \gamma x \cos \alpha \quad (1)$$

Возьмем производную и преобразуем:

$$\gamma \dot{x}^2 + (P + \gamma x) \ddot{x} = f(x) \quad (2)$$

Где  $f(x) = (P \sin \alpha + \gamma x \sin \alpha - f \gamma x \cos \alpha) g$

$$\ddot{x} = \frac{x dx}{dx}$$

Используем замену:

Тогда уравнение (2) примет вид:

$$\gamma \dot{x}^2 dx + (P + \gamma x) \dot{x} dx = f(x) dx \quad (3)$$

Умножим уравнение (3) на  $(P + \gamma x)$  и получим:

$$(P + \gamma x) \gamma \dot{x}^2 dx + (P + \gamma x)^2 \dot{x} dx = (P + \gamma x) f(x) dx \quad (4)$$

Левая часть выражения (4) представляет собой полный дифференциал:

$$d \left( \frac{(P + \gamma x)^2 \dot{x}^2}{2} \right) = (P + \gamma x) f(x) dx \quad (5)$$



Интегрируя уравнение (5) получаем закон изменения скорости груза с разматывающимся тросом с учетом начальной скорости.

УДК 539.3

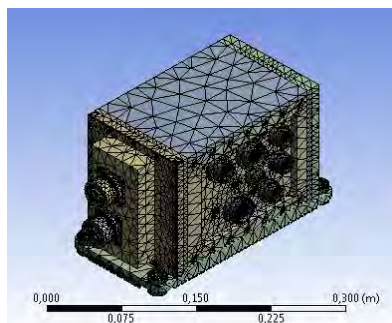
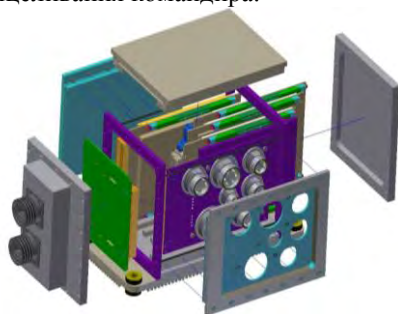
## Проектирование и моделирование электромагнитной системы актюаторного типа

Фаттахов А.Р.

Белорусский национальный технический университет

Проведен анализ литературных источников, касающихся моделирования металлических конструкций в средах конечно-элементного анализа, изучены современные возможности математического моделирования при разработке новых приборов и оборудования, сформулирована задача анализа НДС корпуса вновь разрабатываемого прибора.

На основе исходных данных в виде чертежей и свойств материалов, а также известных из условий эксплуатации объекта исследования граничных условий построены трехмерные геометрические модели исследуемого объекта, а на их основе в среде ANSYS сформирована конечно-элементная модель блока управления панорамного комплекса прицеливания командира.



В процессе выполнения проекта, получены следующие результаты.

Получена подробная картина НДС элементов конструкции объекта, позволяющая оценить его работоспособность в условиях эксплуатации.

Анализ результатов моделирования показал, что элементы основания конструкции проектируемого прибора обладают недостаточной жесткостью. Помимо конечно-элементного анализа выполнен аналитический расчет устойчивости несущих элементов, который подтвердил выводы конечно-элементного анализа НДС.

Выполненная работа демонстрирует возможности математического моделирования при проектировании новых технических объектов. Так,

математическое моделирование позволяет оценить качество конструкции нового прибора без необходимости проведения полномасштабного натурного эксперимента, что позволяет существенно экономить материальные ресурсы и количество времени, затрачиваемые на разработку новых приборов.

УДК 539.3

### **Сравнительный анализ жесткости двух вариантов исполнения корпуса опико-электронного аппарата**

Тетердынко И.В.

Белорусский национальный технический университет

Использование математического моделирования обеспечивает современным инженерам конкурентное преимущество ещё и потому, что позволяет улучшать существующие конструкции, в том числе и за счет учёта, существенных особенностей свойств конструкционных материалов.

Основная цель проекта: расчет и анализ напряженно-деформированного состояния сварного и сборного корпуса для комплекса съемочной аппаратуры микроспутников. В результате его выполнения был сделан расчет напряженно-деформированного состояния сварного и сборного корпуса для комплекса съемочной аппаратуры микроспутников.

Отметим, что практическая реализация возможностей математического моделирования и вычислительного эксперимента существенно повышает эффективность инженерных разработок особенно при создании принципиально новых, не имеющих прототипов машин и приборов, материалов и технологий, что позволяет сократить затраты времени и средств на использование в технике передовых достижений физики, химии, механики и других фундаментальных наук. Вычислительный эксперимент позволяет оптимизировать ранние стадии проектных разработок, снизить стоимость продукции, сократить цикл разработки, состоящий в изготовлении образцов-прототипов, их испытаниях и повторном изготовлении образцов, а также свести к минимуму дорогостоящий процесс доработки изделия. Таким образом, математическое моделирование является неизбежной составляющей научно-технического прогресса.

В связи с вышесказанным для сравнения напряженно-деформированного состояния двух типов корпусов был поставлен эксперимент по изучению свойств материалов и построена адекватная конечно-элементная модель. Результаты эксперимента были сверены с

численным решением. Построенная конечно-элементная модель применялась для расчёта задачи о нахождении напряжённо-деформированного состояния сварного и сборного.

Такой подход довольно трудоёмок, но в отличие от экспериментального изучения напряжённо-деформированного состояния более экономичен, на стадии разработки, даёт полную оценку полученной в последующем конструкции.

УДК 539.3

### **Поиск оптимального по массе и жесткости конструктивного варианта узла крепления вторичного зеркала**

Дубков И.Д.

Белорусский национальный технический университет

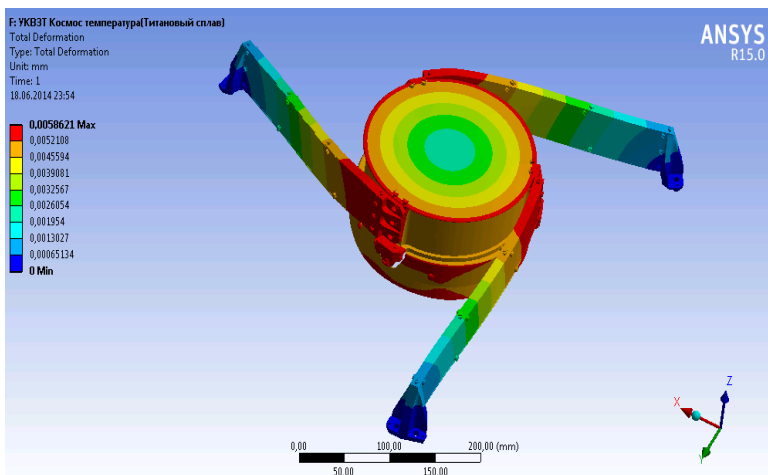
Проведено исследование НДС узла крепления вторичного зеркала телескопа, а также предложен вариант оптимального по массе и жесткости облегченного узла крепления.

В процессе работы выполнен ряд задач по исследованию НДС узла крепления вторичного зеркала телескопа. Основная задача работы – подобрать оптимальный по массе и жесткости конструктивный вариант узла крепления вторичного зеркала телескопа.

Проведен анализ НДС узла крепления вторичного зеркала в условиях нахождения конструкции на Земле, а также выполнен анализ НДС узла крепления вторичного зеркала под воздействием инерционных нагрузок при взлете с поверхности Земли. Предложен вариант уменьшения массы конструкции

Выполненная работа демонстрирует возможности математического моделирования при проектировании новых технических объектов. Так, математическое моделирование позволяет оценить качество конструкции нового прибора без необходимости проведения полномасштабного натурного эксперимента, что позволяет существенно экономить материальные ресурсы и количество времени, затрачиваемые на разработку новых приборов.

Областью возможного практического применения является космические телескопы.



УДК 539.378

## Моделирование полей напряжений и деформации в металлоконструкциях технического назначения

Рукан А.О.

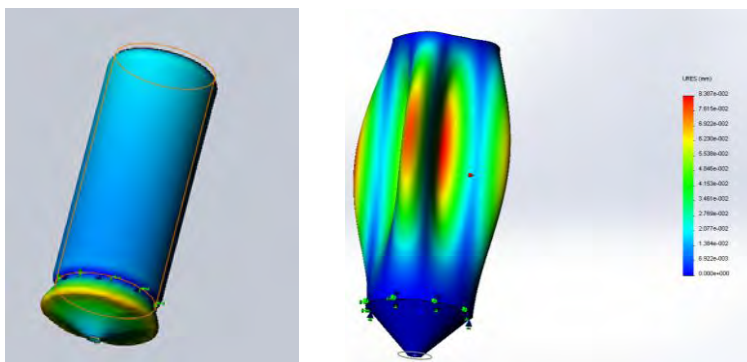
Белорусский национальный технический университет

Предмет исследования – НДС тонкостенных металлоконструкций. Основной целью проделанной работы было выполнение расчета на прочность стальных листовых конструкций емкости дозревателя сока после второй сатурации (в связи с планируемым увеличением рабочего объема).

В результате выполнения проекта получены следующие основные результаты: проведен анализ исходной проектно-технической документации; выполнен аналитический расчет напряжений и деформаций по безмоментной теории тонкостенных оболочек; проанализированы распределения внутренних напряжений емкости дозревателя сока и выявлены значения давлений, при которых возникает предельное состояние; исследовано НДС емкости дозревателя сока при различных схемах нагружения в программе SolidWorks (с учетом собственного веса, нагрева, различного закрепления и заполнения резервуара); получены возможные формы потери устойчивости, проведен усталостный анализ разрушения конструкции в SolidWorks Simulation (максимальный процент разрушений составил 23%). Выполнен нелинейный статический анализ для аварийной ситуации и установлено, что деформации при этом не превысили 1.6%. Объем конечно-элементной сетки составил 78210

элементов (число неизвестных  $\sim 460\ 000$ ). Принята модель упругопластического материала с кинематическим упрочнением.

Достоверность полученных результатов моделирования полей напряжения показана сравнением данных с результатами точного аналитического решения: для различных параметров отклонение составляет не более 4% (ошибка определялась вычислением относительной погрешности).



УДК 539.3

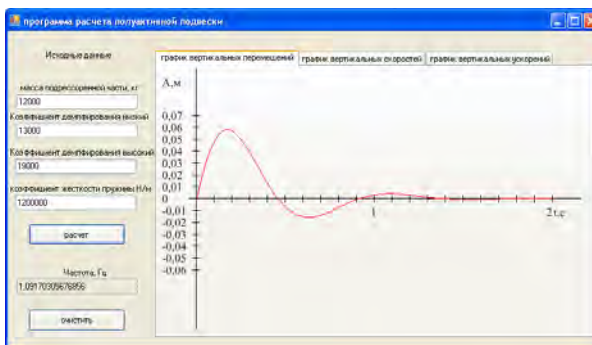
### **Разработка программного обеспечения выбора параметров полуактивной подвески на стадии проектирования автомобиля**

Борадун Д.С., Гурвич Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Объектом разработки является полуактивная подвеска для автобуса МАЗ. Цель работы было создать программный продукт, позволяющий вычислить амплитуды, скорости, ускорения и частоту колебаний поддрессоренной массы при применении полуактивной подвески, в зависимости от различных начальных параметров, а также рассчитать НДС состояние амортизатора при пиковых нагрузках при движении. Практической значимостью полученных результатов является возможность быстрого расчета параметров колебаний, а также демонстрация возможности применения полуактивных амортизаторов без их разрушения. Областью возможного практического применения являются отрасли машиностроения.

В ходе выполнения проекта прошло апробацию такое предложение, как, замена старой пневматической подвески автобуса МАЗ–251 на новую.



Таким образом, была разработана программа, позволяющая рассчитать перемещения, скорости и ускорения кузова автобуса при различных параметрах полупассивной подвески, что значительно упрощает выбор параметров подвески на стадии проектирования; проведен расчет НДС амортизатора при наезде на неровность, на основании которого сделан вывод о возможности безопасной работы магнитно-реологического амортизатора в таких крупногабаритных машинах как автобус. Данные исследования показывают возможность эффективного использования систем полупассивного подрессоривания

Результатом внедрения полупассивной подвески станет создание автобуса с более надежной конструкцией подвески, высокими показателями плавности хода и устойчивости.

УДК 539.3

### **Моделирование напряженно-деформированного состояния элементов кузова карьерного самосвала БЕЛАЗ-75603**

Иванов А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы являлось уменьшение затрат на материалы путем внесения изменений в конструкцию заднего моста и исследования влияния этих изменений на напряженно-деформированное состояние картера. В ходе работы прошли апробацию предложения об уменьшения длины кожуха полуосей и о производстве его уже как одной цельной детали вместе с суппортом. Рассматривается возможности изменения в конструкции заднего моста карьерного самосвала БЕЛАЗ-75603. В частности, рассматривается облегчение конструкции, т.е. уменьшение использование материалов. Изменению подвергается кожух полуоси. Конструкция заднего моста позволяет обрезать внутреннюю часть кожуха полуоси. Вместо отрезанной части кожух полуоси будет слит вместе с

суппортом в одну деталь. Это позволит значительно уменьшить требуемые объёмы материалов. Следует также учесть, что в этом случае усложняется производство «слитой» детали. При этом сборка заднего моста значительно упрощается.

Для расчёта напряженно деформированного состояния используется программный комплекс ANSYS. ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов (CAE, Computer-Aided Engineering) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого. Моделирование и анализ в некоторых областях промышленности позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование — изготовление — испытания». Система работает на основе геометрического ядра Parasolid.

Проанализировав результаты установлено, что самыми нагруженными режимами являются первый и шестой. Максимальные напряжения на этих режимах составили 1450 МПа и 1325 МПа соответственно. Высокие напряжения в статике можно объяснить, что передний мост создаёт обратные усилия, ослабляя воздействия на задний мост. Самыми опасными зонами являются верхний кронштейн, соединенный со штангой, и верхнее соединение рычага с картером.

Областью возможного практического применения являются отрасли машиностроения карьерной техники и грузовых автомобилей.

УДК 539.3

### **Разработка программного обеспечения выбора параметров активной подвески**

Коршун Р.В.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, автопроизводители постоянно совершенствуют выпускаемые автомобили, стараясь улучшить их безопасность, практичность и повысить уровень комфорта при езде. И именно к уровню комфорта всегда было повышенное внимание. Всем известно, что за комфорт отвечает подвеска автомобиля, которая должна обеспечивать максимальное сцепление с дорожным покрытием и при этом обязана компенсировать все неровности. Однако стандартная подвеска, которой укомплектованы практически все бюджетные автомобили может обеспечить либо комфорт на неровной дороге, либо хорошую

управляемость на трассе. Постоянные совершенствования и внедрение новых технологий позволили автопроизводителям создать подвеску совершенно нового уровня, которая была названа адаптивной или активной. Собственно новшеством это назвать нельзя, потому что первая адаптивная подвеска была установлена французами на автомобиле Citroen и представляла собой гидропневматическую систему. Концерн Mercedes-Benz также устанавливал на свои автомобили адаптивные подвески на основе гидропневматики. Тем не менее, если ранее адаптивная подвеска была громоздка и функционально примитивна, то сегодня она стала намного компактнее, функциональнее, – но и устройство ее усложнилось.

Исходя из всех достоинств активной подвески, в данной работе была предпринята попытка установить ее на автобус МАЗ 251. Новый автобус – МАЗ 327066. Проведен предварительный расчет предельно допустимых ускорений при 8 часовом и 1 часовом воздействии на водителя, в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования.» и ISO 2631 «Вибрация передаваемая человеческому телу».

Результаты служат обоснованием возможности создания автобусов МАЗ с активной подвеской, обеспечивая тем самым расширение модельного ряда автобусов и повышение их конкурента способности на рынке. Результатом внедрения активной подвески станет создание автобуса с высокими показателями плавности хода и устойчивости, и более надежной конструкцией подвески.

Областью их возможного практического применения являются отрасли машиностроения.

УДК 539.3

### **Моделирование напряженно-деформированного состояния в элементах конструкции корпуса вычислительной системы**

Крит А.В.

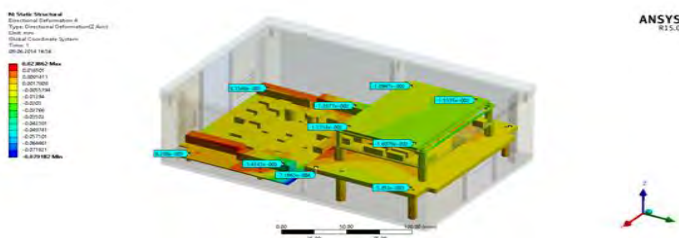
Белорусский национальный технический университет

Возрастающее значение для развития всех отраслей экономики приобретают информационные системы, с помощью которых можно получить оперативные данные о состоянии объектов, моделировать и прогнозировать различные процессы. Современные средства измерений позволяют предоставлять данные измерений сразу в цифровом виде, а новейшие средства коммуникаций – передавать эти данные на вычислительные системы для обработки в режиме реального времени. Применяя новые алгоритмы обработки и программные продукты, можно в значительной степени автоматизировать процесс сбора, передачи и обработки информации, в том числе данные мониторинга, сокращая



трудоемкость и повышая оперативность. Это превращает рутинные процессы периодического обследования сооружений в действительный оперативный мониторинг. Система, включающая современные сенсоры и коммуникации, может быть установлена практически на любом объекте. Целью работы является разработка серверного ящика и последующее моделирование напряженно-деформированного состояния в элементах конструкции корпуса ящика в CAD/CAE системах, таких, как SolidWorks 2012.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что максимальные напряжения возникают при температуре окружающей среды, равной  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это обусловлено тем, что перепад температур составляет  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Максимальные напряжения концентрируются в местах крепления ЖКИ дисплея и стоек крепления и составляют порядка 75 МПа. Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что запас прочности обеспечен. Однако для устранения этих напряжений необходимо изменить форму отверстий креплений на эллипсоидную либо увеличить зазор для того, чтобы температурное подвижка была минимальной.



УДК 539.3

## **Разработка программного обеспечения выбора параметров активной подвески**

Мезга Д.В.

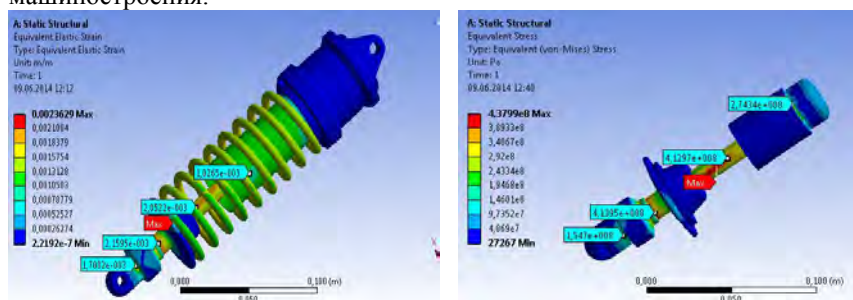
Белорусский национальный технический университет

Объектом разработки является полуактивная подвеска для автобуса МАЗ 352062. Более практичной подвеской по сравнению с активной является полуактивная подвеска. В полуактивной подвеске в отличие от активной вместо генератора силы используется амортизатор, но он не является пассивным, а позволяет изменять коэффициент демпфирования при приложении управляющего воздействия. Полуактивная подвеска обладает близкими к активной подвеске характеристиками, при этом расходуется значительно меньше энергии. Кроме того, полуактивная подвеска сохраняет некоторые демпфирующие свойства в случае

исчезновения питания, что делает ее более безопасной по сравнению с активной подвеской. Полуактивные системы всегда нелинейны, однако, моделирование показало, что такие системы часто можно проектировать, опираясь на законы управления линейными системами.

Цель работы было смоделировать полуактивную подвеску и проверить ее характеристики (плавность хода, качество демпфирования, прочность).

Практической значимостью полученных результатов является обоснование возможности создания автобусов МАЗ с полуактивной подвеской, тем самым расширение модельного ряда автобусов и повышение их конкурента способности на рынке. Областью их возможного практического применения являются отрасли машиностроения.



В ходе проектирования прошла апробацию такое предложение, как, замена старой пневматической подвески автобуса МАЗ – 251 на новую полуактивную подвеску. Результатом внедрения предлагаемой полуактивной подвески станет создание автобуса с высокими показателями плавности хода и устойчивости, и более надежной конструкцией подвески.

