

УД  
Н 34



# НАУКА -

# образованию, производству, экономике

# 2

**Материалы Седьмой  
международной  
научно-технической  
конференции**



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

**НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ**

**Материалы Седьмой международной  
научно-технической конференции  
В 3 томах**

**Том 2**

**Минск  
2009**

УДК 001:[37+658+338](063)  
ББК 72.431

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 Седьмой международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

**Технические и прикладные науки**

**Судостроение  
и гидравлика**



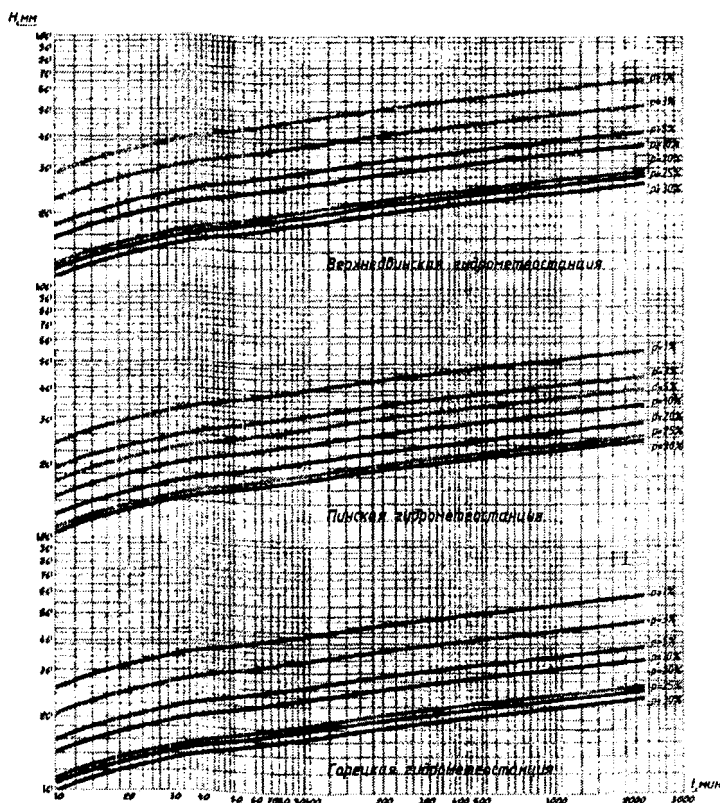
УДК 625.2.001

## Стокообразующие дождевые осадков по данным наблюдений на Верхнедвинской, Пинской и Горецкой гидрометеорологических станциях

Юхновец В.Н., Шаталов И.М., Ходос И.А., Буто Д.И., Бочило Е.А..  
Белорусский национальный технический университет

На рисунке представлены результаты исследований в виде слоев дождевых осадков разных обеспеченностей и разных продолжительностей дождей. Эти данные можно использовать в инженерных гидрологических расчетах.

График связи  $H_p=f(t)$



## Оптимизация конструкции бесплотинной плавучей мини-ГЭС мощностью 50 кВт

Недбальский В.К., Кособуцкий А.А., Куриленко А.Е., Новак А.А.  
Белорусский национальный технический университет

В географических условиях Республики Беларусь возведение плотин приводит к затоплению больших территорий, поэтому целесообразно возводить бесплотинные мини ГЭС, на которых необходимо устанавливать низконапорные лопастные гидротурбины. В то же время недостатком лопастной турбины является небольшая скорость вращения, порядка 60 об/мин, поэтому для нее необходим низкооборотный генератор, который обладает большой массой и стоимостью.

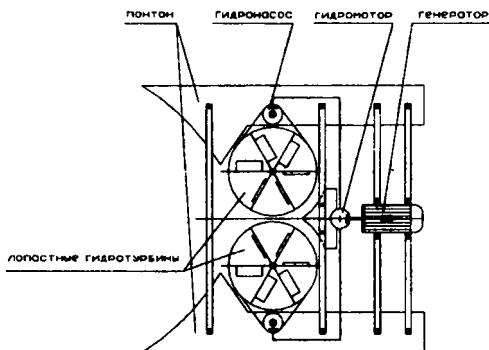


Рис.1

На рис. 1 показана принципиальная схема оптимизированной бесплотинной плавучей мини ГЭС, размещенной на понтонах. Предлагается соединить шкив вала каждой гидротурбины клиноременной передачей со шкивом вала шестеренного насоса. С обеих насосов масло под необходимым давлением подается на гидромотор, вал которого соединен с валом генератора.

В этом случае можно использовать сравнительно дешевый генератор необходимой мощности, т.к. при помощи гидромотора можно получить наиболее экономичную в отношении конструкции генератора с частотой вращения – 1000-1500 об/ мин.

Более того, можно установить поперек реки две или три гидротурбины с шестерными насосами, от которых по шлангам можно подавать под необходимым давлением на гидромотор, соединенный с генератором большей мощности.

Веренич И. А., Батуру А.В.

Белорусский национальный технический университет

Повышение научной обоснованности и качества расчетных методик, оперативное выполнение основных расчетов гидравлических агрегатов и всей системы гидропривода стали актуальной задачей конструкторских организаций. Большую роль здесь играет инновационный менеджмент в области систем гидроприводов, который в рамках единой концепции развития промышленного производства дает возможность быстрого внедрения достижений науки и изобретательской деятельности. Важное место, на наш взгляд, в этом процессе должны сыграть научные работы студентов и их конструкторские разработки. Молодые специалисты на производстве более активно внедряют свои студенческие исследования. Пропаганда их достижений может стать одной из возможностей создания отечественных расчетных комплексов систем гидроприводов машин. Хотелось бы отметить в этой связи научные работы и технические решения в области гидроприводов под рук. Веренича И.А., патенты РБ на полезную модель: №2386 «Привод стеклоочистителя», соавтор студент Поздняк С.А., № 4581 «Поршневой двигатель», соавторы студенты Батуру А.В.и Ширко А.А., № 4580 «Гидравлический тормоз», соавторы студенты Ермилов С.В., Шевель И.Н., Жибуль А.Н., № 4587 «Гидросистема управления рабочим оборудованием фронтального погрузчика», соавторы студенты Байко В.В., Салата А.В. В работе «Исследование характеристик гидропривода с усовершенствованным поршневым гидродвигателем» Батуру А.В. применена математическая модель, основанная на гипотезе сплошности среды, состоит из уравнения неразрывности, уравнений движения жидкости в однокоординатном пространстве и уравнения энергии, позволившая исследовать динамику рассмотренного гидропривода. Приведен обзор результатов вышеуказанных работ и технических решений. В докладе также дается обзор рынка гидрооборудования. В странах СНГ рынок объемных гидромашин и элементов гидроприводов представлен отечественными заводами и поставщиками продукции из Западной Европы. Отмечается их высокий технический и инновационный уровень, а также широкий ассортимент. Отдельно отмечены фирмы-производители промышленной гидравлики, занимающие ведущие позиции и максимально удовлетворяющие современным требованиям. Обзор произведен с учетом ближайших перспектив совершенствования систем гидроприводов и их элементов.

## Методика расчета систем пожаротушения, включающих элементы, работающие в кавитационном режиме

Карпенчук И.В., Пармон В.В.

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций

При использовании в системах пожаротушения кавитационных эжекторов-смесителей и пеногенераторов, работающих при высоких статических противодавлениях, необходимо наряду с геометрическими характеристиками кавитатора, определяющими возникновение и развитие в нем кавитационного режима определять гидродинамические параметры течения рабочей жидкости в системе. Перепад, необходимый для транспортировки среды на заданное расстояние:

$$\Delta P_{\text{итого}} = \Delta P_0 + \Delta P_i + \Delta P_i^{\text{кав}}. \quad (1)$$

Суммарные потери по длине:

$$\Delta P_0 = \frac{\rho}{2} \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{l_i}{d_i} g_i^2 = \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{l_i}{d_i^5}, \quad (2)$$

где  $\lambda_i$  – коэффициент сопротивления;

$l_i$  – длина отдельного участка системы.

Сумма потерь в местных гидравлических сопротивлениях системы, работающих в бескавитационном режиме, определяется формулой:

$$\Delta P_i = \sum_{i=1}^k \xi_i \rho \frac{g_i^2}{2} = \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \sum_{i=1}^k \frac{\xi_i}{d_i^4}, \quad (3)$$

где  $\xi_i$  – коэффициент местного гидравлического сопротивления при бескавитационной работе.