УДК 519.621.64+539.3

### **Модификация конструкций микрогироскопов, используемых в системах стабилизации и навигации**

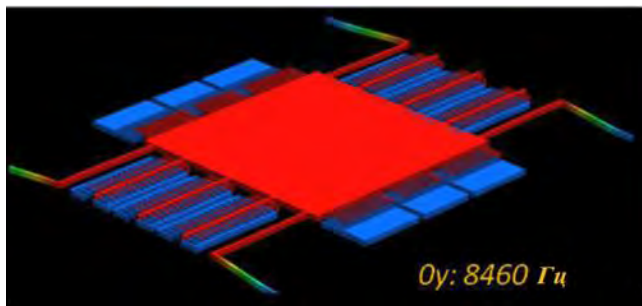
Ширвель П.И., Хват А.В.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы технология МЭМС проникла во многие коммуникационные и оборонные приложения. Моделирование составляет необходимый элемент таких разработок. В основе его лежат классические подходы механики, однако вследствие микроминиатюризации и электромеханической связи проявляются и некоторые новые особенности. Поэтому для оптимизации МЭМС необходимо использовать более точные

модели. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки новых математических и компьютерных моделей, а также эффективных численных решений связанных электромеханических и термомеханических задач, позволяющих исследовать и прогнозировать основные характеристики и параметры вынужденного движения сложных динамических систем.

Основной целью выполненной работы была модификация



микромеханического гироскопа (ММГ): настройка и изучение его основных режимов, численный анализ рабочих режимов ММГ с помощью МКЭ,

финальная настройка параметров и исследование особенностей функционирования. Рассмотрены наиболее важные аспекты динамики чувствительных элементов одномассовых ММГ, а также проведен анализ основных источников погрешностей, возникающих при их работе. Проект посвящен разработке таких моделей, которые могли быть использованы для оптимизации их геометрии и достижения высокой долговременной стабильности устройства. Исследовано НДС и установлены значения напряжений при температурной нагрузке; выполнено моделирование ММГ, а также проведена настройка его основных режимов работы, реализован численный анализ рабочих процессов в ММГ. Расчеты выполнялись с использованием программных комплексов CoventorWare, SolidWorks/COSMOSWorks. Теоретическая и практическая значимость состоит в том, что полученные результаты и предложенная компьютерная модель может быть использована в качестве наглядного примера при рассмотрении аналогичных реальных моделей, а также при проектировании новых решений для конструкций микрогироскопов, используемых в системах навигации и стабилизации.

### О влиянии граничных условий на решение задачи о равновесии нагруженного криволинейного стержня

Куриленко А.В.

Белорусский национальный технический университет

В более ранней работе автора, опубликованной международном научно-техническом сборнике «Теоретическая и прикладная механика» №27 (Минск, БНТУ, 2012), был произведен анализ влияния первоначальной кривизны кости на ее напряженно-деформированное состояние. В качестве модели этой задачи брался криволинейный шарнирно-опертый стержень, нагруженный сосредоточенной силой (вес человека) на подвижном шарнире. Сам стержень аппроксимировался дугой окружности малой кривизны с предельными значениями угла  $\pm\gamma$  относительно оси симметрии. Исходная задача свелась к решению системы дифференциальных уравнений шестого порядка. При интегрировании этой системы было необходимо найти шесть произвольных постоянных их граничных условий на концах стержня. Они были записаны в виде:

$$u|_{\varphi=-\gamma} = v|_{\varphi=-\gamma} = 0, \quad (v'' + u')|_{\varphi=\pm\gamma} = 0,$$

$$(u' - v)|_{\varphi=\gamma} = -\frac{GR \cos \gamma}{EA}, \quad (u \sin \varphi - v \cos \varphi)|_{\varphi=\gamma} = 0$$

Здесь  $G$  – вес человека,  $R$  – радиус кривизны стержня,  $E$  – модуль продольной упругости,  $A$  – поперечное сечение,  $\gamma$  – упомянутый выше угол,  $v$  – перемещение стержня вдоль радиуса кривизны, по направлению к центру кривизны,  $u$  – перемещение по касательной в направлении положительного отсчета дуги (по ходу часовой стрелке). Произведенный расчет показал не полную удовлетворительность результатов из-за их неустойчивости. В этой связи вносится предложение изменить граничные условия, отдав приоритет на подвижном шарнире силе, а не моменту. Тогда они приобретут следующий, теперь уже симметричный вид:

$$u|_{\varphi=-\gamma} = v|_{\varphi=-\gamma} = 0, \quad (v'' + u')|_{\varphi=-\gamma} = 0,$$

$$(u' - v)|_{\varphi=\gamma} = -\frac{GR \cos \gamma}{EA}, \quad (v''' + u'')|_{\varphi=\gamma} = -\frac{GR^3 \sin \gamma}{EJ},$$

$$(u \sin \varphi - v \cos \varphi)|_{\varphi=\gamma} = 0,$$

где  $J$  – момент инерции стержня.

**Операторный метод решения первой основной задачи теории  
упругости с помощью тригонометрических рядов**

Акимов В.А., Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Впервые бигармоническую функцию напряжений представим в декартовой системе координат в операторно-символическом виде:  

$$\varphi = [(A + By)\sin(ydx) + (C + Dy)\cos(ydx)]f(x) \quad (1)$$

Представим произвольную функцию  $f(x)$  в виде тригонометрического ряда:  $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (E_n \sin \lambda_n x + F_n \cos \lambda_n x)$ . Тогда получим:

$$\begin{aligned} \varphi = & \sum_{n=1}^{\infty} (C_{1n} ch \lambda_n y + C_{2n} sh \lambda_n y + C_{3n} ch \lambda_n y + C_{4n} ysh \lambda_n y) \sin \lambda_n x + \\ & + \sum_{n=0}^{\infty} (D_{1n} ch \lambda_n y + D_{2n} sh \lambda_n y + D_{3n} ch \lambda_n y + D_{4n} ysh \lambda_n y) \cos \lambda_n x \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь обозначено  $CE_n = C_{1n}$ ,  $AE_n = C_{2n}$ ,  $DE_n = C_{3n}$ ,  $BE_n = C_{4n}$ ,  
 $CF_n = D_{1n}$ ,  $AF_n = D_{2n}$ ,  $DF_n = D_{3n}$ ,  $BF_n = D_{4n}$ .

Разложение (2) в ряды по синусам и косинусам совпадает с общеизвестными. Это обстоятельство подтверждает правильность нового операторного представления (1).

Взяв, например, функцию виде ряда по синусам, получим выражения для напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_x = & \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \sum_{n=1}^{\infty} [C_{1n} \lambda_n^2 ch^2 \lambda_n y + C_{2n} \lambda_n^2 sh^2 \lambda_n y + C_{3n} \lambda_n (2sh \lambda_n y + \lambda_n ych \lambda_n y) + \\ & + C_{4n} \lambda_n (2ch \lambda_n y + \lambda_n ysh \lambda_n y)] \sin \lambda_n x, \\ \sigma_y = & \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = - \sum_{n=1}^{\infty} [C_{1n} ch \lambda_n y + C_{2n} sh \lambda_n y + C_{3n} ych \lambda_n y + C_{4n} ysh \lambda_n y] \lambda_n^2 \sin \lambda_n x, \\ \tau_{xy} = & - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} = - \sum_{n=1}^{\infty} [C_{1n} \lambda_n ch \lambda_n y + C_{2n} \lambda_n ch \lambda_n y + C_{3n} (ch \lambda_n y + \lambda_n ysh \lambda_n y) + \\ & + C_{4n} \lambda_n (sh \lambda_n y + \lambda_n ych \lambda_n y)] \cos \lambda_n x. \end{aligned} \quad (3)$$

Постоянные интегрирования, входящие в (3) определяются из граничных условий на гребнях балки.

## Операторный метод решения первой основной задачи теории упругости в полиномах

Акимов В.А., Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Запишем бигармоническую функцию напряжений в декартовой системе координат в операторно-символическом виде:

$$\varphi = [(A + By) \sin(ydx) + (C + Dy) \cos(ydx)] f(x) \quad (1)$$

Здесь  $\partial x = \partial / \partial x$ , а произвольную от  $x$  функцию представим в виде полинома конечной степени  $N$  с произвольными вещественными или комплексными коэффициентами.

Так как бигармоническое уравнение имеет четвертый порядок, то полиномы степени ниже четвертой тождественно удовлетворяют бигармоническому уравнению

$$(\partial x^4 + 2\partial x^2 \partial y^2 + \partial y^4) \varphi = 0, \text{ где } \partial y = \partial / \partial y \quad (2)$$

Так, например, для полинома четвертой степени, запишем:

$$\varphi_4 = \left[ (A + By) \left( ydx - \frac{y^3 dx^3}{6} \right) + (C + Dy) \left( 1 - \frac{y^2 dx^2}{2} + \frac{y^4 dx^4}{24} \right) \right] (a_3 x^3 + a_4 x^4) \quad (3)$$

Проделяя указанные в (3) операции, запишем:

$$\varphi = (A + By) [y(3a_3 x^2 + 4a_4 x^3) - y^3(a_3 + 4a_4 x)] + (C + Dy) [a_3 x^3 + a_4 x^4 - 3y^2(a_3 x + 2a_4 x^2) + a_4 y^4]$$

Выписывая однородный полином четвертой степени, и обозначая  $Ca_4 = a_4 / 12$ ,  $4Aa_4 = b_4 / 3$ ,  $Da_3 = c_4 / 3$ ,  $Ba_3 = d_4 / 6$ , окончательно получим:

$$\varphi = \frac{a_4}{12} (x^3 y - xy^3) + \frac{b_4}{3} (x^3 y - xy^3) + \frac{c_4}{3} (x^3 y - 3xy^3) + \frac{d_4}{6} (3x^2 y^2 - y^4) \quad (4)$$

Выражение (4) можно преобразовать к виду, который имеется в [2], стр. 354, что еще раз доказывает правильность формулы (1) и основанной на ней методике.

### Литература:

1. Акимов В.А. Операторный метод решения задач теории упругости. Минск: УП «Технопринт», 2003. – 101 с.
2. Учебник под ред. Варданяна Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости. М., изд. АСВ, 1995. – 568 с.

# Физика

## Влияние параметров конструкции алмазного теплоотвода на быстродействие встроенных в него датчиков температуры

Хорунжий И.А.<sup>1</sup>, Мартинович В.А.<sup>1</sup>, Казючиц Н.М.<sup>2</sup>, Русецкий М.С.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

Для изготовления теплоотвода использовалась пластина синтетического алмаза производства РУП «Адамас БГУ» толщиной 360 мкм. На ее поверхности путем имплантации ионов бора и фосфора и последующим активационным отжигом изготавливалась матрица терморезисторов. Один из резисторов использовался в качестве нагревателя, а остальные – в качестве датчиков температуры. Пластина с терморезисторами устанавливалась на медный радиатор, и между ними для улучшения теплового контакта добавлялся слой теплопроводящей пасты.

Целью данной работы являлось исследование влияния геометрических размеров алмазной пластины на быстродействие системы нагреватель-терморезистор путем численного моделирования с использованием прикладного программного пакета ANSYS.

Как видно из рисунка 1, уменьшение размеров основания пластины в 2 раза приводит к существенному росту температуры терморезистора и незначительному увеличению скорости ее нарастания. В то же время, увеличение толщины пластины снижает скорость нарастания температуры, что может свидетельствовать о повышении эффективности работы алмазного теплоотвода. Таким образом, наиболее существенным для быстродействия параметром оказывается толщина алмазной пластины.

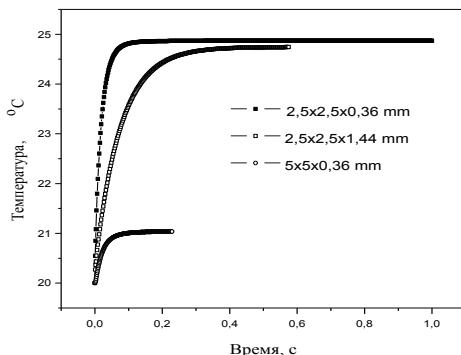


Рисунок 1 – Изменение температуры терморезистора со временем для различных геометрических размеров алмазной пластины.



**Измерение теплопроводности с помощью алмазного индентора**

Хорунжий И.А.

Белорусский национальный технический университет

В микроэлектронике все чаще находят применение новые материалы с неизученными физическими свойствами. Поскольку для обеспечения надежности и долговечности микроэлектронных приборов необходимо обеспечение тепловых режимов их функционирования, то особое значение имеет изучение теплофизических параметров новых материалов и в особенности измерение их теплопроводности. Измерение теплопроводности материалов, применяемых в микроэлектронике, имеет свои особенности, т.к. часто исследуемые образцы имеют малые размеры и высокую твердость, что затрудняет их подготовку к измерениям. Кроме того, для практического применения интерес представляет объемная теплопроводность, в то время как многие современные методы измерения определяют теплопроводность тонкого поверхностного слоя, которая не всегда равна объемной теплопроводности материала. В данной работе представлен метод измерения объемной теплопроводности твердых материалов малых размеров. Суть метода состоит в том, что на поверхность образца устанавливается индентор с твердым алмазным наконечником. Груз, расположенный на инденторе, обеспечивает плотный контакт индентора и изучаемого образца. Кроме того, в инденторе имеется электрический нагреватель, который создает тепловой поток, величину которого можно контролировать. Тепловой поток через алмазный наконечник индентора передается в исследуемый образец и далее отводится через предметный столик, на котором расположен образец. Измерение осуществляется в стационарном режиме. С помощью миниатюрных термопар осуществляется измерение температуры на наконечнике алмазного индентора и непосредственно под образцом на поверхности предметного столика. Для уменьшения тепловых потерь измерение осуществляется в вакууме. Площадь теплового контакта между алмазным наконечником и образцом измеряется по оставшемуся следу (отпечатку) наконечника на поверхности образца, изучаемому под микроскопом. Результаты прямых измерений температуры в разных точках, теплового потока и площади контакта используются в компьютерной модели теплопереноса в экспериментальной установке. При моделировании путем решения обратной задачи подбирается коэффициент теплопроводности образца. Калибровка установки с использованием известных материалов показала, что максимальная ошибка измерения теплопроводности не превышает 7%.

**Флуоресцентный метод диагностики  
состояния смазочного масла в ходе эксплуатации оборудования**

Маркова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Анализ смазочного материала трибосистем, который дает информацию о состоянии как масла, так и всего механизма, становится все более широко применяемым на промышленных и транспортных предприятиях. Контроль смазочного материала в реальном масштабе времени позволяет не только обеспечить его эффективное использование, но и предотвратить разрушение механизма. Одним из основных факторов ухудшения рабочих свойств масла является его окисление, обусловленное реакциями свободных радикалов в присутствии кислорода, которые ускоряются в присутствии металлов и при повышении температуры.

В данной работе представлен разработанный флуоресцентный метод оперативной оценки состояния смазочного материала. Основная концепция метода состоит в следующем. Окисление масла ведет к быстрой модификации (насыщению) ненасыщенных ароматических молекул кислородсодержащими группами. Как правило, окисление ароматических молекул влечет за собой образование кислородных мостиков (алкил- и арил- эфиров) и общее увеличение полярности. Все это приводит к большей делокализации  $\pi$  электрона, в результате чего увеличивается относительное количество излучающих центров в длинноволновой области, и поэтому спектр излучения смещается в длинноволновую область. Для оценки степени окисления масла предложен диагностический параметр  $F$ , характеризующий сдвиг спектра как отношение интенсивности флуоресценции  $I_{\Delta\lambda_{дл}}$ , измеренной в более длинноволновом спектральном диапазоне, к интенсивности флуоресценции  $I_{\Delta\lambda_{кор}}$ , измеренной в более коротковолновом спектральном диапазоне. Это явление смещения спектра флуоресценции при окислении масла легло в основу разработанного в Институте механики металлополимерных систем (ИММС) НАН Беларуси совместно с Корейским институтом науки и технологии (КИНТ, Республика Корея) метода и датчика для оперативной оценки состояния смазочного материала. Приведен пример использования датчика для анализа гидравлических и трансформаторного масел с помощью разработанного флуоресцентного датчика.

**Магнитоупругий вискозиметр для оперативного контроля вязкости смазочных масел**

Маркова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Изменение физико-химических свойств смазочного масла в процессе эксплуатации вызывает нарушение условий смазки и изнашивания поверхностей трибосопряжений. С целью повышения надежности средств оперативного контроля физико-химических свойств, в частности, вязкости смазочных материалов усилия разработчиков сосредоточены на создании устройств, не содержащих подвижных узлов. Среди устройств, встраиваемых непосредственно в линию циркуляции масла и, в частности, в систему смазки транспортных средств, наиболее перспективными являются акустические твердотельные вискозиметры, работа которых основана на измерении параметров высокочастотных волн (1–200 МГц). Недостатком этих устройств является то, что при распространении высокочастотных упругих волн через высокомолекулярные жидкости, жидкости начинают вести себя как гели, так как частоты колебаний больших молекул совпадают или меньше рабочих частот датчика. В этом случае показания датчиков могут не адекватно отражать вязкостные свойства масла.

В работе изложены теоретические основы магнитоупругого метода, позволяющего проводить измерения на частотах  $<30$  кГц. Предложены две методики измерения вязкости, одна из которых основана на оценке изменений собственной частоты колебаний чувствительного элемента, а вторая – на анализе скорости затухания амплитуды колебаний. При этом обе методики предусматривают компенсацию температурной зависимости частоты собственных колебаний чувствительного элемента. Приведена конструкция разработанного в Институте механики металлополимерных систем (ИММС) НАН Беларуси совместно с Корейским институтом науки и технологии (КИНТ, Республика Корея) магнитоупругого вискозиметра, чувствительным элементом которого является пластина, изготовленная из аморфного металла (метгласса). Представлены сравнительные результаты измерений вязкости минеральных и синтетических масел магнитоупругим датчиком, капиллярным вискозиметром и твердотельным пьезоакустическим датчиком. Показано, что датчик характеризуется высокой для оперативной диагностики достоверностью и благодаря своей относительно низкой стоимости, простоте эксплуатации он может широко использоваться для контроля смазочных масел трибосистем.

**Оценка влияния температуры слабых электролитов на точность измерения их концентрации**

Киреенко В.П.

Белорусский национальный технический университет

Кондуктометрические методы измерения параметров жидких сред основаны на использовании функциональной зависимости удельной электрической проводимости (УЭП) растворов электролитов от массовой доли растворенного вещества (концентрации). Эта зависимость, так же как и температурная, носит немонотонный характер вследствие наличия межмолекулярных взаимодействий, изменения вязкости раствора и т.д.

На практике, в реальных технологических процессах определение концентрации приходится производить при постоянно изменяющейся температуре. Для того, чтобы иметь возможность сравнения значений при различной температуре, принято приводить (нормировать) эти значения к температуре 20°C (или 25°C). Для осуществления такого приведения во многих приборах используется линейная температурная аппроксимация УЭП – вводится фиксированный температурный коэффициент, который составляет 2,0–2,5 %/°C для растворов солей и щелочей и 1,0–1,6 %/°C для растворов кислот.

В данной работе проведена оценка абсолютной погрешности определения концентрации водных растворов NaOH и HNO<sub>3</sub>, вызванная линейной аппроксимацией температурной зависимости УЭП при определении концентрации в диапазоне 0–2,50 %. Для измерения использовался контактный двухэлектродный измерительный преобразователь с амплитудой синусоидального измерительного сигнала 100 мВ на частоте 32 кГц и термостат. Погрешность измерения температуры  $\Delta t = \pm 0,1$  °C. Растворы приготавливались на основе соответствующих стандарт-титров, дистиллированной воды и мерной посуды.

Полученные температурные зависимости приведенные к  $t = 20$  °C хорошо описываются полиномом второй степени, коэффициенты которого зависят от измеряемой концентрации, причем нелинейность увеличивается с ростом удельной проводимости растворов. Сравнение экспериментальных температурных зависимостей с линейной аппроксимацией показало, что абсолютная погрешность определения концентрации водных растворов HNO<sub>3</sub> меньше 0,1% для концентраций до 1,50% и температурах до 70°C; для растворов NaOH – для концентраций до 1,7% и температурах до 75°C.