Потери в устройствах, работающих в кавитационном режиме, определяются по формуле:

$$\Delta P_i^{\text{кав}} = \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \sum_{i=1}^k \frac{4,54(1-k_i)\sqrt{n_i^3}}{\delta_i \xi_i^{0,4} d_i^4}. \quad (4)$$

С учетом приведенных уравнений перепад давлений, необходимый для транспортировки среды примет вид:

$$\Delta P_{\text{итого}} = \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \left\{ \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{l_i}{d_i^5} + \sum_{i=1}^k \frac{\xi_i}{d_i^4} + 4,54 \sum_{i=1}^k \frac{(1-k_i)\sqrt{n_i^3}}{m_i \xi_i^{0,4} d_i^4} \right\}. \quad (5)$$

В случае, когда при расчете системы задана величина предполагаемого перепада давления, то объем расхода можно получить из следующего выражения:

$$Q = 1,11 \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{итого}}}{\rho \left\{ \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{l_i}{d_i^5} + \sum_{i=1}^k \frac{\xi_i}{d_i^4} + 4,54 \sum_{i=1}^k \frac{(1-k_i)\sqrt{n_i^3}}{m_i \xi_i^{0,4} d_i^4} \right\}}}. \quad (6)$$

**Методика и программа расчета параметров волны прорыва  
для построения зон затопления при гидродинамических авариях**

Карпенчук И.В., Стриганова М.Ю.

ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

Разработано программное обеспечение для расчета и визуализации на электронной карте зон затопления при прорыве гидротехнических сооружений напорного фронта. Программное обеспечение предназначено для работы в составе корпоративной ГИС Министерства по чрезвычайным ситуациям.

Программное обеспечение строится по модульному принципу, и состоит из совместимых с ГИС MapInfo функциональных модулей.

Интерфейс электронной базы данных по гидротехническим сооружениям позволяет проводить актуализацию данных в базе. Данный модуль предназначен для расчета всех параметров волны прорыва. Расчет производится по двум алгоритмам. В первом случае задаются параметры гидроузла и водотока, а параметры волны прорыва вычисляются в зависимости от расстояния расчетного створа до створа гидроузла (плотины). Во втором случае задается время после аварии и модуль программного средства рассчитывает расстояние до расчетного створа и параметры волны прорыва: высота волны прорыва; глубина потока; скорость движения характерных точек волны прорыва (фронт, гребень, хвост) в расчетных створах и на расчетных участках; время прохождения волны прорыва через створ разрушенного гидроузла и через расчетные створы; времена добегания характерных точек волны прорыва до расчетных створов.

Программный модуль визуализации зон затопления работает в ГИС среде и осуществляет построение зон затопления на цифровой карте на основании данных по расчетным створам с учетом рельефа местности, восстанавливаемого на основе цифровой карты и динамики прохождения волной расчетных створов. Дискретность расчета динамики волны прорыва определяется количеством расчетных створов, используемых для визуализации. Расчет можно повторить для заданного ряда времен. Наложение друг на друга разновременных зон дает суммарную картину зоны катастрофического затопления при чрезвычайной ситуации.

Точность расчета динамики волны прорыва определяется количеством используемых расчетных створов и масштабом цифровой карты.

Следует отметить, что разработанное методическое и программное обеспечение может работать с электронными картами любого масштаба.

**Методика расчета  
оптимального объема неприкосновенного запаса  
в напорно-регулирующих сооружениях водопровода**

Красовский А.И.

ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

В существующих системах водоснабжения реализован ряд конструктивных мероприятий, направленных на обеспечение непрерывности подачи нормативных расходов воды на нужды пожаротушения. Наиболее простой из известных мер является хранение неприкосновенного запаса (пожарного объема) в напорно-регулирующем сооружении.

Исходя из конструктивных особенностей насосной станции второго подъема, во время пожаротушения на водопроводную сеть может работать несколько основных насосов. Если в этот период нормативными документами предусматривается отказ только одного насоса, то следует предположить, что расход неприкосновенного запаса из напорно-регулирующего сооружения должен быть достаточен для компенсации подачи именно отказавшего насоса. Действительно в насосной станции продолжают работать насосы в количестве  $m-1$ . Их общая производительность, конечно, уменьшается, но не настолько, чтобы предусматривать в напорно-регулирующем сооружении 10-ти минутный пожарный запас в полном объеме.

В ходе исследований была рассмотрена совместная работа на водопроводную сеть во время пожаротушения напорно-регулирующего сооружения и насосной станции в двух режимах  $m$  и  $m-1$ .

В результате были получены зависимости пожарного объема от характеристик насосной станции, водопроводной сети и напорно-регулирующего сооружения, расположенного как в начале, так и в диктующей точке сети.

Снижение пожарного объема положительно скажется на геометрических размерах напорно-регулирующего сооружения. Уменьшится масса резервуара и его опоры (при наличии). Кроме того, большой неприкосновенный запас (по отношению к регулирующему объему) являются одной из причин ухудшения качества питьевой воды в системах объединенного водоснабжения и как следствие этого более агрессивной дезинфекции, вызывающей побочные неблагоприятные эффекты для здоровья людей.

*\*Работа выполнялась под руководством Карпенчука И.В.*

**Технология изготовления  
биметаллического стержневого инструмента методом скоростного  
горячего выдавливания**

Качанов И. В., Шарий В. Н.

Белорусский национальный технический университет

Характер работы промышленных предприятий в Республике Беларусь в современных экономических условиях должен быть непременно связан с разработкой и внедрением новых ресурсосберегающих технологий на основе тесной интеграции науки и производства во всех отраслях промышленности с целью получения высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Существенный вклад в решение этой проблемы может внести внедрение в инструментальное производство машиностроительных предприятий новых прогрессивных технологий изготовления штампового инструмента и технологической оснастки.

Учитывая актуальность рассматриваемого вопроса, нами была разработана и создана по результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований новая технология получения пробивных пуансонов методом скоростного горячего выдавливания с плакированием торцевой части (СГВ с ПТЧ), которую можно представить в следующем укрупненном виде:

- изготовление составной заготовки из сталей 40Х и 9ХС;
- нагрев заготовки в безокислительной атмосфере до температуры  $T_0 = (950 \pm 20)^\circ\text{C}$  с выдержкой при этой температуре в течение  $\tau = 20 - 25$  мин;
- деформирование в матрице на режиме:  $V_0 = 78$  м/с;  
 $v_{\text{те}} = 43$  м/с;  $M = 1,94$  кг;  $\lambda = 3$ ,  $\eta = 4$ ;  $h_1 = 3$  мм;
- закалка с  $T_3 = 870^\circ\text{C}$  в масле;
- низкий отпуск поковки при  $T_{\text{от}} = 180 - 240^\circ\text{C}$  в течение  $t = 60 - 90$  мин;
- круглое шлифование по наружному диаметру рабочей части и места под посадку;
- плоское шлифование (заточка) рабочего торца.

По результатам проведенных испытаний установлено, что новая технология обеспечивает повышение стойкости пуансонов по сравнению с заводской (механическая обработка резанием плюс традиционные операции термообработки) в 3 – 5 раз.

**О подготовке инженеров-кораблестроителей  
на кафедре «Гидравлика» БНТУ**

Качанов И.В.

Белорусский национальный технический университет

Проблема инженерных кадров кораблестроительного профиля особенно остро встает перед отраслью промышленности, в состав которой входят заводы, предприятия водных путей, речные порты. Уже в настоящее время в отрасли ощущается ежегодный дефицит молодых специалистов (25-30 чел), который, учитывая возрастные характеристики, в будущем будет возрастать. Осознавая остроту надвигающейся кадровой проблемы, руководство БНТУ в 2004 году приняло решение об открытии на кафедре «Гидравлика» специальности 1-37 03 02 «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта». На кафедре «Гидравлика» в настоящее время готовится к защите дипломных проектов в первый выпуск белорусских инженеров-корабелов в количестве 23 человека.

При разработке реальной тематики дипломного проектирования кафедра учитывала как запросы и пожелания предприятий отрасли, так и сама выходила с предложениями, по которым имеются наработки и заделы у наших преподавателей. Практически каждый проект содержит спецчасть, связанную с разработкой технологической либо конструкторской задачи (система автоматического управления судном, разработка конструкции ластового движителя, плавучая миниГЭС на 30-50 кВт, разработка волнового компенсатора для земснаряда, разработка конструкции инжектора для всасывающей линии грунтового насоса земснаряда, разработка технологии гидроабразивной очистки судовых поверхностей от коррозии и т.д.), а также традиционные расчеты по охране труда, экологии судоходства и экономике.