## Принципы самосборки и спектральные свойства J-агрегатов порфиринов

Шейнинь В.Б.<sup>1</sup>, Зенькевич Э.И.<sup>2</sup>, Шабунин С.А.<sup>1</sup>, Бобрицкая Е.В.<sup>1,3</sup>, Агеева Т.А.<sup>3</sup>, Койфман О.И.<sup>3</sup>, Милёхин А.Г.<sup>4</sup>, Баумгартель Т.<sup>5</sup>, Цан Д. Р.Т.<sup>5</sup>

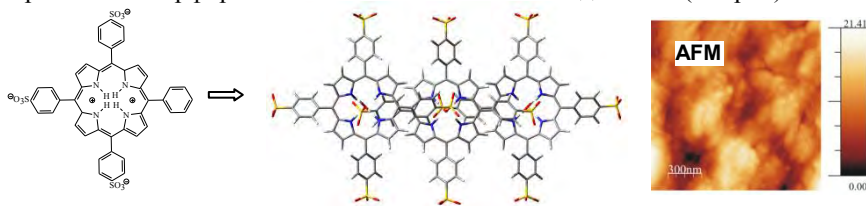
<sup>1</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Иваново, Россия;

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет;

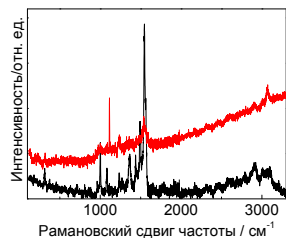
<sup>3</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия; <sup>4</sup>Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия; <sup>5</sup>Институт физики Технического университета Хемнитца,

Германия

За последнее десятилетие самоорганизованные наноструктурные материалы с прогнозируемой морфологией и функциональными свойствами находят все возрастающее применение в нанoeлектронике и нанобиотехнологиях. В докладе обсуждаются принципы управляемой самосборки порфириновых j-агрегатов на основе водорастворимых заряженных порфиринов-тектонов на стеклянных подложках (см. рис).



На основании данных AFM-спектроскопии установлено, что j-агрегаты формируются в виде неоднородных глобулярных структур различных размеров (десятки нм), ориентированных на стеклянных подложках произвольным образом, а толщина пленок достигает 25 нм. Методами пространственно-разрешенной рамановской спектроскопии (Horiba LabRam HR800, Ar<sup>+</sup> лазер,  $\lambda_{\text{возб}}=514.5$  нм, пространственное разрешение - 1 $\mu$ ) установлена трубчатая субструктура образцов с интенсивными спектральными сигналами, обусловленными дисторсией порфириновых колец относительно C <sub>$\alpha$</sub> C <sub>$m$</sub> C <sub>$\alpha$</sub>  связей.



Полученные результаты открывают возможности направленной самосборки многослойных порфириновых нанотрубок.

Финансовая поддержка работы: РФФИ (МК-5844.2013.3, Россия), ГПНИ («Конвергенция 3.2.08»), DFG (GRK 829/3, Германия).

## Формирование и спектры комбинационного рассеяния порфириновых нанотрубок

Шейнин В.Б.<sup>1</sup>, Зенькевич Э.И.<sup>2</sup>, Шабунин С.А.<sup>1</sup>, Бобрицкая Е.В.<sup>1,3</sup>,  
Агеева Т.А.<sup>3</sup>, О.И. Койфман<sup>3</sup>, Н.Д. Стречаль<sup>4</sup>, С.Д. Гоголева<sup>4</sup>,  
С.А. Маскевич<sup>4</sup>

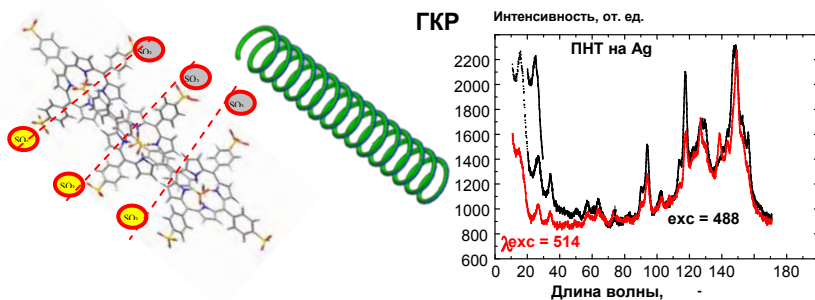
<sup>1</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Иваново, Россия;

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет;

<sup>3</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Россия;

<sup>4</sup>Гродненский госуниверситет им. Я. Купалы

К настоящему времени получены разнообразные супрамолекулярные самособирающиеся комплексы на основе тетрапиррольных макроциклов с выраженными функциональными свойствами. В этом направлении нами разработаны физико-химические основы (ионная самосборка, координационная полимеризация, рН фактор и т.д.) и реализованы экспериментальные методы формирования порфириновых нанотрубок (ПНТ) на основе растворов аммонийных солей заряженных сульфопенилпор-фиринов (тетраанионов и цвиттерионов). Методами АФМ-спектроскопии, поляризованной микроскопии в сочетании с квантово-химическими расчетами обоснованы структура и размеры спиралевидных ПНТ: длина – сотни нм до  $\sim\mu$ ; диаметр – до 25 нм; шаг спирали – 30 нм).



Для ПНТ, фиксированных на плазмонных наноструктурах (ПС, островковые пленки Ag), были впервые получены спектры гигантского комбинационного рассеяния (ГКР), обусловленного поверхностными плазмонными резонансами и локализованными плазмонами. Данные объекты являются новым типом метало-органических гибридных нанокомпозитов «ПНТ-ПС», перспективных для возможных применений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (МК-5844.2013.3, Россия) и ГПНИ («Конвергенция 3.2.08»).

**О возможности создания квантового логического вентиля на ионных ловушках**

Кудин В.И., Мартинович В.А., Неумержицкая Е.Ю.  
Белорусский национальный технический университет

Принцип работы квантового компьютера связан с квантовыми свойствами атомов и элементарных частиц. В настоящее время существует несколько подходов для создания прототипов квантовых компьютеров. Одним из таких подходов является обработка информации с помощью однозарядных положительных ионов, удерживаемых электрическим полем (так называемая «ионная ловушка»). В такой ситуации ионы начинают вести себя как микроскопические магниты, а их ориентация, которую условно можно называть «верх» и «низ», соответствует кубитовым состояниям 1 и 0. Используя лазер, с помощью потока рассеянных фотонов можно охладить ионы, отведя от них кинетическую энергию, что в свою очередь приведет к их стабилизации в ловушке. Поскольку ионы находятся в вакуумной камере и полностью изолированы от окружения, электрическое отталкивание между ними обеспечивает необходимое взаимодействие для создания квантового перепутывания. Для обработки и считывания данных, хранимых в кубитах, можно также использовать лазеры, направляя их на отдельные атомы. Одно из основных требований для создания эффективного квантового компьютера — это возможность создания по крайней мере одного типа логических вентилях. Для создания условного логического вентиля между двумя ионными кубитами необходимо в определенном смысле обеспечить связь между ними. В силу того, что оба заряжены положительно, их движение жестко связано кулоновским отталкиванием. Пара кубитов в ионной ловушке совершает беспорядочные колебания. Используя лазерные лучи, модулированные в естественной частоте ионной ловушки, можно контролировать движения ионов. Необходимо отметить, что лазерный луч может быть использован для возбуждения одного из этих ионов только в том случае, если он магнитно ориентирован «вверх», что соответствует значению 1 для кубита. В процессе колебаний ионы могут изменить свою магнитную ориентацию. Число таких поворотов зависит от того, находятся ли изначально один или оба иона в состоянии 1. Используя эти свойства построенной системы, а также воздействуя на нее лазерным лучом в течение строго определенного времени, оказалось возможным создать вентиль.

Возможность построения логического вентиля для квантового компьютера показывает, что квантовая физика открывает огромные возможности для поиска новых путей создания квантовых компьютеров.

## Определение удельной теплоемкости вещества в лабораторном практикуме

Смурага Л.Н, Авсиевич Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Разработана методика по определению удельной теплоемкости вещества на основе теории регулярного теплового режима. Под данную методику создана универсальная экспериментальная установка. Основой установки служит печь. Вначале образец вещества нагревают до температуры  $100 \div 120^\circ\text{C}$ , затем винтом печь опускают, наступает простое охлаждение тела.

Как только наступит тепловой режим, характеризуемый простым аналитическим выражением  $u - t = \vartheta = AU^{-m\tau}$ , то после начала охлаждения наступает регулярный режим, отличительной особенностью которого является то, что логарифм разности между температурой  $u$  в определенной точке тела и температурой  $t_0$  окружающей среды изменяется с течением времени  $\tau$  по линейному закону, причем скорость изменения логарифма  $m$  одинакова для всех точек тела, то есть  $\ln|u_2 - u_1| = m\tau + const$ .

На миллиметровке в полулогарифмических осях строят зависимость  $\ln(t_p - t_0) = f(\tau)$ , по которой отслеживают наступление теплового регулярного режима, находят темп охлаждения  $m$

$$m = \frac{\ln \vartheta - \ln \vartheta}{\tau - \tau}$$

С другой стороны темп охлаждения однородного тела  $m$

$$m = \psi \frac{\alpha \cdot F}{c_V} ; \quad c_V = c \cdot \rho \cdot V. \quad (1)$$

$\alpha$  коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности материала образца, величина постоянная.

$F$   $V$  соответственно поверхность образца и объем.

В итоге получают расчетную формулу для определения удельной теплоемкости вещества

$$c = \psi \frac{2 \cdot \alpha}{m \cdot \rho \cdot R}. \quad (2)$$

Здесь  $\rho, \psi, R$  – соответственно, плотность, коэффициент формы, радиус образца.

Данная методика отличается простотой эксперимента и высокой точностью получаемых результатов, что очень важно для учебного процесса. Форма образца не играет существенной роли, но для простоты расчета используют образец цилиндрической формы.



**Излучение плазменных потоков торцевого холловского ускорителя**

Сандригайло Л.Е., Аношко И.А., Ермаченко В.С..

Белорусский национальный технический университет,  
Институт тепло- и массообмена им. Лыкова НАН Беларуси

Излучение рабочего газа составляет значительную долю общей энергии магнитоплазменных ускорителей и определяет эффективность их работы. К их числу относятся и торцевые холловские ускорители (ТХУ), позволяющие разгонять плазму до больших скоростей и применяемые для моделирования процессов движения космических аппаратов. Потери мощности плазменной струи ТХУ включают также вынос энергии излучением.

В настоящей работе ставится задача рассчитать удельную мощность излучения  $\epsilon(T)$  газовых смесей, составляющих основу плазменных потоков ТХУ в интервалах давлений и температур, характерных для режимов работы упомянутых установок. В отсутствие поглощения и в предположении ЛТР величины  $\epsilon(T)$  найдены как суммы мощностей излучений отдельных линий в диапазоне длин волн от 0.2 до 2.0 мкм всех компонентов газовых смесей. Расчеты величин  $\epsilon(T)$  проведены для плазмы воздуха при давлениях  $p = 0.005, 0.01, 0.02, 0.04$  и  $0.1$  атм в области температур  $T$  от 8000 до 28000К, а также для воздуха с примесями азота. В процессе расчета учтено излучение около 3000 спектральных линий атомов и ионов азота и кислорода.

Анализ полученных результатов обнаруживает сильную зависимость удельной мощности излучения от давления и особенно от температуры, скачки роста которой приходится на области высоких и низких температур из интервала рассматриваемых величин. Значения  $\epsilon(T)$ , рассчитанные при максимальных значениях  $p, T$  от аналогичных величин, найденных при минимальных значениях  $p, T$  различаются на 3-4 порядка и достигают значений до 800 МДж/м<sup>3</sup>. Присутствие азота в качестве добавки к воздуху в количестве 20% несколько увеличивает значения удельной мощности, не меняя порядка ее величины. Проведен также расчет величин  $\epsilon(T)$  для углекислого газа в области температур  $T = (8-15) \cdot 10^3$  при давлении  $p = 0.001$  атм. Оказалось, что мощность излучения  $\text{CO}_2$  существенно превышает излучение воздушной плазмы в тех же интервалах изменения  $p, T$ .

**Высококчувствительные методы элементного анализа художественных материалов**

Шабуня-Клячковская Е. В.<sup>1,2</sup>, Кирис В. В.<sup>1</sup>, Райков С. Н.<sup>1</sup>, Бельков М. В.<sup>1</sup>,  
Муравитская Е. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Произведения живописи имеют сложную стратиграфическую структуру и состоят из большого числа компонентов, отличающихся друг от друга физико-химическими свойствами. Подробное изучение основных химических компонентов в каждом структурном элементе исследуемого произведения может раскрыть важную информацию об его исторической и художественной значимости.

Лазерная эмиссионная спектроскопия позволяет определить элементный состав материала в режиме *in situ* и не требует специальной подготовки образцов. В наших работах предложен способ реализации послонного анализа, который обеспечивается специальным режимом работы двухимпульсного лазера [1-3]. Для получения количественных данных об элементном составе исследуемого вещества используют атомно-эмиссионную спектроскопию с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС). Нами предлагается использовать лазерную абляцию в жидкость как альтернативный способ пробоподготовки художественных материалов при их количественном элементном анализе с помощью ИСП-АЭС. Полученные количественные результаты показывают, что использование лазерной абляции сохраняет стехиометрическое соотношение химических элементов в исследуемом веществе [4]. Приведенные методики демонстрируют получение надежных результатов и могут применяться в повседневной практике искусствоведческой экспертизы, как отдельно, так и в сочетании друг с другом.

Литература:

1. V. Burakov, V. Kiris, A. Klyachkovskaya, N. Kozhukh, S. Raikov. *Microchimica Acta*, vol. 156 (2007), p. 337-342.
2. Е. В. Клячковская, Н. М. Кожух, В. А. Розанцев, С. В. Гапоненко. *Журн. прикл. спектр.*, том 72, № 3, (2005), 348-351.
3. Е. В. Шабуня-Клячковская, В. В. Кирис, А. Н. Шимко, М. В. Бельков, С. Н. Райков. *Журн. прикл. спектр.*, том 80, № 6 (2013), 898-904.
4. Е. В. Клячковская, Е. В. Муравицкая, Н. М. Кожух, В. А. Розанцев, М. В. Бельков, Е. А. Ершов-Павлов. *Журн. прикл. спектр.*, том 77, № 6 (2010), 827-832.

**Повышение чувствительности комбинационного рассеяния при обнаружении неорганических микрокристаллических художественных пигментов**

Шабуня-Клячковская Е.В.<sup>1,2</sup>, Ващенко С.В.<sup>1</sup>, Станкевич В.В.<sup>1</sup>,  
Гапоненко С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) является одним из наиболее эффективных методов идентификации вещества, однако требует большого количества материала для анализа, что недопустимо при исследовании объектов культурного наследия. Интенсивность комбинационного рассеяния может быть существенно увеличена, если атом или молекула находится вблизи поверхности благородного металла в результате генерации локализованных поверхностных плазмонов, обеспечивающих усиление взаимодействия света с веществом. Этот эффект называется гигантским комбинационным рассеянием (ГКР).

В этой работе демонстрируются методики получения ГКР для микрокристаллов киновари (2 мкм) и ультрамарина (2,5 мкм), которые на протяжении многих веков применялись художниками в качестве красного и синего пигментов. Для экспериментов использовались два типа подложек: гель-пленки наночастиц Ag на стекле и Ge/Si-наноструктуры с напылением наночастиц Au. Результаты экспериментов показывают систематическое усиление полос хромофорных центров ультрамарина в 100 раз и избирательное усиление полос в спектрах комбинационного рассеяния киновари в 14-16 раз. Согласно нашим расчетам для серебряных сферических наночастиц [1], фактор усиления КР убывает с ростом расстояния между точечным объектом и поверхностью металлической наночастицы. Максимальное расстояние, при котором можно наблюдать усиление не превышает 30-50 нм. Учитывая микронные размеры кристаллитов пигментов, можно оценить среднее локальное усиление, которое соответствует  $2 \cdot 10^6$  –  $7 \cdot 10^6$  для ультрамарина и  $8 \cdot 10^5$  для киновари. Благодаря высокому фактору усиления, необходимое для анализа количество образца может быть уменьшено до нескольких зерен кристаллитов, которые могут быть деликатно извлечены из объектов культурного наследия, не оставляя видимых повреждений.

Литература:

1. E. V. Klyachkovskaya, D. V. Guzatov, N. D. Strelak, S. V. Vaschenko, A. N. Harbachova, M. V. Belkov, S. V. Gaponenko. J. Raman Spectrosc., vol. 43, issue 6 (2012), 741-744.

## Влияние микроокружения на оптические переходы в молекуле кислорода

Жарникова Е.С.<sup>1,2</sup>, Джагаров Б.М.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Синглетный молекулярный кислород  $O_2$  ( $a^1\Delta_g$ ) является объектом активных исследований благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам и важной роли в многочисленных био-химических реакциях. Спонтанное испускание синглетного кислорода является нетривиальным явлением в реальном микроокружении. Обширный экспериментальный материал по данному вопросу анализируется только с учетом возможных изменений собственных квантово-механических свойств молекулы-излучателя  $O_2$ . В общем случае, константа скорости спонтанного излучательного перехода зависит не только от собственных квантово-механических свойств атома или молекулы, излучающей свет, но и от свойств окружающей диэлектрической среды.

Нами установлено, что излучающий атом или молекула находится в своеобразной «полости», размеры которой превышают размеры излучающего диполя, и существенно меньше длины волны излучения. Диэлектрические свойства полости отличаются от диэлектрических свойств сплошного диэлектрика вдали от излучателя. Для учета эффекта локального поля предложен ряд теоретических моделей. Корректировку излучательной константы скорости  $k_r$  на ту или иную модель необходимо проводить для учета влияния параметров среды непосредственно на спонтанное испускание света.

На основании анализа экспериментальных значений относительных констант скоростей  $k_r^{\text{отн}}$  спонтанного излучения синглетного кислорода ( $a^1\Delta_g \rightarrow X^3\Sigma_g^-$ ) следует вывод, что наблюдаемые зависимости этой величины от диэлектрических свойств среды обусловлены как собственными характеристиками излучающей молекулы, так и свойствами внешней среды, которые определяют фактор локального поля и плотности конечных состояний поля [1].

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ («Конвергенция 3.1.04»).

### Литература:

1. Джагаров Б.М., Жарникова Е.С., Сташевский А.С., Галиевский В.А., Пархоц М.В. Влияние диэлектрических свойств среды на спонтанное излучение молекулярного синглетного кислорода // ЖПС. – 2012. – Т. 79, № 6. – С.869.

## **Исследование новых форм сенсibilизаторов для фотодинамической терапии**

Жарникова Е.С.

Белорусский национальный технический университет,  
Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

Фотодинамическая терапия (ФДТ) — перспективный метод лечения многих видов злокачественных новообразований, основанный на сочетании фототоксического эффекта препарата (фотосенсibilизатора) с его накоплением преимущественно в опухолевой ткани. Широкое распространение ФДТ стало возможным благодаря успехам, достигнутым в области фотоники и полупроводниковой лазерной техники.

В настоящее время проводится направленный поиск фотосенсibilизаторов (ФС) не только среди природных соединений— хлоринов, бактериохлоринов, пурпуринов, бензопорфиринов, но и среди синтетических производных — тексафиринов, этиопурпуринов, нафтало- и фталоцианинов. Первые сообщения об использовании фотосенсibilизаторов хлоринового ряда для ФДТ относятся к 80-годам. Наряду с исследованием природных ФС идут разработки синтетических фотосенсibilизаторов непорфиринового типа — полиметиновых красителей. Важным шагом в развитии ФДТ стала разработка ФС третьего поколения, полученных путем связывания молекулы ФС с молекулами других веществ, наночастицами или липосомами с целью улучшения селективности накопления ФС в опухолевых клетках. Наряду с исследованиями, направленными на разработку фотосенсibilизаторов, обладающих наилучшими характеристиками, идет разработка фотосенсibilизаторов в комплексе с полимерами. ФДТ стала более доступной благодаря внедрению в клиническую практику ФС второго и третьего поколений, отличающихся высокой терапевтической эффективностью и селективностью при коротком периоде выведения из организма. Эти критерии являются одними из основных при выборе фотосенсibilизаторов для фотодинамической терапии.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ («Электроника и Фотоника 2.3.03»).

### Литература:

1. Isakau H.A., Parkhats M.V., Knyukshto V.N., Dzhagarov B.M., Petrov E.P., Petrov P.T. Toward understanding the high PDT efficacy of chlorin e6–polyvinylpyrrolidone formulations: Photophysical and molecular aspects of photosensitizer–polymer interaction in vitro // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.—2008. — v. 92. —P.165.

## Экспериментальное изучение интерференции и дифракции

Блинков Г.Н., Блинкова Н.Г., Султанова И. К.  
Белорусский национальный технический университет.

Раздел волновой оптики является важным при изучении курса общей физики студентами технологических специальностей. С этой целью нами предложены методические указания к лабораторной работе, в которой с помощью компьютерной программы проводится изучение явлений дифракции и интерференции света.