В состав ГЭК входят как преподаватели кафедры «Гидравлика», так и представители отрасли. Председателем Государственной комиссии 2008/09 учебном году утвержден зам. начальника Управления Морского и речного транспорта Минтранса Республики Беларусь Чернобылец А.Н. В состав ГЭКа входит ведущий специалист по кораблестроению в Республике Беларусь, директор РУП «Пинский ССРЗ» В.П. Бруцкий.

Такой высокий состав ГЭКа несомненно повысит ответственность дипломников перед предстоящей защитой дипломных проектов и явится дополнительным стимулирующим фактором для эффективного решения тех конкретных задач, которые поставит производство перед первым выпуском инженеров-корабелов после окончания БНТУ.



**Повышение долговечности водозаборных скважин**

Ивашечкин В.В., Автушко П.А.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что основной причиной снижения долговечности скважин является химический кольматаж. Один из способов уменьшения последствий кольматажа - бурение скважин с мощным контуром гравийной обсыпки.

Однако существующие методы регенерации в таких скважинах малоэффективны, а тампонаж и перебуривание в случае выхода из строя приводит к значительным затратам.

Целью исследований являлась разработка эффективных способов регенерации и реконструкции высокодебитных скважин с мощными гравийными обсыпками.

Для реализации поставленной цели была разработана конструкция новой скважины [патент № 9453], в гравийной обсыпке которой при бурении устанавливают специальные нагнетательные перфорированные трубки, а фильтр скважины размещают на сплошной колонне с возможностью демонтажа при реконструкции.

*Регенерация.* Реагент подают в нагнетательные трубки из напорного бака. Насос забирает профильтровавшийся реагент из фильтра и подает его с продуктами реакции назад в напорный бак, где осаждаются твердые частицы. Реагент снова подается в нагнетательные трубки.

Таким образом, реагент циркулирует в прифильтровой зоне и растворяет кольтирующие отложения.

*Реконструкция скважины.* Извлечение фильтра производится вместе с эксплуатационной колонной, которую используют при подъеме вместо комплекта бурильных труб. В скважине остается кондуктор с затрубной цементацией, установленный до кровли водоносного горизонта.

Фильтр после извлечения заменяют на новый, а трубы эксплуатационной колонны используют повторно. Старую закольматированную обсыпку выбуривают с помощью долота с расширителем.

В ствол опускают эксплуатационную колонну с новым фильтром и новыми нагнетательными трубками и обсыпают гравием.

Внедрение предлагаемой конструкции скважины позволяет увеличить срок ее службы, а проведение реконструкции при выходе ее из строя позволит сэкономить более 50% общей стоимости ее тампонажа и перебуривания.

## Распространение импульсов давления в профильтровой зоне скважины при ее регенерации

Ивашечкин В.В., Кондратович А.Н., Бловацкая А.И., Евсюкова Е.И.,  
Римша О.И., Бобко О.Н., Фралов О.И., Нарчук Е.Г., Демидович А.В.,  
Климкова Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для регенерации фильтров скважин применяются импульсные методы, задача которых обеспечить разрушение колюматизирующих отложений. Для создания разрушающего давления на фронте волны по всей глубине прифильтровой зоны, необходимо знать характер затухания волн в пористой водонасыщенной среде при различных источниках возбуждения волн.

Целью работы являлись экспериментальные исследования закономерностей распространения волн давления в прифильтровой зоне скважины от сферических и цилиндрических источников их создания.

Экспериментальные исследования параметров волн давления производились на экспериментальной установке, состоящей из радиального фильтрационного лотка диаметром  $D=1,22\text{ м}$  и высотой  $0,5\text{ м}$ , внутри которого устанавливалась модель проволочного фильтра диаметром  $125\text{ мм}$  ( $5\text{ дюймов}$ ).

Фильтрационный лоток загружался частично заколюматированным кварцевым фильтрующим песком (ТУ РБ 100016844.241-2001) с послойным уплотнением и трамбовкой. В фильтр помещались взрывные камеры цилиндрической и сферической форм с эластичными оболочками, которые наполнялись водородно-кислородной газовой смесью.

Импульсы давления в грунте от взрыва газовой смеси в камерах фиксировались пьезодатчиками давления на различных радиусах от оси фильтра.

Полученные экспериментальные кривые изменения амплитуды  $A_R$  первой волны давления от радиуса  $R$  были аппроксимированы экспериментальными зависимостями вида  $A_R = A_{R\phi} e^{-\delta R}$ , где  $A_{R\phi}$  – амплитуда первой волны на наружной поверхности фильтра, а  $\delta$  – коэффициент, учитывающий степень затухания волны в грунте.

Полученные кривые сравнивались с теоретическими кривыми, полученными при решении дифференциальных уравнений 2-ого порядка в частных производных, описывающих распространение волн давления в водоносных пластах. Относительная погрешность этих величин не превысила 10%.

**Механизм образования трещин в зонах окончания ребер жесткости**

Хмелев А.А., Филиповец А.А.

Белорусский национальный технический университет

Известны случаи образования трещин в зонах, так называемых, «жестких точек» судовых конструкций. Одной из таких точек является зона окончания ребер жесткости и окончания прерывистых связей. Такие трещины характерны для судовых переборок, переборок цистерн и т.д. Из анализа литературных источников следует, что причиной образования указанных трещин является наличие высоких уровней концентрации напряжений в зоне окончания ребра, особенно если ребро имеет торцевую кромку, обрезанную перпендикулярно обшивке. В этом случае концентрация напряжений неограниченно возрастает. С целью выяснения механизма образования указанных трещин исследуем аналогичные зоны окончания ребер жесткости на стенках подкрановых балок, на которых трещины были выявлены после остывания сварных швов в заводских условиях и при транспортировке балок. Уровень пластического повреждения контрольных зон исследовали измерением их твердости по Бринеллю. При этом характеристика пластичности, относительно сужения  $\Psi$ , убывает от своего сертификатного значения до нуля. Установлено, что контролируемая зона имеет пиковую форму изменения твердости, а ширина пиковой части этой зоны составляет  $1+3$ мм, повторяя по форме траекторию будущей трещины. По мере удаления от окончания ребра жесткости твердость постепенно уменьшается, приближаясь к значению твердости в состоянии поставки, т.е. к твердости пластически неповрежденного металла.

Выводы:

1. Основной причиной образования трещин в зонах окончания ребер жесткости на поле подкрепляемых полотнищ является наличие в этой зоне пластического «надрыва» вызванного продольной усадкой сварных швов при варки ребер жесткости;

2. Уровень «надрыва» определяется параметрами режима сварки и длиной сварных швов.

3. Внутренние трещины в металле локально деформированной зоны под воздействием рабочих, остаточных сварочных и с учетом концентрации напряжений, увеличивают свои размеры, образуя сквозные трещины;

4. Предотвратить указанный механизм разрушения можно, применив требования Правил Регистра, требующий обязательного закрепления продольных балок.

## Механодеструкция высоковязких нефтепродуктов в сдвиговых потоках

Кулебякин В.В.

Государственное научное учреждение

«Институт тепло-и массообмена им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси

Проблема диверсификации энергоносителей с использованием в качестве компонент новых композиционных топлив местных ресурсов (древесного угля, торфа, растительных масел и т.д.) стимулировала интенсификацию исследований и разработок в области технологий их приготовления. В частности, значительное внимание в последнее время уделяется гомогенизации смесевых топлив с использованием диспергаторов различных типов. Физически этот процесс представляет собой, по существу, локализованный ударный ввод энергии в определенный объем среды и сопровождается высокими скоростями сдвига, либо интенсивными пульсациями давления, возникающими при этом. В обрабатываемой таким образом среде могут происходить изменения на молекулярном уровне, что может приводить к соответствующему изменению ее физических свойств, например, - снижению вязкости.

В настоящее время обычно применяемые технологии уменьшения вязкости этих материалов связаны с термическими воздействиями, которые либо приводят к физическому эффекту снижения вязкости при повышении температуры, либо к физико-химическим и структурным превращениям в этих материалах. Оказывается между тем, что подобных эффектов можно достичь при воздействии на такие среды интенсивными механическими или акустическими полями, в результате чего происходит перестройка их молекулярной структуры с разрывом связей и уменьшением молекулярных весов тяжелых фракций. Помимо конверсии тяжелых нефтей и нефтяных остатков эти технологии могут быть использованы для улучшения качества котельных топлив (за счет повышения их гомогенности и снижения вязкости).