В теоретической части методических указаний рассматривается волновая природа света, приводится определение явлений интерференции и дифракции света, условия наблюдения этих явлений, а также методика расчета интерференционной и дифракционной картин. В частности, при изучении интерференции приводится соотношение, показывающее зависимость ширины центрального максимума интерференционной картины от длины волны и от расстояния между источниками.

При изучении дифракции рассматривается метод зон Френеля применительно к расчёту дифракционной картины от простейших преград, а также на щели и дифракционной решётке. Зависимость ширины дифракционного максимума от размеров щели и длины волны исследуется с помощью компьютерной программы. Вычисления амплитуды колебаний в плоскости наблюдения производятся в соответствии с принципом Гюйгенса-Френеля в результате суммирования  $64^2$  элементарных волн от экрана с отверстием, причём каждая волна со своей фазой. Для вычислений используется алгоритм дискретного быстрого двумерного Фурье-преобразования. По результатам компьютерного обсчёта студенты строят графики зависимости ширины центрального максимума от параметров, определяющих интерференционную и дифракционную картину.

Таким образом, в результате выполнения и защиты лабораторной работы студент должен усвоить основные положения волновой оптики, изучить явления интерференции и дифракции света, с помощью компьютерной программы исследовать зависимость интерференционной и дифракционной картины от параметров, задающих условия эксперимента.

**Экспресс–контроль поглощения излучения СВЧ магнитных порошков**

Адашкевич С.В.<sup>3</sup>, Бакаев А.Г.<sup>2</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Стельмах В.Ф.<sup>3</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»,

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет

Порошкообразные магнитные материалы применяются во многих областях промышленности в качестве активной фазы поглотителей СВЧ излучения, магнитной записи информации, получении магнитных смазок, обогащения полезных ископаемых, для сбора нефтепродуктов на поверхности морей, океанов, озер и т.д.

Образцы порошков  $Fe_3O_4$  различной дисперсности приготавливались в шаровой мельнице в жидкой среде. Времена размола составляли 9 и 23 часа. Исследования морфологии и состава образцов проводилось с помощью приставки энергодисперсионного (EDS) микроанализа, установленной на сканирующем электронном микроскопе SEM 515. Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе ЭПР «Минск-22» при комнатной температуре. Рабочая длина волны – в диапазоне 3 см. Максимальное значение индукции магнитного поля – 4500 Гс. Частота модуляции магнитного поля – 30 кГц. Для контроля добротности измерительного резонатора и мощности излучения СВЧ использовался кристалл рубина, закрепленный на боковой стенке измерительного резонатора. Выбор оптимальных параметров регистрации рабочих спектров магнитного резонанса осуществлялся в области значений g-факторов от 1,5–4,0. В процессе измерений дополнительный контроль стабильности работы спектрометра осуществлялся путем регулярного измерения образцового материала двухвалентного марганца.

Установлено, что для времени размола 9 часов структурная неоднородность приповерхностного слоя существенно больше, чем для времени размола 23 часа. При этом происходит существенное уменьшение ширины линии на спектре магнитного резонанса от  $\Delta H = 680$  Гс при времени размола 9 часов до  $\Delta H = 310$  Гс при времени размола 23 часа.

Показано, что метод магнитного резонанса может использоваться в качестве интегрального экспресс-метода контроля однородности по размерам порошков в ферромагнитном и суперпарамагнитном состояниях и дополнять метод сканирующей электронной микроскопии при исследовании порошков.

**Влияние деградации рассеивателей светоизлучающих диодов, облученных быстрыми электронами, на результаты спектральных исследований**

Бобученко Д.С.<sup>1</sup>, Бумай Ю.А.<sup>1</sup>, Доманевский Д.С.<sup>1</sup>, Куклицкая А.Г.<sup>1</sup>,  
Трофимов Ю.В.<sup>2</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

В данной работе исследовано влияние облучения быстрыми электронами (4 МэВ, флюенс  $D=1.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ ) на оптические свойства ультрафиолетовых (УФ) и зеленых светоизлучающих диодов (СИД) *Helio* на основе нитридов (мощностью 1 Вт). Установлено влияние деградации линзы - рассеивателя на спектр электролюминесценции данных СИД.

В спектрах электролюминесценции облученных УФ СИД наблюдаются две полосы. Первая (высокоэнергетическая), с максимумом в интервале 3,08-3,09 эВ, принадлежит основному УФ излучению СИД. В кристаллах без рассеивателя интенсивность этой полосы возрастает в ~170-190 раз. Отсюда следует, что УФ излучение эффективно поглощается материалом рассеивателя. Вторая (широкая низкоэнергетическая) полоса в спектре СИД без рассеивателя обусловлена дефектами структуры кристалла («желтая дефектная полоса») и не имеет максимума. В СИД с рассеивателем интенсивность полосы в этой области спектра возрастает приблизительно в два раза и имеет хорошо заметный максимум вблизи ~2,0 эВ. Это связано с дополнительной фотолюминесценцией в этой спектральной области радиационных дефектов материала рассеивателя, возбуждаемых УФ излучением кристалла СИД. Необходимо отметить также, что из-за наличия полосы связанной с дефектами свечение УФ СИД становится близким к свечению белого СИД, т.е. сильно изменяются цветовые координаты.

В спектрах зеленых СИД наблюдается одна полоса с максимумом в интервале 2,32 – 2,37 эВ, принадлежащая основному излучению. Отсутствие рассеивателя приводит лишь к небольшому (~1,5–2 раза) возрастанию интенсивности излучения в максимуме. Это значит, что повреждение рассеивателя не сказывается существенным образом на эффективности излучения зеленого СИД, т.е. излучение кристалла зеленого СИД не возбуждает люминесценцию радиационных дефектов материала рассеивателя. Необходимо также отметить, что «дефектная желтая полоса» кристалла лежит в области, близкой к основному излучению данного СИД, и ее вклад в цветовое восприятие свечения



практически не заметен, в отличие от ультрафиолетового или синего СИД.

УДК 621.382:539

### **Дефектообразование за пределами области внедрения ионов в полимерных пленках**

Бринкевич Д.И.<sup>1</sup>, Просолович В.С.<sup>1</sup>, Лукашевич М.С.<sup>1</sup>, Оджаев В.Б.<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

Исследованы процессы радиационного дефектообразования за пределами области внедрения ионов в пленках различных полимеров, используемых в качестве резистов в технологии изготовления интегральных микросхем. Имплантация пленок фоторезиста ФП9120, полиимида, полиэтилентерефталата и полиэфирэфиркетона ионами В<sup>+</sup>, Sb<sup>+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Ni<sup>+</sup>, Fe<sup>+</sup>, Ag<sup>+</sup> и Au<sup>+</sup> с энергиями 30-100 кэВ в интервале доз от  $1 \cdot 10^{15}$  до  $1,5 \cdot 10^{17}$  см<sup>-2</sup> при плотности ионного тока 4 мкА/см<sup>2</sup> проводилась при комнатной температуре на ионно-лучевых ускорителях «Везувий-6» и ИЛУ-3. Микроиндентирование проводилось на приборе ПМТ-3 по стандартной методике при комнатной температуре. В качестве индентора использовался алмазный наконечник в форме четырехгранной пирамиды с квадратным основанием и углом при вершине  $\alpha=136^\circ$ . Спектры отражения регистрировались в области непрозрачности пленки в диапазоне  $\lambda = 210$ -480 нм однолучевым спектрофотометром PROSKAN MC-122 при комнатной температуре. Спектральные зависимости изучались при падении света на имплантированную и неимплантированную поверхности пленки. Морфология поверхности модифицированной имплантацией полимерной плёнки исследовалась методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) при комнатной температуре в полуконтактном резонансном режиме на частоте 145 кГц на приборе Solver P-47. Использовались кантилеверы серии NSG 01 с радиусом закругления 10 нм.

Установлено, что в процессе имплантации происходит модификация тонкого приповерхностного слоя полимеров не только с имплантированной, но и с обратной (неимплантированной) стороны пленки, в то время как в объеме полимера существенных изменений свойств не обнаружено. Наблюдаемые при имплантации изменения оптических, прочностных свойств и морфологии поверхности полимеров обусловлены релаксацией напряжений, образовавшихся в процессе изготовления полимерной пленки, и радиационно-химическими процессами в приповерхностном слое полимера.

**Особенности лавинного пробоя диффузионных р-п - переходов на основе 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 особенностей лавинного пробоя кремниевых диодов-генераторов шума ND103, изготовленных по диффузионной технологии на основе подложек монокристаллического кремния марки 3А2яКДБ0.03(111)4<sup>0</sup>-460. Глубина р-п-перехода, сформированного диффузией фосфора, составляла ~ 6 мкм. Амплитуда шумов в области лавинного пробоя составляла ~ 100 мВ при токе 50 мкА, верхняя граница однородных шумов ≤ 3 МГц. Измерения вольт-амперных (ВАХ) и вольт-фарадных (ВФХ) характеристик диодов с целью определения влияния глубоких центров на электрофизические параметры приборов производились при температурах +125 °С, +20 °С и -60 °С. Структурные дефекты подложки выявлялись путем травления в селективном травителе.

На обратных ВАХ диодов с увеличением температуры напряжение пробоя увеличивается, что обусловлено увеличением размеров области пространственного заряда вследствие изменения концентрации свободных носителей заряда. ВАХ имеют активационный характер. Энергия активации в зависимости от величины приложенного к р-п-переходу обратного напряжения имеет значения в диапазоне 0.25-0.45 эВ. Полученные экспериментальные значения ВАХ и ВФХ свидетельствуют о том, что лавинный пробой р-п-перехода не может быть обусловлен его «проколом» вследствие шнурования тока по пронизывающим его дислокациям. Действительно, как показали структурные исследования, плотность дислокаций в подложке невелика и не превышает значения 100 см<sup>-2</sup>

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что лавинный пробой р-п-перехода обусловлен включением микроплазм в результате локального увеличения напряженности электрического поля на неоднородностях легирования кристалла и ионизацией глубоких центров, включающих технологические фоновые примеси железа и меди в области пространственного заряда. Примеси могут осаждаться на структурных несовершенствах кристаллической решетки в виде примесных атмосфер либо включений второй фазы. Это может приводить к локальному сужению области пространственного заряда и увеличению в этих местах напряженности электрического поля.

**Температурные зависимости электропроводности 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  $PbTe$  и  $SnTe$  являются перспективными материалами для приборов ИК-оптоэлектроники и эффективных термоэлектрических устройств. Представляет интерес исследовать свойства тонкопленочных соединений  $Pb_xSn_{1-x}Te$  при изменении их состава. Целью настоящей работы было исследование температурных зависимостей электропроводности тонких пленок  $Pb_xSn_{1-x}Te$  ( $x = 0 - 1$ ) в температурном интервале 100-450К.

Тонкие пленки  $Pb_xSn_{1-x}Te$  были приготовлены на стеклянных подложках термическим вакуумным испарением методом «горячей стенки» из предварительно синтезированных слитков соответствующего состава. Полученные поликристаллические пленки были монофазными с кубической структурой. Все исследованные пленки толщиной 0.8-2.6 мкм были р-типа проводимости. При комнатной температуре электропроводность изменялась в пределах  $\sigma = 3 \cdot 10^1 - 1 \cdot 10^4 \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$  при изменении состава пленок от  $PbTe$  к  $SnTe$  соответственно.

Исследования температурных зависимостей электропроводности пленок показали, что в температурном интервале 80-190К электропроводность пленок слабо зависит от температуры. Независимость от температуры характерна также для кристаллов соединений  $A^{IV}B^{VI}$  в низкотемпературной области. При дальнейшем повышении температуры электропроводность уменьшалась (металлический характер проводимости). При температуре больше 300К происходит переход от металлического к полупроводниковому характеру электропроводности. На температурной зависимости появляется характерный активационный участок с энергией активации в интервале 0,025 – 0,033 эВ для составов пленок, изменяющихся от  $SnTe$  к  $PbTe$  соответственно. Температурная точка перехода от металлического к полупроводниковому характеру электропроводности изменяется в пределах 305-375К при изменении состава пленок от  $SnTe$  к  $PbTe$ .

Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания ИК-фотоприемников и тонкопленочных ветвей термоэлектрических преобразователей.

**Исследование двумерных многоканальных модуляторов света с  
разнесенной матрицей световых клапанов на основе  
электрооптической керамики**

Малаховская В.Э., Сидоренко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Паразитные электрические связи между строчными и столбцовыми электродами и их негативное влияние на контрастные свойства многоканальных модуляторов света (ММС) на основе электрооптической керамики PLZT 9/65/35 отсутствуют в конструкции матрично организованного ММС, называемой разнесенной матрицей световых клапанов (СК). Такой матричный ММС состоит из двух последовательно установленных одномерных ММС с протяженными СК. Первый, электроды которого играют роль столбцовых, является информационным и осуществляет занесение информации в световой поток. Второй одномерный ММС, электроды которого ортогональны электродам первого, выполняет функцию дешифратора строк. Поскольку направления электрических полей в информационном ММС и ММС-дешифраторе строк взаимно ортогональны, такую конструкцию называют 90°-ной разнесенной матрицей СК. Прибор работает в мультиплексном режиме: в каждый момент времени в выходном световом потоке формируются элементы только одной строки. Поскольку строчные и столбцовые электроды физически находятся на различных PLZT-керамических пластинах, электрические связи между ними отсутствуют, и такой матричный ММС имеет хорошие контрастные свойства. В экспериментах величина контраста достигала 230:1. Но двумерным ММС с 90°-ной разнесенной матрицей СК присущ и очевидный недостаток — низкая оптическая эффективность. Это является следствием использования трех дихроичных поляризаторов, имеющих значительное собственное поглощение света. Существенно повысить светопропускание двумерного ММС с разнесенной матрицей СК позволяет конструкция, состоящая из трех последовательно установленных керамических пластин, помещенных между двумя поляризаторами. На каждой из пластин сформированы двухсторонние совмещенные системы планарных металлических электродов. Электроды первой и третьей пластин аналогичны обычным одномерным ММС. Эти системы параллельны друг другу. Конструкция же электродов на второй пластине обеспечивает в пределах апертуры каждого СК направление поля в 67,5° к направлению поля в первой и третьей пластинах. Контраст такого 67,5°-ного ММС не отличается от 90°-ной разнесенной матрицы при заметно лучшей оптической эффективности.

**Цветовосприятие и светодиодные дисплеи**

Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

С появлением на рынке сверхярких светодиодов, светодиодные дисплеи почти полностью вытеснили своих предшественников – ламповые экраны, – благодаря своей надежности, качеству изображения, высокому разрешению и меньшей потребляемой мощности. Помимо динамической рекламы, широкоформатные светодиодные дисплеи с успехом применяются для показа «живого» видеоизображения, что позволяет использовать их при проведении массовых мероприятий и праздников в городах. Кроме того они с успехом используются в качестве видеовывесок для торговых центров, банков, крупных предприятий, ресторанов и магазинов.

Известно, что восприятие цвета представляет собой весьма сложный процесс, различные аспекты которого изучаются разными науками: химией, физикой, физиологией и психологией. Цвет большинства объектов обусловлен входящими в них красящими веществами, которые поглощают энергию излучения в определенных участках видимого спектра. Окружающие нас объекты становятся видимыми благодаря энергии светового излучения, которое испускается или отражается ими и попадает в наши глаза. При этом мозг сохраняет информацию об увиденном объекте, так что в последующем человек может идентифицировать объект не только по форме, но и по цвету. Как показали исследования, цветоощущения связывают с активностью всего лишь трех независимых друг от друга типов колбочек, т.е. цветовосприятие на трехкомпонентном принципе анализе цвета является основой для разработки способов количественного выражения цвета в виде набора трёх чисел. Однако при разработке таких способов необходимо учитывать влияние вариаций освещённости и интенсивности излучения, а также роль (весьма значительная) зрительных мозговых центров и общего психофизиологического состояния наблюдателя.

Испытания 3-х различных типов RGB-светодиодных модулей на качество восприятия информации показали, что наиболее предпочтительны светодиодные модули, у которых цветность и цветопередача выше. Величина индекса цветопередачи CIE Colour Index (CRI) не является определяющим параметром при наблюдении светодиодных модулей. Показано, что светодиодные источники света с большими значениями Шкалы гамма CQS (Qg) и Шкалы предпочтения цвета CQS (QP) являются более удобными для наблюдателей.

## **Влияние теплового нагрева на работу оптоэлектронных устройств**

Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

В связи с постоянным повышением требований к качеству и надежности оптоэлектронных изделий (ОИ), непрерывным увеличением интеграции и мощности элементов, вопросы отвода тепла, моделирования и оптимизации тепловых процессов при разработке таких устройств, приобретают особую актуальность.

Как правило, многоэлементные оптоэлектронные изделия представляют собой неоднородные многослойные структуры, содержащие несколько неоднородных слоев со сложной пространственной конфигурацией. Поэтому, для решения задач теплопереноса в многослойных средах используются методы эквивалентной гомогенизации, основанные на аппроксимации неоднородной слоистой среды однородной анизотропной средой, а также аналитические и численно-аналитические методы. В последнее время, широкое распространение для расчета тепловых режимов оптоэлектронных устройств получил также метод эквивалентных тепловых схем. Основным показателем качества методов теплового режима является максимальная локальная температура в области наиболее уязвимой с точки зрения надежности (ОИ). Однако, как показывает опыт, эти методы фактически пригодны для качественных и приближенных количественных оценок и не позволяют провести детальное исследование локальных особенностей распределения температурных полей.

Для оценки влияния теплового нагрева оптоэлектронных устройств, на их рабочие характеристики и надежность всего оптоэлектронного устройства была разработана общая методика и алгоритм численного моделирования процессов теплообмена в многоэлементных оптоэлектронных устройствах. Использование аналитических методов даже для простейших тепловых моделей изотропных тел простой формы приводит к громоздким решениям в виде медленно сходящихся рядов, особенно при относительно малых размерах теплового источника. Для увеличения точности определения локальных значений температур в многослойных оптоэлектронных структурах предлагается использовать, конечно-элементный вариационный метод с использованием принципов эквивалентности. Для этого, использовался универсальный конечно-элементный программный комплекс – ANSYS. Анализ тепловых режимов линеек светоизлучающих диодов фирмы Paragon Semiconductor Lighting Technologies Co позволил оптимизировать условия и параметры их эксплуатации.

**Исследование режимов работы светодиодных модулей со встроенным контроллером**

Развин Ю.В., Кипарин А.И., Самусенко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Полупроводниковые источники (LED) в настоящее время не только являются базовыми элементами оптоэлектроники, но и активно заменяют традиционные осветительные приборы. При этом LED дают возможность простого динамичного управления фото- и колориметрическими характеристиками излучения, что расширяет функциональные возможности осветительных приборов. Наряду с анализом уровня эффективности таких источников и связанных с ними экономических выгод особое внимание уделяется вопросам качества светодиодного освещения, как с точки зрения зрительного восприятия, так и влияния на психофизиологическое состояние и общее здоровье человека.

Поэтому представляется полезным проведение сравнительного анализа основных свойств различных излучателей света (светодиодные модули, энергосберегающие лампы и лампы накаливания). В качестве светодиодных излучателей использовались образцы RGB LED со встроенным контроллером. В работе исследуются оптические и частотно-пространственные характеристики излучения используемых излучателей.

Спектральные измерения показывают существенное различие между тепловым излучением и люминесцентным световым потоком. Излучение лампы накаливания характеризуется непрерывным широким спектром. Для других типов осветителей спектры излучения имеют несколько достаточно узких максимумов, спектральное положение и интенсивность которых зависят от типа люминофора. Важным отличием светодиодных осветителей являются кинетические характеристики их свечения. Осциллографическая регистрация излучения показывает, что лампа накаливания светит непрерывно, а светодиодный осветитель испускает свет импульсами, частота следования которых определяется встроенным в схему контроллером. Такой режим обусловлен стремлением изготовителей продлить срок службы LED-осветителей и оптимизировать их тепловой режим работы. В энергосберегающих лампах возбуждение люминофора осуществляется разрядами в парах ртути, заполняющих лампу, поэтому свечение носит характер хаотичного набора вспышек. Полученные результаты могут быть полезны при создании управляемой эргономичной световой среды, а также при анализе возможных ограничений применения исследуемых источников света с позиций фотобиологической безопасности.

Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Выведены уравнения генерации четырехчастотного кольцевого газового лазера (ЧКГЛ) с произвольной величиной и типом анизотропии резонатора, с линейной связью встречных волн за счет обратного рассеяния света на неоднородностях активной среды и элементов резонатора, учитывающие также влияние продольного магнитного поля, налагаемого на среду.

В таком лазере возможно одновременное существование автоколебательных режимов генерации, возникающих вследствие двух различных физических механизмов: конкуренции нелинейной анизотропии активной среды и анизотропии резонатора, приводящей к неустойчивости поляризационных характеристик волн генерации, и линейной связи встречных волн, вызывающей неустойчивость фазовых характеристик этих волн.

В общем случае модель ЧКГЛ с поляризационной и фазовой неустойчивостями описывается системой 16 обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) первого порядка для интенсивностей, фаз, эллиптичностей и азимутов четырех бегущих волн.

Для ЧКГЛ с линейной и циркулярной фазовой анизотропией резонатора, записаны скалярные уравнения генерации. Собственными состояниями поляризации резонатора данного лазера являются эллиптически поляризованные волны, при этом однонаправленные волны, принадлежащие различным собственным значениям матрицы резонатора (модам резонатора) поляризованы ортогонально, а встречные волны, принадлежащие одинаковым модам резонатора, поляризованы неортогонально: их азимуты одинаковы, а эллиптичности противоположны по знаку.

В отсутствие рассеяния из одной резонаторной моды в другую, при условии ортогональности однонаправленных волн генерации, модель упрощается, и рассматриваемый ЧКГЛ описывается системой 10 ОДУ. Отметим, что модель ЧКГЛ с сильно анизотропным резонатором, в котором реализуется только фазовая неустойчивость, состоит из 6 уравнений [1].

#### Литература:

1. Svirina, L.P. A four-frequency anisotropic-cavity ring gas laser / L.P. Svirina // Quantum & Semiclassical Optics, JEOS, Part B. – 1998. – Vol. 10. – P. 213-222.



**Когерентность в квантовой физике**

Кужир П.Г., Морозова Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

В квантовой физике когерентность трактуется в более широком смысле, чем при рассмотрении волновых явлений. Когерентность понимаем как согласованность внутренних процессов, когда в системе возникает упорядоченность или самоорганизация. Цель изучения лазера: выявление общих методов и закономерностей, приводящих к возникновению когерентного излучения.

Обычные источники света создают некогерентное излучение. Для получения когерентного излучения среда должна находиться в сильно неравновесном состоянии, для которого характерна высокая степень упорядоченности атомных, молекулярных избирательно возбуждаемых состояний. При достижении определенных условий накачки в среде лавинообразно нарастает вынужденное излучение.

Неравновесность состояний может быть описана с использованием синергетического подхода. Для этих процессов характерно образование высокоупорядоченных структур из хаоса. Однако такая упорядоченность возможна при наличии внешнего воздействия на систему.

Малая накачка, при которой спонтанное излучение преобладает над вынужденным, не выводит систему из равновесия и лазер работает как обычная лампа, излучая некогерентное излучение. При увеличении интенсивности накачки система становится открытой и выходит из состояния равновесия. Излучение системы становится направленным. Это состояние в синергетике характеризуется как бифуркация. При критической накачке система без вмешательства извне становится упорядоченной, идет стабильное лавинное нарастание когерентного излучения. Такой процесс можно определить как самоорганизацию. Поэтому теперь когерентность следует трактовать как макроскопический порядок, возникающий благодаря самоорганизации. Например, в газовом лазере коллектив хаотически движущихся атомов в результате накачки демонстрирует согласованное поведение. На смену хаосу приходит порядок. В равновесном состоянии такой порядок возникнуть не может. Поэтому основным условием возникновения когерентности должна быть открытость системы и ее неравновесность. Кроме этого в системе должна присутствовать положительная обратная связь.

Таким образом, на примере работы лазера студенты знакомятся с совершенно другим представлением о когерентности, которое значительно расширяет представления, сложившиеся при изучении волновых явлений.

## Принципы проектирования минироторов

Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время минироторы применяются во многих областях науки, космической техники, радиотехники и приборостроения. Актуальной является задача повышения частоты вращения ротора при одновременном снижении уровня вибраций, вызываемых дисбалансом вращающейся массы. Важнейшей деталью минироторов является опорный подшипник. Традиционные шариковые подшипники качения могут быть использованы при частотах вращения до 6000 об/мин. При частотах более 6000 об/мин рекомендуется использовать гидродинамические подшипники, позволяющие значительно снизить уровень вибраций. В качестве смазки в таких подшипниках используется магнитная жидкость – коллоидный раствор магнитных наночастиц, размеры которых на 3-4 порядка меньше зазоров подшипника. Эти частицы не абразивны, не оседают под действием силы тяжести и не агрегируются под действием магнитного поля. Внешнее магнитное поле управляет поведением магнитной жидкости, удерживая ее в рабочем зазоре.

Геометрические размеры подшипника (зазор, параметры канавок) определяются исходя из расчетов статических (радиальная нагрузка, момент сил трения) и динамических (собственные частоты и неустойчивый режим биений) характеристик миниротора. Рассчитывается зависимость внешней радиальной силы от эксцентриситета подшипника при различных зазорах и для различной геометрии канавок в условиях внешней стационарной нагрузки. Для этого уравнения Рейнольдса для распределения давления в смазочном слое численно решается методом конечных элементов. Расчет компонент внешней радиальной силы определяется путем интегрирования распределения давления по площади поверхности вала, а момент сил трения – интегрированием вязких касательных напряжений. Также рассчитываются величины радиального биения вала, собственных частот подшипника и критической частоты наступления неустойчивых биений вала при различных зазорах и для различной геометрии канавок. С использованием данной методики был спроектирован миниротор (размером  $\varnothing 54 \times 50$  мм, вращающийся с частотой до 15000 об/мин) с гидродинамическим подшипником, выдерживающим статическую нагрузку до 5 Н, с максимальным радиальным биением 10 мкм при резонансной частоте вращения 9000 об/мин.

## Оптические свойства материалов на основе системы ZnO-MgO-TiO<sub>2</sub>

Савчук Г.К.<sup>1</sup>, Летко А.К.<sup>2</sup>, Юркевич Н.П.<sup>1</sup>, Алексеенко А.И.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси  
по материаловедению»

Диэлектрические свойства керамических материалов системы ZnO-MgO-TiO<sub>2</sub> обеспечивают перспективность их использования в различных устройствах микроволновой техники, в том числе и в качестве керамических элементов активных GPS-ГЛОНАСС антенн.

В данной работе оптические свойства изучались на образцах ZnO-MgO-TiO<sub>2</sub> двух типов: нелегированных (рис., кривая 1) и легированных ионами Bi (рис., кривая 2), которые получены по двухстадийной керамической технологии [1]. Оксид висмута в керамики (1 масс.%) вводился на стадии спекания. Измерения действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) в зависимости от частоты, проведенные с помощью

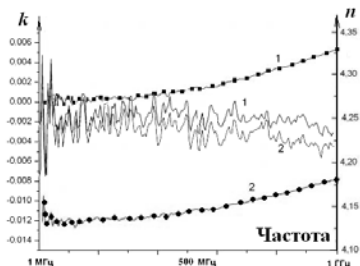


Рис. Частотные зависимости  
коэффициентов поглощения  $k$  и  
преломления  $n$

анализатора Agilent E4991, показали для изучаемых керамик дисперсию  $\epsilon$ . В случае дисперсии  $\epsilon$  выполняются дисперсионные соотношения Крамерса–Кронига, по которым были вычислены частотные зависимости показателя поглощения  $k = f(\nu)$  (на рис. – *плотные линии*) и показателя преломления  $n = f(\nu)$  (на рис. – *линии маркерами*). В результате исследований установлено, что для

всех изучаемых образцов в диапазоне частот 1МГц-1ГГц скорость электромагнитных волн уменьшается, что свидетельствует об оптическом типе поляризации диэлектриков в данном частотном интервале, обусловленной упругим смещением электронов (в основном валентных) относительно ядер. При этом в легированных Bi образцах значение скорости распространения волн выше, чем в нелегированных керамиках.

### Литература:

1. Савчук, Г.К. Получение и диэлектрические свойства керамических материалов на основе системы ZnO-MgO-TiO<sub>2</sub>/ Г.К. Савчук, А.Л. Карпей, А.К. Летко // Перспективные материалы. – 2014. – № 1. – С. 19–25.

## Получение и физические свойства керамик состава $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{(1-x)}\text{Sn}_x\text{TiO}_3$

Савчук Г.К.<sup>1</sup>, Летко А.К.<sup>2</sup>, Юркевич Н.П.<sup>1</sup>, Гросс Д.Ю.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси  
по материаловедению»

В настоящее время введены ограничения на использование пьезокерамических материалов, содержащих свинец. Наиболее вероятной альтернативой свинецсодержащим пьезоэлектрическим материалам являются керамические материалы на основе  $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  [1].

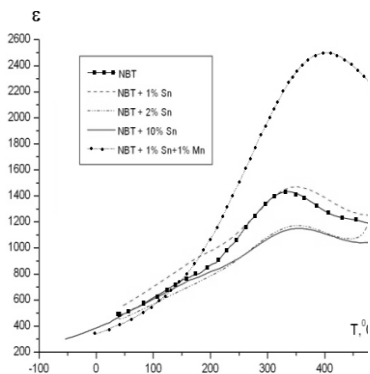


Рис. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости

Целью данной работы являлось изучение особенностей условий получения и физических свойств бессвинцовых пьезоэлектрических керамических материалов состава  $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{(1-x)}\text{Sn}_x\text{TiO}_3$ .

Для получения материалов  $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{(1-x)}\text{Sn}_x\text{TiO}_3$  с пьезопараметрами близкими к параметрам свинецсодержащих пьезокерамик использовался метод легирования. Оптимальные температуры спекания керамик, определенные по

результатам рентгенофазового и микроструктурного анализов, составили: 1180°C при  $x=0-0.01$ ; 1200°C при  $x=0.02; 0.1$ . Изучение микроструктуры образцов с различным содержанием ионов  $\text{Sn}^{+2}$  показало, что при увеличении содержания олова наблюдается рост зерен и увеличение плотности керамик. Установлено, что наличие ионов  $\text{Sn}^{+2}$  улучшает также (рис.) диэлектрические свойства керамик  $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{(1-x)}\text{Sn}_x\text{TiO}_3$ , при этом наиболее высокие значения диэлектрических и пьезоэлектрических параметров ( $\epsilon_{\text{при } T=20^\circ\text{C}}=550$ ,  $\text{tg}\delta=0.03$ ,  $d_{31}=(37-40)\cdot 10^{-12}$  Кл/Н,  $k_p=0.58$ ) имеют керамические материалы состава  $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{0.99}\text{Sn}_{0.01}\text{TiO}_3$ .

### Литература:

1. Акимов, А.И. Получение и физические свойства пьезокерамики на основе твердых растворов  $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{(1-x)}\text{A}_x\text{TiO}_3$ , (A=Cd, Sr) / А.И. Акимов, Г.К. Савчук, А.К. Летко // Неорганические материалы. – 2011. – №11. – С. 1346–1351.

**О проблеме готовности студентов к научно-исследовательской работе**Ветохин С.С.<sup>1</sup>, Климович И.А.<sup>2</sup>, Градович А.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет,<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Согласно современным представлениям, инженер – специалист, который обеспечивает создание, преобразование или поддержание в работоспособном состоянии технических, технологических и прочих систем с заданными параметрами функционирования. В то же время инженер является носителем научно-технического прогресса, способным преобразовывать идеи и законы в конкретные конструктивно-технологические решения. Для этого современному специалисту необходимо владеть навыками анализа, сравнения, обобщения и других методов, характерных для научного познания.

Как неоднократно отмечалось, современные студенты обладают крайне низким уровнем научного творчества. Формирование навыков научного творчества, готовности студентов к этому является актуальной задачей высшей школы. Сущность понятия «готовность студентов к научно-исследовательской деятельности» требует обобщения различных точек зрения на это понятие на основе философского и психолого-педагогического подхода и на основе представлений о логике и этапах научного исследования. Одним из основных элементов формирования готовности студентов к научно-исследовательской деятельности является создание информационно-предметной среды.

Информационно-предметная среда – это совокупность условий, необходимых для организации самостоятельной, информационно-поисковой, научно-исследовательской работы студентов по формированию у них определённых знаний и умений в выделенной предметной области в процессе решения профессионально-ориентированных задач. По мнению Кругликова В.Н., основными принципами для активизации деятельности студентов следует считать профессиональный интерес и самостоятельное взаимодействие обучающихся с учебной и научной информацией. Эти принципы можно положить в основу создания информационно-предметной среды. Рассматривая среду как окружение, совокупность условий, в которых проходит процесс подготовки будущих специалистов, можно выделить следующие условия формирования информационно-предметной среды: педагогические (методы, средства обучения, учебно-методические материалы); информационно-коммуникативные (библиотеки, ресурсы сети Internet, СМИ, непосредственное общение и т.д.).

**Когерентность на занятиях физического практикума в техническом вузе**

Есман А.К., Климович И.А., Потачиц В.А.

Белорусский национальный технический университет

У некогерентного света излучаемые атомами цуги волн не находятся между собой ни в пространственном, ни во временном соотношении. Например, некогерентная флюоресценция рубина с длиной волны 0,694 мкм имеет спектральную ширину  $\sim 3 \cdot 10^{11}$  Гц, а длину когерентности  $\sim 1$  мм. Если излучаемые цуги одной длины волны скоррелировать во времени, то можно получить полностью монохроматический, когерентный свет. Если скоррелировать хаотичные волновые цуги в пространстве, то получаем направленный пучок света. Чем более направленный пучок хотим получить, тем ближе к точечному должен быть источник света. Для точечного источника фронт волны является волновой поверхностью, а на ней амплитуда и фаза одинаковы. Длина когерентности для света, излучаемого, например, звездой  $\alpha$  Ориона с угловым размером 0,047", составляет около 6м. Области полной когерентности света для протяженных источников не существует, если не свести ее к точке. Однако, если смягчить требования и допустить неполную когерентность (контрастность интерференционной картинки в этом случае уменьшится), то любой протяженный источник создает на удаленном экране небольшую область когерентности. Она тем больше, чем меньше угол, под которым из данной точки экрана виден источник света. Лучи света, исходящие из области когерентности, когерентны и интерferируют. В этом случае волновые цуги, накладываясь друг на друга, дают колебания, приближающиеся по средней частоте к синусоидальным. Их амплитуда и фаза подвергаются флуктуациям относительно среднего значения их колебаний (биения). Если геометрическая разность хода от точек  $P_1$  и  $P_2$  области когерентности до источника света меньше длины когерентности, то возникающие флуктуации будут скоррелированы, а точки будут излучать когерентный свет. Согласно исследованиям ван Ситтерта-Цернике, абсолютная величина степени когерентности, характеризующая корреляцией колебаний в точке  $P_1$  с колебаниями в точке  $P_2$  на плоскости, освещенной светом от протяженного источника, равна отношению амплитуд в этих точках дифракционной картины Фраунгофера, центр которой находится в точке  $P_2$  и которая возникла вследствие отклонения параллельных лучей света на апертуре, идентичной контуру источника света. В лазере акты эмиссии скоррелированы во времени и в пространстве, хотя и не идеально.

## Исследование перехода фредерикса в пространственно-интегрированных модулирующих жидкокристаллических структурах

Есман А. К., Развин Ю.В., Потаичи В.А.

Белорусский национальный технический университет

Представляет интерес рассмотреть переход Фредерикса для пикселей дисплея на жидких кристаллах (ЖК), имеющих начальные отклонения молекул кристалла от планарного распределения. Начальные отклонения связаны с контактом ЖК-молекул с системой электродов дисплея, выступающих над поверхностью подложки. Процесс переориентации ЖК-молекул в электрическом поле рассматривался нами исходя из уравнения Франка для плотности свободной энергии слоя кристалла в одноконстантном приближении, после минимизации которого было получено уравнение

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial z^2} + \frac{\Delta \epsilon E^2}{4\pi k} \Theta = 0,$$

где  $\Theta$  – угол отклонения молекул ЖК от планарного распределения под действием электрического поля  $E$ ,  $\Delta \epsilon$  – диэлектрическая анизотропия ЖК,  $k$  – постоянная Франка. Ось  $OZ$  направлена по толщине слоя,  $OX$  – вдоль электродов дисплея, исходная ориентация молекул ЖК вдоль оси  $OY$ .

Решения полученного уравнения для различных граничных условий представлялись в виде ряда, производился их численный расчет, который сравнивался с экспериментальными данными. В результате расчета получено, что ЖК-пиксель включается неоднородно по апертуре.

Возникающие неоднородности представляют собой стенку в слое ЖК. На рис. 1 представлены микрофотографии включенных ЖК-пикселей ( $100 \times 100$  мкм) дисплея при различной амплитуде управляющих электрических импульсов для твистовой структуры. Проведенные в работе исследования позволили определить условия, выполнение которых позволяло добиться однородного включения пикселей дисплея и, тем самым, значительно снизить возникающие при этом шумы.



Рис. Неоднородное включение пикселей дисплея

**Скорость передачи информации волоконно-оптической системы  
одноквантовой связи**

Гулаков И.Р., Зеневич А.О., Тимофеев А.М.  
Белорусский национальный технический университет

В последние годы развитие получили квантовые криптографические системы связи, обеспечивающие абсолютную скрытность передаваемой информации за счет ее кодирования состояниями фотонов, в том числе с различной поляризацией. Для создания таких систем используют источники одиночных фотонов и высокочувствительные приемные модули со счетчиками фотонов. При оценке скорости передачи информации (СПИ) квантовых систем следует, кроме параметров источника излучения и счетчика фотонов, учитывать характеристики физической среды передачи информации. В качестве среды используют оптическое волокно. Исследование влияния на СПИ вероятностей деполяризации и поглощения передаваемых фотонов в оптическом волокне и характеристик счетчиков фотонов не проводилось; такое исследование является целью данной работы.

В качестве объектов исследований использовалось промышленное оптическое волокно PANDA и счетчики фотонов с различным типом мертвого времени и с различным вкладом после импульсов. По методике, описанной в [1], построена математическая модель дискретного двоичного однородного канала связи без памяти и со стиранием, в котором данные передаются с помощью отдельных фотонов с различной поляризацией, и получено выражение для расчета СПИ оптического волокна, учитывающее вероятности деполяризации и поглощения излучения. Получены зависимости СПИ оптического волокна от его длины  $l$  для  $\lambda_1 = 0,83$  мкм и  $\lambda_2 = 1,55$  мкм. Установлено, что с увеличением длины волокна СПИ уменьшается для исследуемых длин волн. Это обусловлено тем, что с ростом длины волокна вероятность того, что фотон оптического излучения либо деполяризуется, либо поглотится в оптическом волокне, увеличивается. В результате чего с увеличением  $l$  волокна возрастают вероятности ошибки при передаче информации и условная энтропия, что приводит к уменьшению СПИ. Получено, что при  $l = 0,1 \cdot 10^3$  м расчет СПИ оптического волокна можно выполнять без учета вероятности деполяризации передаваемых фотонов оптического излучения.

Литература:

1. Клюев, Л.Л. Теория электрической связи: учебник / Л.Л. Клюев. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 423 с.



## Применение автордиографии для исследования экзоэлектронной эмиссии с поверхности металла

Петренко С.И., Попко С.В., Волосевич И.А.

Белорусский национальный технический университет

Ценность эмиссионных характеристик в том, что они несут в себе информацию о структурных изменениях в поверхностном слое металла в виде электрического сигнала непосредственно в процессе деформации. Используя метод фиксирования экзоэлектронной эмиссии (метод автордиографии), можно получить общую картину распределения дефектов на поверхности образца. Исследование экзоэмиссии в процессе ультразвукового облучения представляет интерес в связи с тем, что оно дает возможность сразу выяснить, какие участки озвучиваемого образца являются наиболее активными излучателями электронов. На рис. 1 представлена схема устройства по регистрации экзоэмиссии с поверхности образца. Для количественной оценки засветки эмульсии фотопластинки применялось фотометрирование негативов на микрофотометре. Опыты по

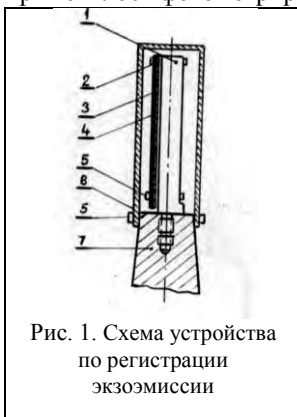


Рис. 1. Схема устройства по регистрации экзоэмиссии

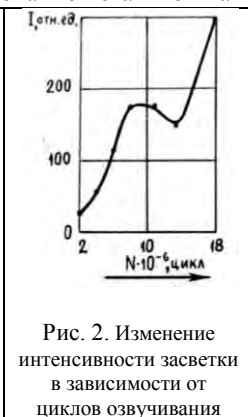


Рис. 2. Изменение интенсивности засветки в зависимости от циклов озвучивания

экзоэмиссии показали, что низкотемпературное излучение электронов с поверхности алюминиевых образцов неоднородно и наблюдается только в зоне максимальных циклических напряжений. Циклическое нагружение приводит в поверхностном слое образца к структурным нарушениям (вакансии, дислокации), что

приводит к увеличению количества активных центров эмиссии. Вблизи дефектов уровень Ферми электронов повышается, что обуславливает образование активных центров с пониженной работой выхода, которые способны эмитировать электроны при комнатной температуре. В состоянии предразрушения (после  $13 \cdot 10^6$  циклов) наблюдается резкий скачок экзоэмиссии (рис.2). Такой скачок может быть обусловлен тем, что появляется большое количество микротрещин, вновь образованные поверхности которых в местах скопления дефектов содержат большое количество активных центров эмиссии.

## Применение контактно-динамического метода для определения механических характеристик озвученных материалов

Петренко С.И., Попко С.В., Давыдова М.Ю.  
Белорусский национальный технический университет

С целью эффективного усвоения студентами элементов физики конденсированных сред мы предлагаем лабораторную работу по определению твердости образцов контактно-динамическим методом. Метод основан на нанесении удара индентором по изделию, регистрации процесса взаимодействия изделия с бойком и последующей обработке полученных данных по специально разработанным алгоритмам. Опыты проводятся на образцах, изготовленных из поликристаллического алюминия, которые подвергаются воздействию интенсивного ультразвука. Экспериментальное определение твердости производится с помощью прибора «Твердомер портативный цифровой ТПЦ-4».

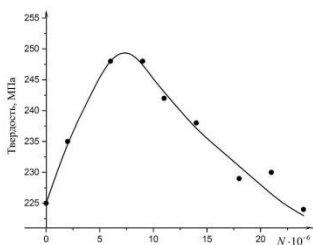


Рис. 1. Зависимость твердости образцов при  $\sigma = 20 \text{ МН/м}^2$  от числа циклов озвучивания

В результате исследований будет определена зависимость (рис. 1) твердости образцов в зоне максимальных циклических напряжений стоячей ультразвуковой волны от числа циклов озвучивания, которая показывает, что максимальный прирост твердости имеет место после  $7 \cdot 10^6$  циклов озвучивания. Упрочнение в процессе пластической деформации определяется, главным

образом, взаимодействием дислокаций, которые приводят к таким изменениям в структуре, при которых движение дислокаций затруднено. Происходит образование сложных переплетений дислокаций, так как идет процесс генерирования дислокаций источниками Франка-Рида во вторичных плоскостях скольжения. В результате скольжение становится множественным.

После  $7 \cdot 10^6$  циклов озвучивания начинается спад твердости, который вызван подавлением процессов упрочнения. В первую очередь спаду способствует поперечное скольжение дислокаций, которое легко развивается в алюминии под действием циклических напряжений ультразвуковой частоты.

**Оптимизация предварительного контроля знаний студентов**

Бибик А.И. Журавкевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Часто объективные причины, такие как достаточно большое количество студентов в лабораторной подгруппе, не позволяют провести подробный устный опрос теоретического материала, имеющего отношение к выполняемым лабораторным работам. В этом случае может помочь тестовое программное обеспечение, предоставляющее выбор варианта ответа на каждый вопрос в течении некоторого фиксированного промежутка времени. Однако, известный фиксированный порядок правильных ответов может дать возможность студенту набрать тестовые баллы без изучения сущности материала. Решить данную проблему поможет изменение расположения вариантов ответов на вопросы случайным образом в зависимости от введенного преподавателем произвольного базового числа для компьютерного знакогенератора случайных чисел.

Блок-схема тестовой программы представлена на рисунке 1.

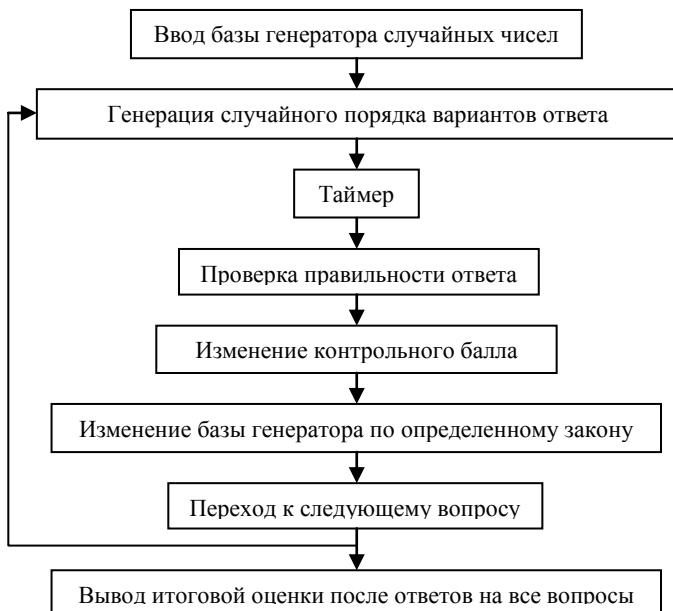


Рис.1. Блок-схема программы для компьютерного тестирования.

**О взаимосвязи лекционных и практических занятий при формировании инженерно-технического восприятия физических закономерностей у студентов начальных курсов**

Журавкевич Е.В., Бибик А.И.

Белорусский национальный технический университет

Основная цель преподавания общей физики будущим инженерам, которым предстоит работать в сфере новых технологий, это – не только ознакомление с основными идеями и методами физической науки для развития фундаментальной образовательной базы, но и направленное формирование восприятия физики как необходимого элемента для успешного усвоения технических дисциплин, соответствующих будущей специализации.

При формировании инженерно-технического восприятия физических закономерностей у студентов начальных курсов, как правило, возникает необходимость использования возрастающего объема изучаемого материала в условиях продолжающейся тенденции к уменьшению времени занятий. Тем большее значение в этих условиях может иметь методологический подход к выбору учебного материала и укрепление взаимосвязи лекций и практических занятий.

Изложение учебного материала необходимо завершать качественными и количественными задачами, отображающими законы изучаемой на лекции физической системы и применение определенных физических свойств системы в реальных технических процессах. В содержание задач целесообразно включать часть лекционного материала, например, математическое получение соотношений физических величин, что позволяет во время лекций больше внимания уделять постановке физической проблемы, анализу границ применимости физического закона к тому или иному техническому процессу, соответствующему будущей специальности.

Контроль решения задач и пояснение в основном осуществляется на практических занятиях. В целях экономии учебного времени, вопросы программы, изучение которых ограничивается уровнем понятий, а также вопросы прикладного характера целесообразно задать в форме качественных задач и поручить студентам решить их самостоятельно, пользуясь учебниками и учебными пособиями.

На практических занятиях основным критерием в постановке и выборе задачи является не только роль этой задачи в изучении свойств данной системы, процесса, явления, но и инженерно-техническое восприятие физических закономерностей в процессе решения

**Исследование биений в сопряженных системах**

Баранов А.А., Позняк В.С., Желтов Н.С., Чекризов А.В.  
Белорусский национальный технический университет

Биения представляют собой гармонические колебания с пульсирующей амплитудой. Они возникают в системе осцилляторов при сложении колебаний с близкими частотами и наблюдаются для механических, звуковых, электрических и световых колебаний. В музыке биения используют для настройки музыкальных инструментов, для изучения обертонового состава звуков и комбинационных тонов. В радиотехнике биения используют для усиления сигнала супергетеродинных радиоприемников. В медицине применяют бинауральные биения для воздействия звука на мозг человека с целью улучшения памяти, лечения некоторых болезней и т.д. В технике торцевые и радиальные биения валов станков и пил приводят к дефектам в работе. В квантовой механике в молекуле аммиака  $\text{NH}_3$  возникают биения, приводящие к электромагнитному излучению.

В лабораторном практикуме предлагается изучение биений в системе двух сопряженных (связанных упругой пружиной) маятников на установке *FRM* – 13. Установка позволяет исследовать биения в системе с малым трением и слабой связью. Экспериментально измеренный период синфазных колебаний маятников, когда оба маятника отклоняются в одну сторону на малый угол  $\varphi < 10^\circ$ , оказался равным  $T_c = 1,2349\text{с}$ . Период противофазных колебаний, когда маятники отклоняются в противоположные стороны, оказался равным  $T_n = 0,9731\text{с}$ .

Вычисление периода биений согласно теории колебаний по формуле  $T_b = (T_n^{-1} - T_c^{-1})^{-1}$  приводит к значению  $T_b = 4,590\text{с}$ .

Непосредственное измерение на установке периода биений дает  $T_b = 4,520\text{с}$ . Тогда относительная ошибка определения периода биений различными способами составляет  $\epsilon_r = \pm 1,5\%$ .

Третий способ нахождения частоты биений (а значит и периода) приводит в искомом приближении к  $\omega_b = \omega_c - \omega_n$ , с частотами

$$\omega_c = \sqrt{g/l}, \quad \omega_n = \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{2kd}{ml^2}},$$

где параметрами установки являются:  $l$  – длина маятников,  $m$  – масса грузов,  $k$  – жесткость пружины,  $d$  – расстояние от точек подвеса маятников до точек крепления пружин. При этом период биений оказывается близким к экспериментально определенному. Таким образом, на этом примере можно ознакомиться с биениями, находящими широкое применение в различных областях.

## Метод наименьших квадратов в экспериментальном исследовании законов фотометрии

Баранов А.А., Позняк В.С., Богачев М.Н.

Белорусский национальный технический университет

На оригинальной лабораторной установке, созданной на кафедре «Физика», изучаются два закона освещенности фотометрии. Согласно первому закону освещенность  $E$  площадки обратно пропорциональна квадрату расстояния  $r$  от площадки до точечного источника света, т.е.  $E = I_0 / r^2$ . Согласно второму закону освещенность  $E$  площадки пропорциональна косинусу угла падения  $\alpha$  светового потока, т.е.  $E = E_0 \cdot \cos \alpha$ . При исследовании возникает ряд погрешностей, поскольку технически трудно осуществить полную световую изоляцию. Поэтому при построении линейных графиков  $E = E(r^{-2})$  и  $E = E(\cos \alpha)$  возникает значительный разброс экспериментальных точек. Как правило, студенты проводят линию через все экспериментальные точки и вместо прямой линии получают волнистую линию. Метод наименьших квадратов позволяет минимизировать сумму квадратов отклонений экспериментальных точек от прямой линии. При изучении первого закона из эксперимента получаем  $E_i = A + Br_i^{-2}$ . Необходимо минимизировать выражение

$$U = \sum_{i=1}^n [E_i - (A + Br_i^{-2})]^2,$$

что приводит к соотношениям

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} - \frac{B \sum_{i=1}^n r_i^{-2}}{n} = \langle E \rangle - B \langle r_i^{-2} \rangle,$$

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n E_i r_i^{-2} - \sum_{i=1}^n r_i^{-2} \sum_{i=1}^n E_i}{n \sum_{i=1}^n r_i^{-4} - \left( \sum_{i=1}^n r_i^{-2} \right)^2}.$$

При изучении второго закона фотометрии имеем  $E_i = D + C(\cos \alpha)_i$ ,

$$C = \frac{n \sum_{i=1}^n (\cos \alpha)_i E_i - \sum_{i=1}^n (\cos \alpha)_i \sum_{i=1}^n E_i}{n \sum_{i=1}^n (\cos \alpha)_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n (\cos \alpha)_i \right)^2}, \quad D = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} - \frac{B \sum_{i=1}^n r_i^{-2}}{n} = \langle E \rangle - B \langle r_i^{-2} \rangle.$$

Постоянные  $A$  и  $D$  возникают из-за смещения нуля-пункта при измерениях освещенности люксметром.

## Алгоритм расчета энергетического спектра связанных ангармонических осцилляторов

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрен наиболее общий случай взаимодействующих квантовых ангармонических осцилляторов с гамильтонианом

$$H = \frac{1}{2} p_x^2 + \frac{1}{2} p_y^2 + \frac{1}{2} (x^2 + \Omega^2 y^2) + \lambda xy + Ax^4 + By^4 + Cx^2 y^2$$

Здесь  $A, B, C$  – безразмерные параметры ( $A, B > 0; C > 2\sqrt{AB}$ ), причем для общности рассмотрения введено не только квадратичное взаимодействие между осцилляторами, но и линейное, которое существенно при моделировании некоторых видов молекулярных или решеточных потенциалов.

Построение энергетического спектра системы проведено с помощью операторного метода решения уравнения Шредингера. Вначале осуществлен переход к представлению вторичного квантования, далее в полном гамильтониане выделена часть  $H_0$ , коммутирующая с операторами числа частиц.

Полученные промежуточные собственные значения оператора  $H_0$  фактически играют только промежуточную роль и ведут к соответствующему нулевому приближению.

Подчеркнем: в случае идентичных осцилляторов ( $A=B, \Omega=1$ ) у гамильтониана появляется дополнительный интеграл движения, обусловленный перестановочной симметрией. В соответствии с общими правилами операторного метода точные интегралы движения должны быть учтены уже в нулевом приближении для того, чтобы корректно описать условия вырождения энергетического спектра.

Частично это вырождение снимается преобразованием вращения координат. Это приводит к появлению несимметричного относительно перестановки  $N \leftrightarrow M$  слагаемого. Однако, он пропорционален параметру  $\lambda$  линейной связи и в случае важного частного случая только четных степеней операторов координат осцилляторов указанное вырождение остается. Тогда необходимо составить «правильную линейную комбинацию» вырожденных волновых функций нулевого приближения. Этот подход приводит к получению равномерно пригодного приближения в нулевом порядке операторного метода для энергии взаимодействующих осцилляторов, совпадающего в предельных случаях с известными результатами.

**Рассмотрение задач по основам квантовой механики на практических занятиях со студентами**

Иванов А.А., Круглена М.Н.

Белорусский национальный технический университет

Квантовомеханические представления являются основой современной физики. Представление о явлениях, происходящих в микромире, важно для понимания физической картины мира.

Практические занятия по основам квантовой механики со студентами-строителями начинают с рассмотрения эффектов квантовой оптики: теплового излучения, внешнего фотоэффекта, эффекта Комптона, давления света. Важным моментом является решение задач, позволяющих оценить некоторые известные студентам данные с точки зрения квантовой теории. Например, с помощью законов теплового излучения полезно оценить среднюю температуру Земли, время остывания стакана с чаем, отличие скоростей остывания жидкости в темном и светлом сосудах.

Изучение теории водородоподобного атома позволяет осознать необходимость квантования физических величин, дискретность принимаемых ими значений и невозможность существования состояний атома, в которых энергия или момент импульса не принимают строго определенных значений.

Следующим этапом является рассмотрение корпускулярно-волнового дуализма свойств света и материи. Представление о волнах вероятности де Бройля играет важнейшую роль в понимании вероятностной концепции современной теории микромира в противоположность детерминизму классической ньютоновской механики.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга позволяет студентам понять следующее отличие макромира от микромира: вероятностный характер измерений в квантовой физике и влияние измерения на состояние системы. Важным результатом является представление о принципиальной несовместности одновременного точного измерения ряда физических несомкнутых величин, например, координаты и импульса.

Численные расчеты на базе стационарного уравнения Шредингера позволяют получить значения энергии стационарных состояний частицы в потенциальной яме с бесконечными стенками, вероятности прохождения частицы через потенциальный барьер, найти волновые функции данных физических систем. В завершение темы полезно обсудить квантовомеханическую теорию атома водорода, пояснить влияние дополнительных степеней свободы (момента импульса, спина) на описание состояния электрона в атоме водорода.



**О результатах экспериментов Майкельсона-Морли**

Петренко А.М.

Белорусский национальный технический университет

Общеизвестно, что эксперименты Майкельсона-Морли не обнаружили движения Земли относительно гипотетической мировой среды – эфира. Вместе с тем, по не вполне понятным причинам по сей день остается вне рассмотрения конструктивная часть результатов этих экспериментов. По-видимому, это одна из причин многих недоразумений, непонимания, и даже неприятия всей релятивистской физики многими в наше время.

Конструктивное значение этих экспериментов заключается в том, что они открыли новый тип абсолютного движения физических объектов вдобавок к известным типам (поступательное ускоренное и вращательное). Ими установлено абсолютное поступательное инерциальное движение в вакууме такого материального объекта, как свет или электромагнитное излучение.

Имманентное свойство абсолютного движения любого типа состоит в том, что оно не переходит в состояние покоя во всех инерциальных системах отсчета в масштабе всей Вселенной. Поскольку свет есть абсолютное движение электромагнитного поля, не надуманной, а естественной является независимость его скорости, как от скорости источника, так и от скорости приемника. Поэтому свет, излученный далекой галактикой, и свет, полученный в лаборатории, характеризуется одинаковыми свойствами, в том числе и одинаковой скоростью распространения в вакууме. Этим обусловлена возможность гиперспектральных исследований далеких космических объектов.

Абсолютность движения свободного электромагнитного поля является веским основанием гипотезы о том, что космологическое красное смещение обусловлено эффектом Доплера, вызванным разбеганием галактик, но не старением фотонов. Абсолютно движущийся свет не стареет.

В состоянии такого абсолютного движения пребывает не только свет, но и другие свободные безмассовые поля неэлектромагнитной природы. Это означает, что в основе Мира лежит вовсе не состояние абсолютного покоя, как это представлялось физикам 19-го века, а напротив, состояние абсолютного движения. Данный факт не получил осмысления в физике.

Этот новый тип абсолютного движения, имманентный релятивистской физике – физике Эйнштейна-Максвелла – знаменует ее глубокое качественное отличие от классической физики – физики Ньютона-Галилея, в рамках которой движение света не является абсолютным.

## **О физическом значении преобразований Лоренца**

Петренко А.М.

Белорусский национальный технический университет

В своих работах А. Пуанкаре указывал, что использование преобразований Галилея либо Лоренца – это вопрос удобства и соглашения. Преобразования Лоренца при малых скоростях по сравнению со скоростью света переходят в преобразования Галилея. И, казалось бы, между классической и релятивистской физикой чисто количественные различия. Однако здесь как раз тот случай, когда количественные различия приводят к различиям качественным.

Экспериментами Майкельсона-Морли вдобавок к известным из классической механики типам абсолютного движения (ускоренным поступательным и вращательным) обнаружен новый тип абсолютного движения. Это абсолютное поступательное инерциальное движение (АПИИД) в вакууме такого материального объекта, как свет или электромагнитное излучение, которое не может быть исключено выбором какой бы то ни было инерциальной системы отсчета (ИСО).

АПИИД имманентно релятивистской физике и знаменует ее глубокое качественное отличие от классической физики, в рамках которой движение света не является абсолютным. Кроме того, если при малых скоростях относительного движения можно пренебречь изменениями длины и длительности, то абсолютное движение остается таковым при любых скоростях.

Выведенные в рамках электродинамики Максвелла, преобразования Лоренца получили общефизическое значение. В рамках релятивистской физики они связывают значения физических величин в различных ИСО. Их физическое значение заключается также в том, что они имманентно учитывают наличие АПИИД, скорость которого фундаментальна и предельна для всякого движения как относительного, так и абсолютного.

Учет АПИИД обнаруживает новые неклассические проявления известных типов абсолютного движения. Так, например, вращательное движение из-за лоренцева сокращения длины вращающейся в собственной плоскости вокруг центра окружности вызывает уменьшение экваториального сечения, а также искажение меридионального сечения тела, совершающего такое движение, и появление сил, противодействующих центробежным силам. Вопрос о том, оказывают ли в свою очередь вращательное и ускоренное поступательное движения влияние на проявления АПИИД, является предметом будущих экспериментов.

## Новый эксперимент по электромагнитной индукции

Кириленко А.И., Буйко Р.В.

Минский государственный высший авиационный колледж

Доступность новых компактных магнитов с индукцией порядка 1 Тл делает возможным демонстрацию новых электромагнитных эффектов. Наиболее зрелищным является падение магнита в проводящей трубке. В Интернете предостаточно материалов, в том числе и видео, по этой теме. В одних публикациях утверждается необходимость в вакуумировании трубки, в других – необходимость иметь трубку из материала с максимально возможной проводимостью и с максимально толстыми стенками.