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований реологических свойств и структурных характеристик водомазутных эмульсий, полученных с использованием ротационного высокоскоростного двухдискового диспергатора. Содержание воды в эмульсиях варьировалось в диапазоне 2-40%, скорость сдвига в рабочем узле диспергатора составляла до  $10^5 \text{ с}^{-1}$ .

Работы проводятся при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (х/д №Т08В-003).

## Разработка конструкции пилотной установки для каскадной флотации

Ледян Ю.П., Лазарчик В.В., Щербакова М.К., Жигалко А.В.  
Белорусский национальный технический университет

В процессе производства калийных удобрений из силвинитовой руды методом флотационного обогащения извлекают сильвин, а все остальные компоненты руды (пустая порода) сбрасывают либо в отвал, либо в шламохранилище. В ходе осуществления процесса флотации вместе с сильвином на поверхность флотационной камеры поступает некоторое количество хлорида натрия, который является вредной составляющей калийных удобрений и поэтому его содержание должно быть сведено к минимуму и не должно превышать 3 – 5 %. Процесс флотации осуществляется во флотационных машинах. Наибольшее распространение получили машины механического типа, в которых пена создается с помощью вращающегося импеллера. Машины механического типа морально устарели и требуют большого расхода энергии. В последние годы достаточно широкое распространение получили флотационные машины со струйными аэраторами. Струя жидкости при вхождении ее в поверхность пульпы увлекает за собой большое количество воздуха, обеспечивающего осуществление процесса флотации.

Струйная аэрация применяется совместно с механическими импеллерами. Связано это с тем, что использование струйных аэраторов не позволяет создать пену в емкости флотомашин на глубину более 0,5 – 0,7 м и в связи с этим требует использования больших производственных площадей, что экономически нецелесообразно.

В БНТУ в течение ряда лет проводились исследования по интенсификации флотации за счет использования струйных аэраторов повышенной эффективности и разработан способ каскадной флотации. В результате проведенных исследований разработана универсальная форсунка, позволяющая создавать струи различной конфигурации и геометрических размеров. Изменение, как наружного, так и внутреннего диаметров струи осуществляется за счет использования сменных головок различного размера. Конструкция форсунки позволяет использовать струи как плоские, круглые, так и кольцевого сечения.

Разработана, изготовлена в БНТУ и испытана на СОФ 3-го рудоуправления ПО «Беларуськалий» пилотная установка каскадной флотации, позволяющая реализовать новый способ флотации. Производительность пилотной установки 4 тонны концентрата в час. Содержание хлорида калия в концентрате достигает до 95 %.

**Современные методы интенсификации процесса растворения  
труднорастворимых веществ**

Ледян Ю.П., Миськов Е.М., Бессолова Л.В.  
Белорусский национальный технический университет

Интенсификация процесса растворения высокомолекулярных веществ является важной технической задачей, позволяющей повысить качество приготавливаемых растворов, снизить энергоёмкость процесса, уменьшить расход дорогостоящих веществ. В качестве флокулянтов применяют полиакриламид (ПАА). Растворение флокулянтов, осуществляется в аппаратах с мешалками. Эффективность процесса и качество раствора зависит от конструкции аппарата и частоты вращения его ротора.

На начальной стадии растворения поверхность частицы ПАА покрывается оболочкой, состоящей из набухших макромолекул полимера. Поток жидкости обтекает частицы, и молекулы воды при этом ударяются о макромолекулы полимера. При высокой турбулизации потока происходит соударение растворяемых частиц между собой, приводящее к изменению траекторий их движения и механическому разрушению образующейся вокруг них ламинарной плёнки, в которой концентрация растворяющегося вещества достигает насыщения. Разрушение окружающей частицу плёнки способствует интенсификации процесса растворения. В связи с тем, что механическое разрушение окружающей частицу набухшей плёнки способствует сокращению длительности растворения целесообразно интенсифицировать эту стадию процесса растворения за счёт повышения степени турбулентности потока пульпы в объёме мешалки. При этом следует иметь в виду, что макромолекулы полимера обладают повышенной склонностью к деструкции за счёт воздействия на них высоких касательных напряжений. При выборе варианта импеллера мешалки необходимо применять такую конструкцию, которая позволяет увеличивать скорость обтекания растворяющейся частицы не вызывая деградации полимера.

Форма ёмкости мешалки должна обеспечивать равномерное обтекание растворяемых частиц жидкой фазой, предотвращая возможность движения их с теми же скоростями, с которыми движется сам раствор. В противном случае скорость растворения резко снижается. Последнее требование обеспечить достаточно сложно в связи с тем, что исходная смесь частиц содержит частиц, размер которых отличается часто в несколько раз.

Указанная проблема может быть решена в результате использования ёмкости, имеющей форму усечённого конуса, или пирамиды, повернутой большими основаниями вверх.

## **Применение струйной аэрации для вторичного обогащения в поверхностном слое**

Щербакова М.К., Бессолова Л.В., Лазарчик В.В., Вишнякова Е.И.  
Белорусский национальный технический университет

Основным технологическим процессом, применяемым для обогащения слезных ископаемых, является флотация. Флотация заключается в разделении компонентов измельченной руды, обладающих различной смачиваемостью поверхности. Плохо смачиваемые водой (гидрофобные) частицы прилипают к пузырькам воздуха, всплывают на поверхность пульпы и образуют минерализованную пену, а хорошо смачиваемые водой (гидрофильные) частицы оседают на дно флотационной камеры. Пенный продукт представляет собой концентрат извлекаемого минерала. При всплытии на поверхность гидрофобных частиц они увлекают с собой и достаточно большое количество гидрофильных частиц (пустая порода).

Для повышения качества концентрата и увеличения концентрации извлекаемого минерала используют повторную флотацию, называемую перерешивками. На Солигорском калийном комбинате количество перерешивок составляет 2 – 3. Эти операции достаточно энергоёмки и требуют большого количества флотационного оборудования.

Известен способ вторичного обогащения пенного концентрата в поверхностном слое, сущность которого состоит в обрызгивании поверхностного слоя концентрата распылённой водой. Капельки воды проходят между пузырьками воздуха и прилипшими к ним частицами извлекаемого минерала вымывают из пены частицы пустой породы. Такой способ используется при флотации многих полезных ископаемых. При производстве калийных удобрений воду применять невозможно, т.к. это приводит к растворению в ней сильвина и снижению в результате извлечения. Для обрызгивания поверхностного слоя пенного продукта можно использовать только маточный раствор. В случае применения маточного раствора возникает ряд сложных технических проблем, связанных с кристаллизацией солей и забиванием их кристаллами сопел форсунок, через которые подаётся маточный раствор.

В БНТУ разработан новый способ вторичного обогащения маточным раствором в поверхностном слое, который позволил решить все возникающие при использовании маточного раствора проблемы. В основу разработанного способа положен метод использования струйной аэрации. Разработанный способ был с успехом испытан на сильвинитовой обогатительной фабрике третьего рудоуправления ПО «Беларуськалий».

# **Энергетическое строительство**



## Применение пластмассового дренажа при реконструкции осушительно-увлажнительных систем

Линкевич Н.Н., Селезнев В.И.

Белорусский национальный технический университет

Пластмассовый дренаж применяется при мелиорировании всех видов переувлажненных земель, кроме участков с содержанием в грунтовых водах закисного железа 8 мг/л и более.

Основными причинами неудовлетворительной работы дренажа, длительного переувлажнения и затопления понижений на мелиорированных землях являются некачественное строительство мелиоративных систем и сооружений, выход из строя элементов регулирующей и проводящей сети, недостаточная эффективность заложенных проектных решений по ускоренному отводу поверхностных вод, эксплуатация мелиоративных систем в условиях недостаточного финансирования.

В настоящее время материалом для изготовления пластмассовых гофрированных труб является полиэтилен низкого давления. Расчет междренних расстояний, как для условий осушения, так и подпочвенного увлажнения рекомендуется выполнять по существующим методам и формулам (А.И. Мурашко, А.И. Ивицкого и др.), используя компьютер и принимая меньшее значение при проектировании регулирующей сети в плане с учетом расположения существующей сети и рельефа местности.

Для предотвращения нарушений работы дренажа вследствие температурных деформаций, и поверхностной нагрузки в местах сопряжения коллекторов различных порядков, поворота и подсоединения дрен к коллектору предусматриваются муфты для соединения труб одинакового диаметра; переходные муфты (переходники) для соединения труб разных диаметров; тройники (равнопроходные и переходные) для сопряжения коллекторов впритык; ответвители седлообразные для соединения коллекторов внахлестку; колена в местах поворотов коллекторов; заглушки для предотвращения заиливания свободных торцов дрен и т.п.