Цель нашей работы – экспериментально в простейших условиях изучить явление. Нами выбраны два вида магнитов – шаровой, Ø 5 мм и цилиндрический Ø 5 мм и длиной 5 мм. Кроме того, были изготовлены немагнитные тела из дюрала, стали, дерева и др. материалов с теми же формами и размерами, что и магниты. Нами также использовались две трубки, имеющие одинаковую толщину стенок одна из электролитической меди, другая из латуни. Особое внимание уделялось установке. Прежде всего, трубки должны выставляться строго вертикально, а поддерживающие и юстировочные элементы должны изготавливаться из немагнитных материалов, в том числе и отвес.

При длине медной трубки 1940 мм время падения тела в вакууме должно составлять 0,62 с, а при длине латунной трубки 1660 мм – 0,58 с. Время падения магнитов составляло соответственно для шара 11,21 с, для цилиндра – 15,87 с в медной трубке. В латунной трубке время падения магнитов примерно втрое меньше, что объяснимо вчетверо большим удельным сопротивлением латуни.

Из результатов эксперимента можно сделать следующие выводы:

- цилиндры тормозятся сильнее шаров, сказывается аэродинамическое сопротивление;
- во всех экспериментах слышно «чирканье» тел о стенки трубок; следовательно, трением скольжения пренебречь нельзя;
- магниты тормозятся значительно сильнее, чем другие тела, т.е. сказывается электромагнитное торможение;
- торможение в медной трубке сильнее, чем в латунной; это связано с большей электропроводностью меди;
- легкие немагнитные тела падают быстрее, чем тяжелые, следовательно, аэродинамические силы сопротивления и силы трения скольжения играют существенную роль.

УДК 531.661

## **Установка с регулируемым трением для изучения явления соударения тел и движений маятника Фруда**

Кириленко А.И., Бобрович Н.С., Соловьев А.И.

Минский государственный высший авиационный колледж

Совмещение функций приборов и установок весьма актуально в настоящее время. Экономически выгодно иметь одну перестраиваемую установку и использовать ее в лабораторном практикуме даже по нескольким дисциплинам. В любой установке можно выделить ключевой узел, который должен быть выполнен с высоким качеством.

Нами рассмотрены пути расширения функциональных возможностей маятника Фруда. Маятник Фруда прост в изготовлении, но трудоемок в настройках. Критическим узлом является узел трения кольцевой муфты о вращающуюся ось. Дело сводится к регулировке момента сил трения в этой паре. Для решения задачи нами использован микрометрический винт.

Установка содержит следующие элементы: платформа со стойками на которых укреплена ось с помощью фиксирующих колец; платформа установлена на четырех регулируемых по высоте винтах, что позволяет поднимать ее над поверхностью стола. По центру платформы установлен юстировочный столик для размещения шаров, по которым производится удар. На оси с помощью фиксирующих колец крепится подвижная кольцевая муфта, к которой сверху крепится микрометрический винт, а снизу – стержень с цилиндрической муфтой, которая имеет возможность перемещаться вдоль стержня для подбора момента инерции. Ось приводится во вращение от руки диском с рукояткой. Предусмотрена возможность съема этого диска и привод вала от двигателя с регулировкой оборотов. К одной из стоек крепится шкала с угловыми делениями. Стержень с цилиндрической муфтой может заменяться тяжелым стержнем при изучении соударений. В результате мы получили возможность:

- наблюдать и измерять смещение положения равновесия маятника при малых оборотах вращения вала;
- менять момент инерции маятника в широких пределах путем перемещения цилиндрической муфты по стержню;
- изучать явление соударения тел (стержня и шара) в частично упругом и абсолютно неупругом ударе; в этом режиме установка работает в режиме баллистического маятника при жесткой фиксации оси и кольцевой муфты;
- использовать прибор в качестве простого физического маятника с переменным моментом инерции.

Маятник Фруда также позволяет проверять законы сохранения при ударах.

**Фотофизические и спектральные параметры металлокомплексов порфиразинов**Старухин А.С.<sup>1,2</sup>, Кнюкшто В.Н.<sup>2</sup>, Бельков М.В.<sup>2</sup>, Павич Т.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,<sup>2</sup>Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси

Фотостабильность и воспроизводимость оптических параметров дендримерных соединений с порфириновым ядром является одной из важнейших характеристик при их практическом использовании. Наиболее перспективными соединениями для реализации дендримерных систем представляются порфиразины с заместителями в  $\beta$ -положениях пиррольных колец

Целью работы является систематическое исследование спектрально-люминесцентных и фотофизических параметров для Mg-тетраазапорфирина (Mg-TAP), Mg-2,3,7,8,12,13,17,18-октафенилтетраазапорфирин (Mg-ОПТАР), а также аналогичных соединений Zn-ОПТАР и Zn-ОПТАР(Br) в 2-метил-тетрагидрофуране при 293 и 77 К.

Наличие фенильных групп в  $\beta$ -положениях пиррольных колец приводит к существенному батохромному сдвигу (порядка 50 нм) полос поглощения и флуоресценции по сравнению со спектрами Mg-TAP. Квантовый выход флуоресценции Mg-TAP при 293 К составляет 55 %, для Mg-ОПТАР – 30 %, для Zn-ОПТАР – 14 % и 8 % для Zn-ОПТАР(Br). При этом время жизни возбужденного  $S_1$ -состояния изменяется от 4,5 наносекунд (нс) для Mg-TAP, до 2,6 нс – Mg-ОПТАР, 1,1 нс - Zn-ОПТАР, 0,7 нс для Zn-ОПТАР(Br).

При 77 К квантовые выходы флуоресценции существенно возрастают и составляют: для Mg-TAP – 90 %, для Mg-ОПТАР – 52 %, для Zn-ОПТАР – 22 % и 9 % для Zn-ОПТАР(Br). Практически синхронно возрастает время жизни  $S_1$ -состояния: 7,7 нс для Mg-TAP, 4,7 нс – Mg-ОПТАР, 1,6 нс – Zn-ОПТАР, 0,8 нс для Zn-ОПТАР(Br).

Впервые зарегистрированы спектры фосфоресценции для всех исследованных соединений при 77 К. Положение 0-0 перехода в спектре фосфоресценции Mg-TAP имеет значение  $\lambda_{0,0}=904$  нм, для Mg-ОПТАР – 935 нм, Zn-ОПТАР – 927 нм и для Zn-ОПТАР(Br) – 929 нм. Квантовые выходы фосфоресценции имеют низкие значения: Mg-TAP – 0,014 %, Mg-ОПТАР – 0,016 %, Zn-ОПТАР – 0,039 %, 0,05,6 % для Zn-ОПТАР(Br). Уменьшение квантового выхода флуоресценции, возрастание квантового выхода фосфоресценции и сокращение времени жизни  $T_1$ -состояния в ряду Mg-TAP - Zn-ОПТАР(Br) объясняется эффектом внутреннего тяжелого атома за счет атомов Zn и Br.

**Спектральные характеристики дендримеров первой и второй генерации с порфириновым ядром**Старухин А.С.<sup>1,2</sup>, Кнюкшто В.Н.<sup>2</sup>, Бельков М.В.<sup>2</sup>, Павич Т.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,<sup>2</sup>Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси

Создание новых дендримерных супрамолекулярных соединений с тетрапиррольным ядром и дендримерными оболочками различного строения актуально как с точки зрения развития методов органического синтеза, так и для создания искусственных светособирающих систем. При этом необходимо исследование физико-химических характеристик и установление закономерностей трансформации энергии электронного возбуждения, процессов молекулярного распознавания, трансдукции информационного сигнала и формирования оптического аналитического сигнала.

При селективном лазерном возбуждении и 4,2 К зарегистрированы тонкоструктурные спектры флуоресценции для дендримеров с карбозольными группами в *мезо*-положениях пиррольных колец. Тонкоструктурные спектры для дендримеров 1<sup>ой</sup> генерации с центральным ионом Zn(II) – дендример **A (ZnDa)**, дендример **B (ZnDb)**, дендример **C (ZnDc)**, а также для дендримеров 2<sup>ой</sup> генерации – дендример **D (ZnDd)**, дендример **E (ZnDe)** и дендример **F (ZnDf)** были зарегистрированы в толуоле. Изучено влияние перефирийных заместителей на частоты и интенсивности вибронных переходов в тонкоструктурных спектрах указанных соединений.

Введение карбозольных групп в *мезо*-положения пиррольных колец взамен атомов водорода приводит к существенным изменениям в колебаниях 16-членного пиррольного кольца. Максимальные изменения наблюдаются для переходов с участием  $C_a C_m$  колебаний. Так, бесфононные линии в спектре Zn-порфина с частотами 1577 и 1619  $\text{см}^{-1}$  имеют значения 1562 и 1579  $\text{см}^{-1}$  в тонкоструктурном спектре флуоресценции **ZnDe**. Колебания пиррольных колец не изменяются при введении карбозольных групп в *мезо*-положения. Однако частоты характеристических колебаний  $\delta(C_bH)$  с участием водородов в  $\beta$ -положениях пиррольных колец изменяют свои значения на более чем 20  $\text{см}^{-1}$ . Так в спектре Zn-порфина значение частоты колебания имеет значение 1064  $\text{см}^{-1}$ , тогда как частота соответствующего колебания в спектре **ZnDb** имеет значение 1091  $\text{см}^{-1}$ . Указанный эффект для  $\delta(C_bH)$  колебаний в спектрах всех дендримеров обусловлен стерическими напряжениями порфиринового макроцикла при формировании

дендримеров и мезо-замещении карбозольными группами.

УДК 620.130

## Расчет напряженности магнитного поля при контроле электрических и магнитных свойств объектов

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Произведены расчеты распределений импульсных магнитных полей, используемых при контроле объектов из электропроводящих и магнитных материалов, для определения их удельной электропроводности  $\sigma$ , магнитной проницаемости  $\mu$ , однородности распределения  $\sigma$  и  $\mu$ , толщины контролируемых объектов и параметров дефектов сплошности в них. Расчеты распределения магнитного поля проведены для линейного индуктора. Для проведения

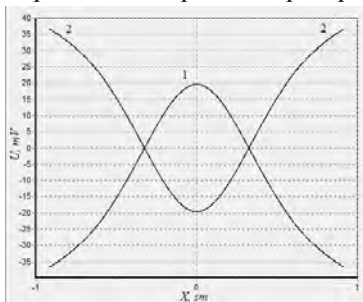


Рис.1

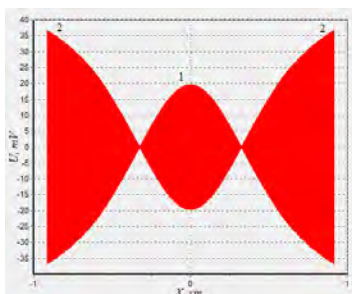


Рис.2

теоретических расчетов использована экспериментальная градуировочная характеристика дискретного датчика магнитного поля, представляющая собой зависимость величины электрического напряжения  $U$ , снимаемого с преобразователя магнитного поля, сканирующего датчик, от величины приложенного

магнитного поля  $H$ . Эту зависимость аппроксимировали несколькими линейными участками. Расчеты распределений магнитных полей производили для случаев воздействия импульсами магнитного поля в прямом и обратном направлении с убывающей амплитудой. На рис.1 показана теоретически рассчитанная зависимость  $U(x)$  величины электрического напряжения  $U$ , снимаемого с преобразователя магнитного поля, сканирующего датчик магнитного поля по заданной линии замера вдоль координаты  $x$  совместно с ее зеркальным отображением. На рис. 2 показано то же самое изображение, что и на рис.1, с информационной заливкой. Предварительный расчет напряженности магнитного поля

позволяет повысить точность измерения напряженности магнитного поля ее распределений, а также повысить точность контроля свойств объектов.

УДК 620.130

## Формирование импульсов магнитного поля при контроле параметров объектов из электропроводящих материалов

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Для контроля параметров объектов из электропроводящих материалов формируют одиночные импульсы магнитного поля или серии импульсов с максимальной амплитудой до  $10^5$  А/м и минимальным временем нарастания  $0,5 \cdot 10^{-6}$  с.

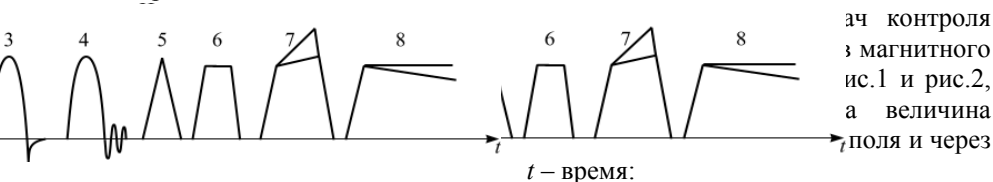


Рис.1

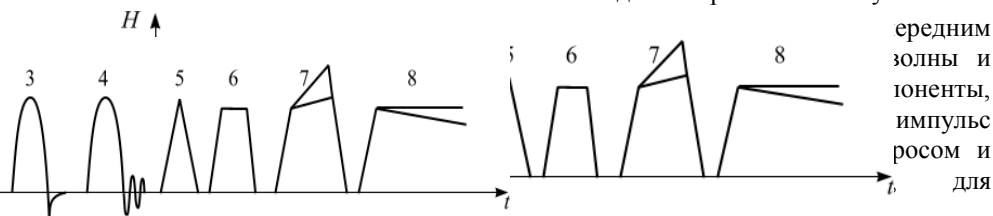


Рис.2

использования гистерезисных свойств датчиков магнитного поля; 4 – то же самое, что и 3, с обратным выбросом напряженности магнитного поля в виде затухающей синусоиды, позволяет получить дополнительную информацию о свойствах материала; 5 – линейно нарастающий и линейно убывающий импульс, применяется для разрешения свойств материалов по глубине; 6 – импульс поля в виде трапеции с заданными передним и задним фронтами и заданной длительностью, для разрешения свойств материалов по глубине; 7 – линейно нарастающий с разными скоростями импульс с линейным или экспоненциальным задним фронтом или с выбросами поля, для поддержания повышенной плотности энергии магнитного поля на поверхности объекта; 8 – линейно нарастающий импульс поля, переходящий в линейно спадающий или экспоненциально спадающий участок с меньшей скоростью, для разных задач контроля.



Применение указанных импульсов магнитного поля позволяет повысить точность контроля свойств объектов.

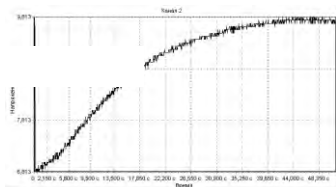
УДК 532.546

## Экспериментальное исследование явлений теплопереноса при локальном нагревании тонкой металлической пластины

Дорошевич В.А.

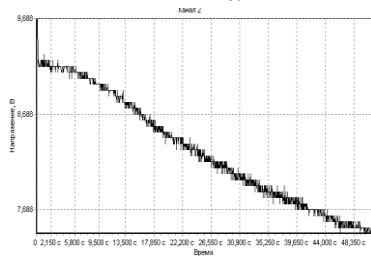
Белорусский национальный технический университет

Находили зависимости электрического напряжения от времени, снимаемого с измерительного сопротивления, при нагревании тонких металлических полос разной ширины. При этом расстояние от источника тепла до точки измерения было существенно больше ширины полос. На рис.1 показана зависимость величины электрического напряжения, снимаемого с измерительного сопротивления, подключенного в схеме последовательно с термосопротивлением, от времени  $t$  с момента начала нагревания тонкой алюминиевой полосы. Расстояние точки измерения от центра источника



тепла  $L=60$  мм. Ширина пластины 7мм, толщина 0,12 мм. На рис.2 показана аналогичная зависимость  $U=U(t)$ , полученная при охлаждении того же образца. Начальный участок  $U=U(t)$  при нагревании близок к линейному. При нагревании алюминиевых полос до больших температур теплообмен в результате естественной конвекции окружающего пластины воздуха существенно возрастает и процесс

Рис.1



нагревания полос замедляется. При этом температура полос стремится к постоянной величине, то есть процесс со временем становится установившимся. Аналогичным образом можно объяснить ход зависимости  $U=U(t)$ , полученной при охлаждении алюминиевой полосы. Для пластин шириной 7мм, 15мм и 30мм скорость возрастания температуры в указанной точке измерения полос на линейных участках зависимостей составляет соответственно 1,11 град/сек, 0,87 град/сек и 0,4 град/сек. Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе.

*Научный руководитель – т. преподаватель Павлюченко В.В.*

## Метод наименьших квадратов в экспериментальном исследовании закона Гука

Богачев М.Н.

Белорусский национальный технический университет

Закон Гука при небольших деформациях справедлив для многих материалов, он может выражаться в двух эквивалентных соотношениях:

$F = kx$  и  $\sigma = E\varepsilon$ , где обозначения являются общепринятыми.

Во время исследования закона Гука возникает ряд ошибок вследствие неточности отсчета по индикатору смещений груза при нагрузке, погрешности измерительной аппаратуры и т.д. Все эти погрешности влияют на графическую зависимость  $F = F(x)$  или  $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ . Поэтому график имеет вид кривой, а не прямой. В связи со сказанным при обработке экспериментальных данных необходимо использовать метод наименьших квадратов, при котором сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от теоретической линии минимальна. Тогда надо минимизировать следующие выражения:

$$U_1 = \sum_{i=1}^n (F_i - kx_i)^2 = \min, \quad U_2 = \sum_{i=1}^n (\sigma_i - E\varepsilon_i)^2 = \min.$$

Поэтому имеем  $\frac{\partial U_1}{\partial k} = 0$ ,  $\frac{\partial U_2}{\partial E} = 0$ , откуда получаем

$$k = \frac{n \sum_{i=1}^n F_i x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2}; \quad E = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \varepsilon_i}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}.$$

Далее для закона Гука в форме  $F = kx$  вследствие сдвига нуля-пункта индикатора смещений минимизировалось выражение  $\sum_{i=1}^n (b + kx_i - F_i)^2$ ,

где  $b = \langle F \rangle - k \langle x \rangle$ . Аналогично минимизировалось выражение

$$\sum_{i=1}^n (d + E\varepsilon_i - \sigma_i)^2 \text{ для закона } \sigma = E\varepsilon, \text{ где } d = \langle \sigma \rangle - E \langle \varepsilon \rangle$$

*Научный руководитель – канд ф.-м. наук, доцент Баранов А.А.*

## Особенности оптических свойств светодиодных и люминесцирующих источников света

Смолячкова М.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время интенсивно развиваются технологии производства светодиодных и люминесцирующих источников света. Целью данной работы являлось изучение оптических характеристик и условий спектральной коррекции компактных люминесцирующих и светодиодных источников света. Исследования проводились на экспериментальной установке, вид которой показан на рис. 1. Излучение от источников света, сфокусированное с помощью линзы и световода S-100, попадало на монохроматор, в фокальной плоскости которого находилась диодная фотоприемная линейка, преобразовывающая оптический сигнал в электрический. Электрический сигнал регистрировался компьютером и обрабатывался с помощью специальных программ. В качестве источника питания использовался прибор ТЕС-7, регистрация тока и напряжения производилась вольтметром В7/16.

В результате исследований получены для компактной люминесцирующей и белой светодиодной (рис. 2, x-lamp фирмы CREE) лампы спектры излучения, вольт-амперные характеристики и зависимости интенсивностей излучения от потребляемой мощности. Установлено, что вольт-амперная зависимость энергосберегающей лампы схожа с графиком зависимости стабилитрона и имеет S-образный характер. Получено, что для светодиода в области длин волн 420-470 нм преобладает излучение синего цвета, а свечение люминофора приходится на диапазон 500-700 нм. Установлено, что свет современного белого светодиода по сравнению со светом энергосберегающих ламп лучше адаптирован к человеческому глазу. Показаны пути управления эффективностью излучателей света.



Рис. 1. Вид установки

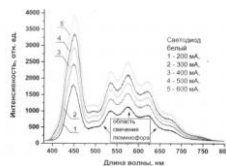


Рис. 2. Спектр белого светодиода x-lamp

*Научный руководитель – канд ф.-м. наук, доцент Савчук Г.К.*

**Химия**  
**и химические технологии**

**Неавтоклавный силикатный кирпич**

Яглов В.Н., Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Прогресс в строительной отрасли связан с разработкой новых технологий, снижающих материало- и энергоемкость строительных материалов. Производство силикатного кирпича по неавтоклавной технологии позволит снизить энергоемкость более чем на четверть и сократить материалоемкость при строительстве более чем на 20% по сравнению с использованием силикатных прессованных изделий автоклавного твердения. Традиционная автоклавная технология получения силикатного кирпича предусматривает использование термической активации компонентов известково-песчаной смеси в автоклавах, где происходит гидротермальный синтез гидросиликатов кальция (ГСК). В автоклавных условиях осуществляется активация песка, связанная с увеличением его растворимости. Одновременно уменьшается содержание извести в известково-песчаном вяжущем (ИПВ), так как с повышением температуры растворимость извести уменьшается. При минимизации содержания извести необходимо также учитывать минеральный состав образующихся ГСК (тоберморит, геллебрандит).