Обычно укладка пластмассовых дрен производится одновременно с отрывкой траншеи многоковшовым экскаватором. При этом исключаются отрезки труб, имеющие надрезы, переломы и глубокие царапины, а длина входа труб в тройники, муфты должна быть не менее 5 см. Присоединять дренажи к коллектору необходимо не ранее чем через 2 часа после ее укладки и присыпки слоем грунта 20-30 см. Дренажные гофрированные с защитно-фильтрующим покрытием трубы поставляются заводами-изготовителями в бухтах с наружным диаметром труб от 50 мм до 200 мм.

**Результаты обследований гидроузлов неэнергетического назначения  
и малых ГЭС**

Круглов Г.Г., Линкевич Н.Н., Богославчик П.М.  
Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь к 1960 г. было построено около 170 малых гидроэлектростанций (ГЭС) с общей установленной мощностью примерно 20 МВт.

В состав сооружений гидроузлов малых ГЭС входили водоподпорные глухие плотины, возводимые из местных грунтов, водосбросные сооружения, как правило, бетонные, и здания ГЭС. Капиталоемкость создания единицы мощности на них была достаточно высокой. Проектные решения зданий малых ГЭС принимались аналогичными крупным станциям, требующим присутствия постоянного обслуживающего персонала, что при малой установленной мощности ГЭС (десятки сотни кВт) приводило к увеличению стоимости вырабатываемой электроэнергии.

После создания Единой энергосистемы Советского Союза, основой которой были крупные тепловые и гидроэлектростанции, малые ГЭС оказались нерентабельными. Было принято решение о выводе их из эксплуатации и консервации. Поэтому к 1991 г. на территории Беларуси работало только шесть ГЭС, все остальные находились в неудовлетворительном состоянии: гидроагрегаты либо отсутствовали, либо были в состоянии, не подлежащем восстановлению, здания ГЭС и водосбросы имели многочисленные дефекты и разрушения. В настоящее время действуют 30 ГЭС общей мощностью 10 МВт.

Опыт обследования ряда гидроузлов неэнергетического назначения и малых ГЭС, построенных в до- и послевоенное время, показал:

– земляные плотины, а также водосбросные сооружения и здания ГЭС, возведенные из гидротехнического бетона, имеют удовлетворительное состояние и не требуют значительных капиталовложений на ремонт и реконструкцию;

– бутобетонные гидротехнические сооружения имеют серьезные разрушения и ремонту не подлежат;

– на гидроузлах неэнергетического назначения здания ГЭС размещаются на берегу в нижнем бьефе, а водоприемники ГЭС могут размещаться либо в водосливном пролете водосброса, либо в затворохранилище, поэтому реконструкция таких ГЭС возможна либо с использованием существующего здания, либо путем строительства нового здания ГЭС в нижнем бьефе.

## Исследование распределения продольных осредненных скоростей в неравномерных и неустановившихся открытых потоках

Богданович М.И., Рогунович В.П.

Белорусский национальный технический университет

Теоретические и экспериментальные исследования распределения продольных осредненных скоростей в неравномерных и неустановившихся открытых потоках в силу своей сложности и противоречивости результатов требуют совершенствования в методическом и практическом аспектах.

Получены новые параметры для обобщения результатов исследований на основе одномерного уравнения неустановившегося неравномерного движения открытого потока. Для оценки влияния сил инерции на поле скоростей предлагается использовать их отношение к силам сопротивления. Тогда отношения второго и третьего слагаемых правой части упомянутого уравнения, характеризующих, соответственно, конвективную и локальную составляющие сил инерции к первому слагаемому, характеризующему силы сопротивления, могут служить в качестве параметров  $a$  и  $b$  для обобщения данных исследований неравномерного и неустановившегося движения открытых потоков:

$$a = \frac{C^2 h}{g v} \frac{\partial v}{\partial l}; \quad b = \frac{C^2 h}{g v^2} \frac{\partial v}{\partial t}.$$

Здесь  $l$  - продольная координата;  $v = Q/\omega$  - средняя скорость ( $Q$  - расход воды;  $\omega$  - площадь живого сечения.);  $C$  - коэффициент Шези;  $h = \omega/B$  - средняя глубина в живом сечении ( $B$  - ширина сечения по зеркалу воды);  $g$  - ускорение свободного падения;  $t$  - время.

Разработана методика экспериментальных исследований распределения скоростей в неравномерных и неустановившихся потоках, создана лабораторная измерительная информационная система для одновременного измерения уровней в 5-ти створах и продольных скоростей в 55-ти точках живых сечений потока в гидравлическом лотке. Выполнено десять серий экспериментов с многократным (21 раз) повторением в каждой серии нестационарного процесса с выбранными начальными и граничными условиями. Значения параметра  $a$  в этих сериях изменялось в диапазоне (-0,81...1,23),  $b$  - (0,32...2,59). Обработка измерительной информации позволила сделать вывод, что противоречивость результатов экспериментальные данных, известных из литературных источников, связана с недостаточной информативностью параметра, использовавшегося для их обобщения.

**Приоритеты в развитии возобновляемых источников энергии  
с точки зрения положений Киотского протокола**

Смирнов А.И., Гатилло С.П.

НПО «Малая энергетика»

Белорусский национальный технический университет

Киотский протокол является глобальным соглашением об охране окружающей среды, основанным на рыночных механизмах регулирования – механизме международной торговли квотами на выбросы парниковых газов.

Страны, перечисленные в Приложении В Протокола, определили для себя количественные обязательства по ограничению либо сокращению выбросов на период с 1 января 2008 до 31 декабря 2012 года. Цель ограничений – снизить в этот период совокупный средний уровень выбросов 6 типов газов на 5,2 % по сравнению с уровнем 1990 года.

Для выполнения этих обязательств в Протоколе закреплены так называемые механизмы гибкости:

- **торговлю квотами**, при которой государства или отдельные хозяйствующие субъекты на его территории могут продавать или покупать квоты на выбросы парниковых газов на национальном, региональном или международном рынках;
- **проекты совместного осуществления** — проекты по сокращению выбросов парниковых газов, выполняемые на территории одной из стран полностью или частично за счёт инвестиций другой страны;
- **механизмы чистого развития** — проекты по сокращению выбросов парниковых газов, выполняемые на территории одной из стран (обычно развивающейся), полностью или частично за счёт инвестиций другой страны.

Правительство Республики Беларусь предприняло необходимые шаги, чтобы проекты по возобновляемым источникам энергии могли использовать механизмы гибкости Киотского протокола.

Если рассматривать приоритеты в развитии ВИЭ с точки зрения достижения сокращения наибольшего количества выбросов, то расчеты показывают, что на 1 МВт мощности установки, использующей ветровую энергию, сокращение выбросов составит 1000 тСО<sub>2</sub>-э, на установках, использующих гидроэлектроэнергию – 2000 тСО<sub>2</sub>-э, на установках, использующих биогазовую энергетику на базе сельскохозяйственных предприятий – от 1000 до 9000 тСО<sub>2</sub>-э. Правда, необходимо при этом анализе принять во внимание также стоимость продажи единицы выбросов, которая может варьироваться, причем – значительно.

## Гидротурбины для установки на существующих перепадах

Смирнов А.И., Гатилло С.П.

НПО «Малая энергетика»

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в Беларуси в связи с большим вниманием, уделяемым строительству малых ГЭС, очень актуальным становится установка гидроагрегатов на существующих перепадах.

Одним из наиболее удачных решений на данный момент времени является установка так называемых сифонных гидротурбин.

Для малой ГЭС с сифонными турбинами не требуется строительства машинного зала, турбины установлены на рамовых подвесах из цилиндрических профилей. Закрытие места расположения турбин крышей имеет выгоды, но необязательно – большинство турбин работает без них.

Для обеспечения безпроблемной работы турбин желательно защитить водозабор ГЭС плавающей запанью и сороудерживающей решеткой.

Сифонные турбины – турбины с вертикальным валом.

Агрегаты состоят из следующих главных частей: корпус турбины с направляющим аппаратом, колено турбины, отсасывающая труба, вал с рабочим колесом, насадка, генератор, электрораспределитель, электромагнитный вентиль, подшипники и сцепление.

Генератор укреплен на насадке турбины. Соединение турбины с генератором производится при помощи клиновых ремней и защищено стальным кожухом.

Агрегат вводится в работу стартом асинхронного электромотора, присоединенного к общей сети. Генератор раскрутится как обычный электромотор и раскрутит рабочее колесо. Турбина работает как насос и заполняет отсасывающую трубу. Гидравлическая система начнет работать как сифон, вода передает свою энергию через турбину электромотору, который начнет работать в функции асинхронного генератора и поставлять энергию в сеть.

Время запуска турбины 50-60 секунд.

Остановка турбины произойдет автоматически в случае снижения уровней верхнего или нижнего бьефов и в случае отключения общей электрической сети.

Остановка агрегата производится электромагнитным вентиляем, расположенным на верхней стороне колена турбины. Вентиль открывается в случае наступления вышеуказанных аварийных случаев, тогда происходит разрыв водного столба и заполнение воздухом сифона. Агрегат перейдет в моторную работу и после 10 секунд автоматически остановится.

## Оценка влияния проектируемых водохранилищ ГЭС на русловые процессы

Ануфриев В.Н., Станкевич А.П., Корнеев В.Н.,  
Белорусский национальный технический университет, Центральный НИИ  
комплексного использования водных ресурсов

Использование гидроэнергетического потенциала рек Беларуси может составить существенный вклад в привлечении возобновляемых источников энергии альтернативных сжиганию нефти и природного газа. Гидроэлектростанции обладают рядом преимуществ: отсутствие выбросов, высокая гибкость и возможность генерировать энергию в пиковые периоды времени по нагрузке, возобновляемостью энергоресурсов. Вместе с тем гидроэнергетика оказывает негативное влияние на окружающую природную среду и условия проживания людей в зонах влияния ГЭС. Это выражается в затоплении и подтоплении земель водохранилищами, образовании мелководий, переформирования берегов, изменения качества воды, гидрологического и температурного режима водотоков.

В рамках проведения работ по оценке воздействия на окружающую среду проектируемых ГЭС, в том числе на реках Западная Двина и Неман, проведены расчеты для составления прогноза изменения водного режима и русловых процессов при размещении ГЭС на реках. Также рассматривались задачи прогнозирования процессов переработки берегов при волновом воздействии и заиления водохранилищ. Производился анализ методов расчета абразивного воздействия и оценка результатов с данными наблюдений. В дальнейшем для прогнозирования процесса переформирования берегов водохранилища проектируемых ГЭС производилось по методу Кондратьева, который основан на оценке абразионного воздействия волновых явлений на берега с крутыми откосами и намыва разрушенных отложений. Для прогнозирования процесса заиления водохранилища оценивались методы А.В. Караушева Г.И. Шамова, В.С. Лапшенкова. В указанных методиках расчета учитывается транзит части наносов через водохранилища по мере его заиления. Сравнение полученных данных с данными обследования построенных в Беларуси водохранилищ показало несколько завышенные данные расчетов (12-20 мм/год и в среднем 4-15 мм/год по опытным данным). Возможно, это связано с учетом процесса дегидратации и уплотнения, которые не учитывают существующие методики расчетов. В связи с чем, для уточнения результатов расчетов требуется корректировка существующих методик расчета в части учета условий характерных для Республики Беларусь.

## Принципы подбора и расчета оборудования для перемешивания иловой смеси в блоках денитрификации очистных сооружений

Ануфриев В.Н., Ланько И.П.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день в Беларуси существует ряд проектов строительства и реконструкции канализационных очистных сооружений с использованием технологии удаления биогенных элементов, в том числе азота. Технология предусматривает включение в состав очистных сооружений – ёмкостей с активным илом, в которых создаются аноксидные условия, где присутствуют нитраты в отсутствии растворённого в воде кислорода. В таком случае питание микроорганизмов, содержащихся в активном иле, происходит за счёт химически связанного кислорода нитратов с восстановлением нитратов до молекулярного азота. В таких сооружениях вместо аэрации устанавливаются перемешивающие устройства для обеспечения поддержания активного ила во взвешенном состоянии. Для перемешивания, в принципе, могут использоваться различные устройства – насосы, эжекторы и так далее, но в большинстве случаев применяются мешалки различных типов, поскольку их эксплуатация требует меньше электроэнергии. В этом отношении наиболее совершенными устройствами являются погружные пропеллерные мешалки. Важной задачей при проектировании очистных сооружений является выбор типа мешалки, который во многом определяет затраты энергии на перемешивание. Интенсивность и эффективность перемешивания существенно определяются формой лопастей, скоростью вращения мешалки. Требуемая мощность для перемешивания может определяться по зависимости:

$$N_{пер} = \rho \cdot n^3 \cdot d_M^5 \cdot K_N,$$

где  $\rho$  – плотность перемешиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$d_M$  – диаметр пропеллера, м;

$n$  – частота вращения, с<sup>-1</sup>.

$K_N$  – критерий мощности, учитывающий условия перемешивания и параметры мешалки.

Из формулы следует, что использование низкоскоростных мешалок с большими диаметрами пропеллеров энергоэффективнее, чем применение высокоскоростных мешалок. Учет формы сооружений и условий эксплуатации мешалок может производиться введением поправочных коэффициентов в формулу для определения требуемой мощности.

**Оценка различных параметров очистных сооружений дождевых вод при их выборе, проектировании, строительстве и эксплуатации**

Аврутин О.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе проводится сравнительный анализ и оценка параметров очистных сооружений дождевых вод. Основными сложностями при выборе конкретных технических решений являются значительные колебания расходов воды, поступающей на очистку, неопределенные концентрации загрязнений. Кроме этого, многие очистные сооружения, поставляемые из европейских стран, предназначены для очистки стоков по европейским требованиям, которые по нефтепродуктам в 100 раз мягче белорусских.

Таким образом, использование европейских сооружений без модификации в отечественных условиях не представляется возможным. Еще одним существенным фактором является отсутствие в Беларуси сертификации такого оборудования. Поэтому единственным источником достоверности информации о качестве очистки становится гарантийное письмо поставщика и в редком случае – производителя.

Среди технических аспектов выбора очистных сооружений следует отметить следующие: объем пескоилоотделителя, технология удаления нефтепродуктов, особенно растворенных и эмульгированных, а также процесс сорбции, характеристики сорбента и реальная сорбционная емкость фильтра.

При экономической оценке выбора тех или иных локальных очистных сооружений следует принимать во внимание дополнительные затраты, связанные со строительством сооружений. К этим затратам следует в первую очередь отнести устройство бетонных оснований и коробов. В отдельных проектах затраты на бетонные работы превышают стоимость самого оборудования. Поэтому важен правильный выбор материала корпусов очистных сооружений.

Очень серьезной проблемой в настоящее время является эксплуатация очистных сооружений дождевых вод. Для выбора оптимального режима эксплуатации очистных сооружений они должны быть оборудованы сигнализаторами уровня взвешенных веществ, нефтепродуктов, подпора в системе. В конструкциях сооружений не должно, по возможности, быть элементов, требующих частой замены. Ну и на конец, эксплуатацию очистных сооружений должны производить специализированные организации, а сама эксплуатация должна быть как можно проще и понятнее.



**Исследование эффективности работы  
опытно-промышленной секции аэротенков, реконструированной  
под технологию «Денифо»**

Куприянчик Т.С.

Полоцкий государственный университет

Внедрению конкретной технологической схемы очистки сточных вод от биогенных элементов в реальные очистные сооружения, должно предшествовать проведение пилотных исследований на реальной сточной воде.

На выбор технологической схемы очистки сточных вод от биогенных элементов влияют следующие факторы: состав и объем исходной сточной воды, требования к качеству очищенной сточной воды, реконструкция или строительство очистных сооружений.

Анализ и сравнение существующих методик для расчета и проектирования биоблоков показали, что имеется ряд отличий, как в принципах расчетов, так и в методиках аналитического контроля очистки сточных вод. При расчете основных технологических параметров сооружений (возраст ила, нагрузки на ил, удельные скорости протекания процессов, и др.) возможны существенные расхождения в полученных объемах различных зон биоблока. Требуется также учитывать и поправочные коэффициенты на температуру очищаемой сточной воды для различных климатических зон.

В большинстве сточных вод, поступающих на очистные сооружения Беларуси, из-за низкого содержания органических соединений, соотношения БПК<sub>5</sub>/N и БПК<sub>5</sub>/P, оптимальными значениями которых являются 3,5-8/1 и 25-40/1 также чаще всего не выполняются.