Следует отметить, что синтез ГСК согласно термодинамическим расчетам возможен при температуре ниже 1000°C и атмосферном давлении. Этот процесс возможен при повышении химической активности кремнеземистого компонента ИПВ за счет различных способов его активации (термо-, электро-, механо-), использования добавок, содержащих активные формы кремнезема или повышающих рН среды.

Структура используемой комплексной активации ИПВ включала:

- механохимическую активацию кварцевого песка путем его помола с известью в водной среде совместно с мелкозернистым наполнителем;
- химическую активацию за счет введения трепела в состав ИПВ;
- термоактивацию за счет использования негашеной извести и пропаривания при 85°C;
- повышение рН среды более 12 за счет использования соды по реакции  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$

Глубину протекания реакции связывания СаО в ГСК определяли по содержанию СаО после использования отдельных видов активации и после комплексной активации. Определены режимы комплексной активации сырья для получения силикатного кирпича марки В5 методом пропаривания при 85°C.

Режим пропаривания (1 + 6 + 1).

### Способы получения кремнезоля

Бурак Г.А., Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Золь кремниевой кислоты используется для получения высокопрочных бетонов, является коллоидным раствором, состоящим из дисперсионной среды, которой является вода, и дисперсной фазы, представляющей собой мицеллы аморфного кремнезема.

Современные исследования золя кремниевой кислоты показывают, что кремнезем в коллоидном состоянии состоит из кристаллических кремнекислородных тетраэдров. Поэтому при адсорбции молекул воды поверхностные атомы Si адсорбируют ионы  $\text{OH}^-$ , стараясь достроить кремнекислородный тетраэдр, а поверхностные атомы кислорода адсорбируют ионы водорода. В дальнейшем дипольные молекулы воды притягиваются как к адсорбированным ионам водорода, так и к ионам гидроксила. В настоящее время используется множество процессов приготовления коллоидного кремнезема. Так, золь, содержащий 3% кремнезема, можно приготовить путем частичной нейтрализации разбавленного раствора силиката натрия кислотой. По этому способу происходит формирование частиц кремнезоля размером около 35 нм. Очень чистые золи кремнезема получены гидролизом тетрахлорида кремния с удалением образующейся кислоты для достижения  $\text{pH} = 6,8$ .

Известен способ удаления натрия из раствора силиката натрия посредством ионного обмена и выращивания частиц до желаемого размера в процессе концентрирования золя выпариванием. Этим способом созданы стабильные прозрачные золи, содержащие 30% кремнезема в виде однородных частиц диаметром 10-15 нм

Предлагается также использовать для приготовления концентрированного ультрадисперсного коллоидного кремнезема порошок диоксида кремния, который получают из  $\text{SiCl}_4$  путем высокотемпературного гидролиза в водородно-кислородном пламени. Частицы диоксида кремния, синтезированные таким образом, имеют форму, близкую к сферической, и их размеры лежат в диапазоне от 0,005 до 0,3 мк.

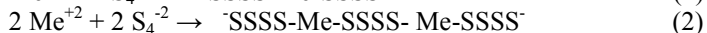
Кремниевая кислота может быть получена из алкилпроизводных кремния в присутствии гидроксида аммония. При всех способах получения технологиях необходимо создание условий, обеспечивающих агрегативную устойчивость золь в процессе синтеза. Это достигается прежде всего оптимальными величинами  $\text{pH}$  и минимально допустимыми концентрациями электролитов.

### Влияние солей на процессы стабилизации полисульфидной серы в образцах бетона

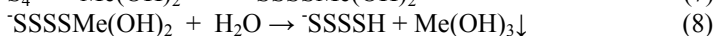
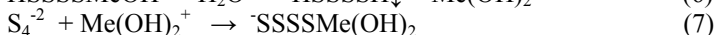
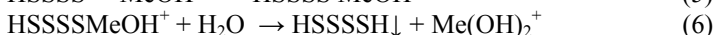
Глушонок Г.К., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Разработкой пропиточных композиций и эффективных технологий пропитки бетона занимаются давно (в США, Японии, Франции, России и др.). 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 солей различных металлов с целью стабилизации полисульфидной серы ( $S_4^{-2}$ ). Можно было ожидать, что двухвалентные ионы металлов, образующие нерастворимые сульфиды, свяжут ионы  $S_4^{-2}$  в цепочки



и образующиеся продукты окажутся нерастворимыми в водной среде, что будет исключать возможность вымывания их водой из изделий. С другой стороны, известно, что ионы трехвалентных металлов Al, Fe, Cr не образуют в водных растворах сульфидов, либо последние гидролизуются водой до сероводорода и гидроксидов металлов. При взаимодействии с ионами трехвалентных металлов возможна реализация процессов,



что, также будет приводить к малорастворимым формам полисульфидов.

Изучалось водопоглощение образцов кубов 2x2x2 см из цементно-песчаного раствора, изготовленных в соответствии ГОСТ 310.4, после обработки их водными растворами серы с последующей обработкой растворами солей. Из полученных результатов следует:

- показатель эффективности антикоррозионной жидкости для 20% щелочного раствора серы в воде, без дополнительных способов обработки составляет 1,2;

- использование солей двухвалентных металлов ( $Mg^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ) поднимает его до 1,9 – 2,8, а трехвалентных ( $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Cr^{+3}$ ) – до 1,5 – 1,7. При этом не наблюдается вымывания серы в воду при насыщении

образцов водой.

УДК 691:539.2

### **Химическая активность ультрадисперсных порошков**

Яглов В.Н., Бурак Г.А., Меженцев А.А., Кирюшина Н.Г., Шагойко Ю.В.  
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существует несколько способов интенсификации процессов, протекающих в цементных системах при гидратации и твердении. К таким способам воздействия относятся: механическая, электрофизическая, химическая и тепловая активации.

Химическая активация предусматривает добавку к цементам ультрадисперсных частиц. Такие добавки, обладая повышенной реакционной способностью и развитой удельной поверхностью, способны вступать в химическое взаимодействие к продуктам гидратации цемента и в первую очередь с гидроксидом кальция, выделяющимся при гидролизе двух-трехкальциевых силикатов. При этом образуются в основном низкоосновные гидросиликаты кальция, которые повышают плотность и прочность структуры бетона в процессе твердения.

Использование этих добавок интенсифицирует также способ набора прочности цементного камня.

Была изучена химическая активность ультрадисперсных порошков: кремниевой кислоты, трепела, метакаолина, бемита, микрокремнезема и каменной муки.

90% этих порошков имели размеры частиц: трепел менее 80 мкм, кремниевой кислоты менее 10 мкм, бемита менее 30 мкм, каменной муки менее 95 мкм, микрокремнезема (МК) менее 350 мкм, метакаолина менее 420 мкм.

Пуццолановая активность порошков определялась по уменьшению концентрации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в его насыщенном растворе при добавке 1 г порошка.

Химическая активность исследованных порошков уменьшается в ряду: кремниевая кислота → трепел → метакаолин → бемит → МК → каменная мука.

Влияние химических добавок различных концентраций, введенных в цементно-песчаную смесь, было проверено на кинетике набора прочности образцов мелкозернистых бетонов. Навески (Ц:П = 35:65) с добавкой порошков 4% от массы цемента тщательно перемешивались и затворялись водой с В/Ц = 0,4.

Полученная зависимость позволяет выбрать в качестве активных минеральных добавок в бетонах кремниевую кислоту, трепел, метакаолин.



### Влияние окислителей на стабилизацию полисульфидной серы в образцах бетонных изделий.

Кречко Н.А., Глушонок Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Поскольку при обработке бетонных кубиков раствором  $\text{FeCl}_3$  наблюдалось увеличение показателя эффективности антикоррозионной жидкости (до 1,7), а  $\text{FeCl}_3$  является окислителем, решено было проверить, не связано ли это с процессами окисления. Для установления этого бетонные изделия дополнительно обрабатывались окислителями ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KMnO}_4$ ) для изменения формы полисульфидной серы в бетоне. Изучалось водопоглощение образцов кубов  $2 \times 2 \times 2$  см из цементно-песчаного раствора, изготовленных в соответствии ГОСТ 310.4, после обработки их неорганическими растворами серы и последующей обработки растворами неорганических окислителей. 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	$\text{H}_2\text{O}$ Контр-ные образцы	4,87	1,0
2	Водн р-р $\text{NaOH}$ , + S 20%	4,00	1,2
3	Водн р-р $\text{NaOH}$ , + S 20% + 0,1М водн. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .	5,19	0,9
4	Водн р-р $\text{NaOH}$ , + S 20% + 0,04М водн. $\text{KMnO}_4$ .	4,83	1,0

\* - 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 не повышается, а понижается после дополнительной обработки изделий растворами неорганических окислителей. Возможно, что анион  $\text{S}_4^{2-}$  переводится в форму  $\text{S}^{+4}(\text{S}^{+6})$ , что не способствует понижению растворимости полисульфидной серы, а наличие аниона  $\text{SO}_4^{2-}$ , разрушает структуру бетона, даже увеличивая водопоглощение обработанных таким образом образцов. Наблюдаемое положительное влияние  $\text{FeCl}_3$ , по-видимому, не связано с процессами окисления полисульфидной серы в образцах бетона.

**Влияние ионов Fe (III) на фотокаталитическую активность гидрозоля TiO<sub>2</sub>**

Горбунова В.А., Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

С введением в структуру TiO<sub>2</sub> оптимальных количеств железа связывают перспективу получения фотокатализаторов, активных в видимом диапазоне спектра. Твердые растворы Ti(1-x)FexO(2-x/2) обладают высокой степенью замещения титана на железо, что объясняется близостью радиусов катионов Ti(4+) и Fe(3+). Анализ литературных источников выявил противоречивость сведений о влиянии железа на фотокаталитические характеристики диоксида титана. *Целью* исследования было определение влияния невысоких концентраций ионов железа (III) на фотокаталитическую активность гидрозоля диоксида титана в модельной реакции окислительной деструкции метилоранжа. Гидрозоль диоксида титана (0,01 М) был получен путем гидролиза изобутилата титана в октябре 2012 года и сохраняет свою структурную устойчивость, а также достаточно высокую фотокаталитическую активность в реакциях деструкции метилоранжа уже более года. Активность гидрозоля изучалась фотоколориметрическим методом (490 нм) при комплексном воздействии ультрафиолетового (УФ) и видимого излучений. Нами был приготовлен водный раствор сульфата железа (III) с молярной концентрацией ионов Fe<sup>3+</sup> 0,0003 М, который использовался в качестве добавки к раствору гидрозоля TiO<sub>2</sub> в процессах разложения метилоранжа. Кроме этого была изучена фотодеструкция метилоранжа в водном растворе сульфата железа (III) без добавки гидрозоля диоксида титана. Водный раствор соли Fe (III) без добавки гидрозоля диоксида титана демонстрирует низкую скорость окисления метилоранжа, полнота разложения красителя не достигается, по-видимому, вследствие быстрого восстановления ионов Fe (III) до Fe (II). Для смешанных систем TiO<sub>2</sub>/Fe<sup>3+</sup> наблюдается увеличение скорости фотокаталитического разложения метилоранжа даже по сравнению с раствором чистого гидрозоля диоксида титана. Причем скорость реакции выше в системе с более высокой концентрацией ионов Fe<sup>3+</sup>. По-видимому, в основе сенсibilизации в гетерогенно-гомогенной системе Fe<sup>3+</sup>/TiO<sub>2</sub> лежит фотоперенос электрона в гидроксокомплекс (FeOH)<sup>2+</sup> с образованием возбужденного кластера (FeTiO<sub>2</sub>OH)<sup>2+</sup>, содержащего гидроксильные радикалы. Таким образом, было показано, что введение в раствор исходного гидрозоля TiO<sub>2</sub> незначительного количества ионов Fe(III) (молярная концентрация 0,000007 М и 0,000021 М) позволяет существенно увеличить скорость фотодеструкции метилоранжа (более,

чем в 2 раза).

УДК 541.182:546.824-31

### Расчет размеров частиц коллоидного диоксида титана с применением уравнения Релея.

Слепнева Л.М., Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Гидрозо́ль диоксида титана относится к практически не поглощающим видимый свет дисперсным системам. В этом случае, для оценки размеров дисперсных частиц могут быть использованы данные оптической спектроскопии и расчеты, основанные на применении уравнения Рэлея

$$I_p = 24\pi^3 \left( \frac{n^2 - n_0^2}{n^2 + 2n_0^2} \right) \cdot \frac{V^2 \cdot v}{\lambda^4} \cdot I_0 = F \cdot \frac{V^2 \cdot v}{\lambda^4} \cdot I_0 \quad (1) \quad (\text{если диаметр частиц} \leq 1/10$$

длины волны падающего света), или уравнении Геллера  $D = \frac{k}{\lambda^n}$  (если диаметр частиц меньше  $\lambda$ , но больше  $1/10$  её величины).

Ранее была показана возможность применения уравнения Релея для расчета размеров частиц гидрозоля в диапазоне длин волн 490-670 нм. Это позволило применить его, используя  $\lambda = 540$  нм ( $5,4 \cdot 10^{-7}$  м). Оптическая плотность образца гидрозоля при этом была равна 0,36, длина кюветы 5 см. Концентрация диоксида титана в образце 0,808 кг/м<sup>3</sup>.

Величина  $F$  в уравнении Релея (1) – функция от показателей преломления дисперсной фазы и дисперсионной среды. Поскольку на ранних этапах образования гидрозоля формируется кристаллическая решетка анатазной модификации диоксида титана, это позволило нам в расчетах использовать значение показателя преломления анатаза 2,550. Учитывая, что весовая концентрация диоксида титана в образце гидрозоля была равна 0,808 кг/м<sup>3</sup>, а плотность анатаза  $4,05 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, рассчитали объем частиц дисперсной фазы, который оказался равным  $13,63 \cdot 10^{-24}$  м<sup>3</sup>.

Зная объем частиц, находим радиус:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 13,63 \cdot 10^{-24}}{4 \cdot 3,14}} = 1,482 \cdot 10^{-8} = 14,82 \text{ нм.}$$

Таким образом, диаметр частиц дисперсной фазы в гидрозоле диоксида титана, рассчитанный по уравнению Релея составлял 30 нм. Это соответствовало данным снимков атомно-силовой микроскопии (размер единичной частицы в конгломерате прокаленного образца гидрозоля диоксида титана составлял около 30 нм), а также данным рентгеноструктурного анализа (размер областей когерентного рассеяния составлял менее 40 нм.).

## **Применение наночастиц карбида титана для модификации литейных сплавов**

Зык Н.В., Медведев Д.И., Медведева Н.Д.

Белорусский национальный технический университет

Целью исследований является повышение эффективности модификатора раскислителя на основе алюминия за счёт введения в его состав дисперсных соединений активных элементов. В качестве дисперсных порошков активных элементов использовали карбид титана, опытный образец нанопорошка которого был предоставлен нам Лабораторией материаловедения Республики Корея согласно договора о научно-техническом сотрудничестве с БНТУ. На первом этапе работы проводили исследование данного порошка с использованием таких методов идентификации как рентгенофазовый и ИК-спектроскопический анализы. Установлено, что частицы порошков образованы первичными структурными элементами, имеющие форму, содержащую равноосные включения. При этом частицы имеют размер (после дробления) около 50-200 нм, которые объединяются в агрегаты различной формы. Определение химического состава и изучение морфологии нанодисперсных образцов карбида титана (TiC) проводили по стандартной методике электронномикроскопическим методом с использованием растрового микроскопа LEO-1420. Установлено, что химический состав синтезированного образца карбида титана однороден и содержит 98,0-99,5 % основного вещества. Значения критических точек на кривых охлаждения исходного образца модификатора и с добавками наночастиц карбида титана совпадают. Это означает, что добавки в состав базового модификатора, наночастиц не оказывают воздействия на фазовые составляющие полученного слитка. Испытания эффективности модифицирования проводили при выплавке стали 35Л в индукционной тигельной печи с кислой футеровкой ёмкостью 60кг. Модификатор в виде брикетов в количестве 0,05%. вводился в ковш ёмкостью 10 кг. По каждому варианту модифицирования были отлиты специальные пробы из которых вырезались образцы для изучения структуры и свойств, как в литом состоянии, так и после термической обработки. Обработка углеродистой стали модификатором с добавками карбида титана изменила перлитоферритную структуру отливок. У стали, обработанной модификатором, содержащим 6% и 9% карбида титана, более высокие показатели твердости. В литой стали наблюдается крупнозернистая перлитная структура с включениями феррита игольчатой формы (видманштеттова структура). По мере увеличения добавок нанопорошка балл зерна литой структуры увеличивается.

**Металлоподобные цементы на основе неорганических связующих –  
новый вид композиционных материалов**

Медведев Д.И., Зык Н.В., Медведева Н.Д.  
Белорусский национальный технический университет

Одной из особенностей неорганических связующих (фосфатных и силикатных) является их способность образовывать достаточно прочные структуры при относительно невысоких температурах и сохранять прочностные и другие физико-химические свойства при нагревании.

При введении в состав связующих тугоплавких металлоподобных соединений (боридов, нитридов, силицидов, карбидов) часть последних сохраняется неиспользованной. Таким образом, можно получать композиционные материалы с разнообразными свойствами: высокой электропроводностью и теплопроводностью, высокой твердостью и износостойкостью. Кроме того, эти свойства нередко сочетаются в них устойчивостью к кислотам, щелочам, расплавленным металлам.

Показано, что эффект твердения проявляется лишь при переходе к частично нейтрализованной  $H_3PO_4$  соединениями алюминия и хрома (алюмофосфатные (АФС) и алюмохромфосфатные связующие).

Определены оптимальные свойства фосфатных композиций и тугоплавких металлоподобных соединений (силициды вольфрама, молибдена, карбиды вольфрама, нитрид титана) при соотношении Т/Ж = 2,0÷2,5. Электропроводность композиций составляет  $10^{-1} - 10^{-3}$  Ом/м.

Показано, что использование тугоплавких порошкообразных соединений, обладающих развитой удельной поверхностью приводит к увеличению их химической активности, и, как следствие, снижению температуры взаимодействия в системе Т:Ж и улучшению других физико-механических свойств (соотношение Т/Ж = 1,3 – 1,6,  $\rho = 10^{-4} - 10^{-5}$ ).

Установлено, что при твердении композиций необходимо соблюдать соразмерности скоростей химического взаимодействия между компонентами твердеющей композиции и скоростью структурообразования. Так, при взаимодействии  $TiB_2$  с фосфатными связующими скорость настолько велика, что образующие структуры твердения обладают высокой пористостью, что приводит к значительному уменьшению механической прочности и электропроводности материалов.

Установлены оптимальные составы композиций на основе жидких стекол с модулем 1,2 – 1,7,  $TiB_2$  и  $MoSi_2$ . Показано, что до 700°C сохраняется высокая электропроводность ( $\rho = 8 \cdot 10^{-1} - 2,9 \cdot 10^{-3}$ ), а при температуре более 1000°C возможно получение вакуумно-плотных композиций вследствие образования на поверхности защитных пленок.

## Содержание

### Технические и прикладные науки

Разработка месторождений полезных ископаемых	3
Инновационные технологии в геодезии и картографии	41
Проектирование дорог	85
Строительство автомобильных дорог	128
Диагностика и управление эксплуатационным состоянием автомобильных дорог аэродромов	141
Транспортные сооружения	165
Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов	196
Оценочная деятельность на транспорте и в промышленности	272
Экономика и логистика	284
Физическая культура и спорт	310

### Естественные и точные науки

Естественно-научные дисциплины	325
Математика и приложения	343
Методы математического моделирования в прикладных исследованиях и учебном процессе	371
Инженерная математика	395
Компьютерная механика	421
Физика	439
Химия и химические технологии	492

Научное издание

**НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ**

Материалы 12-й Международной  
научно-технической конференции

В 4 томах

Т о м 3

Подписано в печать 14.11.2014. Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 29,24. Уч.-изд. л. 22,86. Тираж 155. Заказ 833.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