Ряд проведенных экспериментальных исследований, позволил произвести внедрение новой технологической схемы, с глубоким удалением соединений азота и фосфора биологическим методом, в действующие канализационные очистные сооружения. Произведен запуск и получены первые результаты по работе опытно-производственной секции аэротенка.

После стабилизации режима работы опытной секции аэротенка, наблюдалось устойчивое функционирование протекающих процессов, биоценоза активного ила и качества очищенной сточной воды. Качество очищенной сточной воды и эффективность очистки по основным показателям составила:

- Азот аммонийный -  $\leq 0,5$  мг/л, (97,9 - 98,5%)
- Фосфор фосфатов -  $\leq 0,1$  мг/л, (98,2 - 98,6%)
- ХПК - 20-30 мг O<sub>2</sub>/л, (88,9 %)
- Азот нитратный - 4,5-5,5 мг/л.

**Изучение биологического метода обезжелезивания  
подземных вод**

Седлухо Ю.П., Лемеш М.И.

Белорусский национальный технический университет

Для водоснабжения населенных пунктов чаще всего используются подземные источники, вода которых характеризуется повышенным содержанием железа, марганца, аммонийного азота, растворенных газов. Наибольшее распространение получили аэрационные методы обезжелезивания подземных вод. В последнее время вырос интерес исследователей к биологическим методам обезжелезивания подземных вод.

С целью изучения биологического метода обезжелезивания подземных вод проводились экспериментальные исследования на реальной воде одного из населенных пунктов Витебской области. Вода данного региона характеризуется повышенным содержанием растворенного железа (до 6 мг/л), аммонийного азота (до 14 мг/л), повышенным содержанием растворенных газов (преимущественно углекислого газа до 120 мг/л), перманганатной окисляемостью 5-7 мг/л.

На существующей станции обезжелезивания была установлена экспериментальная установка. На данной экспериментальной установке была сделана попытка разделить биологические процессы окисления железа и физического удаления окисленных форм железа.

Установка включала два биореактора (I и II ступени) и фильтр с плавающей загрузкой из полистирола.

В процессе эксперимента исследовалась зависимость биологических процессов окисления и удаления железа от концентрации, растворенного в воде кислорода, окислительно-восстановительного потенциала, pH среды, концентрации других веществ (аммонийного азота, углекислоты, марганца), скорости фильтрования.

Исследовалась работа экспериментальной установки при скоростях фильтрования от 5 м/ч до 25 м/ч. Даже при скорости фильтрования 21 м/ч содержание общего железа в фильтрате было ниже 0,3 мг/л. С увеличением скорости фильтрования уменьшалась концентрация растворенного кислорода, увеличивалась концентрация общего железа после каждой ступени очистки.

Анализ научно-технической литературы и проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности совершенствования применяемых технологических и конструктивных решений на существующих и проектируемых станциях обезжелезивания путем целенаправленной интенсификации биологических процессов.

## Анализ водохозяйственных балансов предприятий машиностроения

Сивуха А.М.

Белорусский национальный технический университет

Промышленность – значительный потребитель водных ресурсов. Поэтому действия направленные на экономию воды на предприятиях становятся одними из первоочередных, так как сокращение потребления воды ведет к сокращению расходов электроэнергии, расходуемой на перекачку неэффективно используемой воды.

Составление и анализ водохозяйственного баланса поможет определить технологически необходимые объемы воды, а также качество воды, требуемое в каждом технологическом процессе.

Важными показателями, характеризующими структуру водопотребления предприятия, являются также удельный вес оборотного и повторного использования отработанной воды в балансе суммарного водопотребления.

По результатам анализа водохозяйственных балансов трех предприятий машиностроения были сделаны следующие выводы:

1) процент использования воды в обороте достаточно высок (более 90%). Это объясняется тем, что на данных предприятиях имеются локальные очистные сооружения, значительная часть стоков очищается и вновь возвращается для использования в технологическом процессе в качестве оборотной воды.

2) значительная часть расходуемой свежей воды (более 60%) идет на восполнение потерь. Поэтому необходимо предусмотреть меры по уменьшению объемов потерь воды, а также по восполнению потерь в системе водоснабжения за счет других источников, например, использование ливневых и дренажных вод для подпитки оборотных систем, очистки и повторного использования сточных вод.

3) К мероприятиям по уменьшению потерь можно отнести оптимизацию работы оборотных систем с целью снижения утечек, реконструкцию градирен.

Оптимизация схем водоснабжения и водоотведения предприятий, основанная на составлении и анализе водохозяйственного баланса, дает возможность сократить количество потребляемой воды и сбрасываемых сточных вод, что значительно снизит антропогенную нагрузку на водные объекты. Для предприятия это будет выгодно с точки зрения снижения финансовых затрат на водоснабжение и услуги водоотведения.

Золотарев А.Б.

Белорусский национальный технический университет

Термическое сопротивление можно существенно увеличить путем соответствующего расположения воздушных контуров у термоабилитируемых ограждений (размещение пустот с интегральной теплоизоляцией).

Сопротивления диффузии слоев не одинаковы при различных давлениях водяного пара, поле парциальных давлений аналогично температурному. Контакт этих линий означает возможность образования на соответствующем участке плоскости или зоны конденсации. Падение кривой максимального возможного парциального давления водяного пара ( $P''$ ) тем заметнее, чем меньше  $\lambda$  материала этого слоя, что наблюдается при одинаковых значениях произведений коэффициента паропроницаемости ( $\mu$ ) и  $\lambda$ . С увеличением ( $\mu \cdot \lambda$ ) у более нагретой плоскости конденсация даже при экстремальных условиях на поверхностях конструкции мало вероятна.

Дан анализ расчетов термоабилитируемых ограждений при многовариантном расположении ячеистых модулей при интегральном тепло- и массопереносе.

Расчеты систем, основанные на моделях плоских температурных полей не являются корректными вследствие влияния пространственных градиентов температур и массы.

Для пространственно неоднородной области при переменных теплофизических характеристиках микро-макро-модулей ячеистой структуры использовалось следующее уравнение:

$$\frac{1}{\Delta x^2} [V_{i+\Delta,j,k} \cdot \kappa_{j+\Delta} - V_{i,j,k} \cdot (\kappa_{i+\Delta} + \kappa_{i-\Delta}) + V_{i-\Delta,j,k} \cdot \kappa_{i-\Delta}] + \frac{1}{\Delta y^2} [V_{i,j,k+\Delta} \cdot \kappa_{j+\Delta} - V_{i,j,k} \cdot (\kappa_{j+\Delta} + \kappa_{j-\Delta}) + V_{i,j,k-\Delta} \cdot \kappa_{j-\Delta}] + \frac{1}{\Delta z^2} [V_{k,j,k+\Delta} \cdot \kappa_{k+\Delta} - V_{i,j,k} \cdot (\kappa_{k+\Delta} + \kappa_{k-\Delta}) + V_{i,j,k-\Delta} \cdot \kappa_{k-\Delta}] = 0,$$

где  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  – расстояния (шаг) между узлами сетки по координатам  $x, y, z$ ;  $\kappa_{i+\Delta}, \kappa_{i-\Delta}$  — коэффициенты теплопередачи (переноса теплоты) между плоскостями пространственной сетки;  $V_{i+\Delta,k}, V_{i,j,k}$  — элементарные объемы микромодулей в пространственной системе координат.

Расчеты с переменными границами показали, что при коэффициентах теплопроводности микромодульных систем от 0,04 до 0,07 Вт/м·К проектирование термоабилитационных конструкций целесообразно выполнять, используя компьютерное моделирование на основе трехмерных температурных полей.

## Радиационный теплообмен в терморееабилитируемых ограждениях с использованием ограниченных контуров

Золотарев А.Б.

Белорусский национальный технический университет

Лучистые потоки от терморееабилитируемой поверхности при использовании микро- и макромоделей различной формы, например, цилиндрической, рассчитываются по уравнению:

$$Q_{1,2} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot C_o \cdot F_p \cdot \varphi_{1,2} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (1)$$

где  $\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = (1 - R_1) \cdot (1 - R_2)$ ,

где  $\varepsilon_1$  – степень черноты терморееабилитируемой поверхности;  $\varepsilon_2$  – степень черноты торцевой поверхности модуля,  $C_o$  коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела;  $C_o = 5,67 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}^4$ ;  $R_1, R_2$  – отражательные способности;  $F_p$  – условная расчетная поверхность теплообмена,  $\text{м}^2$ ;  $\varphi_{1,2}$  – угловой коэффициент излучения;  $\varphi_{1,2}$  между круглыми параллельными дисками можно рассчитать из формулы:

$$\varphi_{1,2} = \left[ \sqrt{\left( \frac{d_2}{2d_1} + 0,5 \right)^2 + \left( \frac{h}{d_1} \right)^2} - \sqrt{\left( \frac{d_2}{2d_1} - 0,5 \right)^2 + \left( \frac{h}{d_1} \right)^2} \right]^2 \quad (2)$$

Если  $d_2 = d_1 = h$ , тогда  $\varphi_{1,2} = 0,168$ .

Для параллельных дисков с учетом отражения от поверхности соединяющей их нетеплопроводной оболочкой если  $d_1 = d_2 = h$ ,  $\varphi_{1,2} = 0,18 - 0,45$

$$F_p = \frac{\pi}{4} \left[ \sqrt{\left( \frac{d_2 + d_1}{2} \right)^2 + h^2} - \sqrt{\left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right)^2 + h^2} \right]^2. \quad (3)$$

Если  $h = d_2 = d_1$ , тогда  $F_p = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

Расчеты показали, что угловой коэффициент излучения от терморееабилитируемой поверхности  $\phi$  при наличии цилиндрических микромоделей (диаметры торцевых поверхностей равны между собой) в зависимости от  $R/d$  изменяется по гиперболической кривой от 0,9 до 0,04 при изменении отношения расстояния между торцевыми поверхностями к их диаметрам от 0,5 до 2,5.

**Микроклимат помещений Собора Святой Софии в г. Полоцке**

Борухова Л.В., Протасевич А.М., Тумашик Е.П.  
Белорусский национальный технический университет

Проблемы, возникающие при реставрации старых храмов в основном связаны с неправильной организацией работы систем отопления и вентиляции и изменениями, вносимыми в строительные конструкции храма. Проблемы подобного рода становятся тем более актуальными по причине возрастающих темпов реставрации и строительства православных храмов на территории Белоруссии.

После реставрации Софийского собора в 80-х годах в нем был обустроен концертный органнй зал и уникальный музей истории архитектуры храма. В 2007 году в соборе был проведен ремонт кровли холодного чердака, после которого в зимний период начала происходить конденсация водяного пара из теплого воздуха, поступающего в объем чердака из зрительного зала. Конденсация влаги зафиксирована и на сводах собора. Как показало обследование, при проектировании кровельного покрытия были допущены ошибки по применению антиконденсатной пленки «Ютакон Н 130 ВС УВ». В результате проведенных обследований микроклимата помещений (при наружной температуре  $t_n = -2^\circ\text{C}$ ) были получены следующие данные: температура внутреннего воздуха и относительная влажность в зрительном зале собора составляют соответственно  $14...16^\circ\text{C}$  и  $50...58\%$ , температура внутреннего воздуха и относительная влажность в чердачном пространстве главного нефа Софийского собора составляют соответственно  $3...4^\circ\text{C}$  и  $75...80\%$ ; температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций зрительного зала собора и ограждающих конструкций чердачного пространства составляют соответственно  $14...15^\circ\text{C}$  и  $-1...-2^\circ\text{C}$ . Полученные данные подтвердили возможность выпадения конденсата на строительных конструкциях чердачного помещения.

Вентиляция помещений собора реконструкции не подвергалась. В помещении зрительного зала воздухообмен организован следующим образом: приток – естественный неорганизованный, вытяжка – естественная организованная через отверстия в сводах собора. Обследование показало, что работа системы вентиляции не обеспечивает требуемый воздухообмен и равномерное проветривание зрительного зала. Её производительность составила  $2400\text{ м}^3/\text{ч}$ , при нормативном воздухообмене  $9120\text{ м}^3/\text{ч}$ . На основании проведенных обследований были разработаны мероприятия по дополнительному утеплению перекрытия и организации вентиляции объема чердака с удалением влажного воздуха для нормализации тепловлажностного режима помещений.

## **Вентиляция и кондиционирование высотных многофункциональных зданий**

Борухова Л.В., Герасёва М.А.

Белорусский национальный технический университет

Высотные здания представляют собой сложные объекты, в которых имеет место специфический воздушно-тепловой режим. В Беларуси нет опыта проектирования, строительства и эксплуатации таких зданий. К системам вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий предъявляются повышенные требования.

В результате расчетов были получены графические зависимости, отражающие изменение температуры, давления воздуха и скорости ветра по высоте здания в холодный и теплый периоды года для г. Минска.

Изменение скорости ветра было рассчитано по степенному закону (ASHRAE Handbook.1997) и в соответствии с действующей нормативной базой (СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия») для различной плотности городской застройки. Существенное отличие полученных результатов, в среднем 14%, говорит о необходимости уточнения существующей методики для применения при проектировании высотных объектов.

Вопросы аэродинамики являются определяющими для проектирования вентиляции, выбора ограждающих конструкций с требуемой воздухопроницаемостью. Ветровое давление на здание характеризуется распределением аэродинамических коэффициентов, зависящих от формы здания, геометрических размеров, степени защищенности и расположения здания относительно направления ветра.

Ввиду уникальности высотных сооружений задача определения аэродинамических коэффициентов является сложной и на современном этапе развития науки и техники реализуется средствами математического и физического моделирования.

Теоретические основы моделирования разработаны советскими учеными Ф.Л. Серебровским, Э.И. Реттером, Л.И. Седовым и др. С помощью приведенных ими критериальных уравнений можно определить усредненные по фасаду здания аэродинамические коэффициенты, что позволяет на начальных стадиях проектирования грамотно выбрать место расположения и ориентацию здания, зоны благоприятные для размещения инженерного оборудования, выявить места возможного проникновения мощных воздушных потоков и предупредить их негативное воздействие. Однако существующие методики справедливы лишь для зданий высотой до 8-9 этажей, поэтому требуется их корректировка методами физического моделирования для нужд высотного строительства.

## Когенерационные установки в системах централизованного теплоснабжения

Копко В.М., Белячевская Н. А.

Белорусский национальный технический университет

Когенерация – это комбинированная выработка в одной тепловыгодной установке электрической и тепловой энергии. При этом высокопотенциальная энергия продуктов сгорания природного газа (с температурой до 1530 °С) преобразуется в электроэнергию, а средне и низкопотенциальная энергия отработавших в двигателе газов используется либо напрямую, например, в качестве сушильного агента, либо для выработки и отпуска тепла потребителям в виде водяного пара или горячей воды для нужд технологии, вентиляции, отопления и горячего водоснабжения. Общий коэффициент использования топлива может достигать 87-92%.

На современном этапе когенерация базируется на новых технологиях с применением в качестве тепловых двигателей газотурбинных установок (ГТУ) и газопоршневых агрегатов (ГПА) Их достоинство по сравнению с ранее применявшимися паротурбинными установками (ПТУ), заключается в том, что процесс выработки электрической энергии начинается при температурах свыше 1000 °С, а не при 500-550 °С, как в ПТУ. Их электрический КПД достигает 40% для ГТУ и 46% для ГПА, ПТУ- 25-36%. В этом случае эффективность использования энергетического потенциала природного газа возрастает более чем в два раза по сравнению с паротурбинной технологией. Удельный расход условного топлива в когенерационных установках составляет 140-160 грамм на 1 кВт-час, в то время как, например на Лукомльской ГРЭС – одной из лучших в мире, паротурбинных конденсационных электростанций на сверхкритические параметры пара - он равен 320 грамм.

В республике также имеется опыт успешного применения ГПА, например, на ОАО «Гродно. Химволокно», где с февраля 2004г. эксплуатируются четыре ГПА фирмы GE Jenbacher электрической мощностью 2,74 МВт каждый с производством пара и горячей воды тепловой мощностью 2,86 МВт, а в 2006 году в эксплуатацию введены еще четыре ГПА электрической мощностью 3,05МВт, тепловой 3,15 МВт. На котельной ЖКХ в г.п. Бельниччи с декабря 2004 года работает ГПА фирмы Caterpillar электрической мощностью 1 МВт и тепловой мощностью 1,3 МВт.

Всего в когенерационном цикле на предприятии республики находится в эксплуатации 4 ГТУ суммарной электрической мощностью 67 МВт, тепловой мощностью 122 МВт и 19 ГПА суммарной электрической мощностью 49 МВт.



**Тепло- и массоперенос в вертикальных стержнях (колоннах),  
проходящих в помещениях с различными  
микrokлиматическими характеристиками**

Нестеров Л.В., Грачев И. Ю., Григорьев С. А.

Белорусский национальный технический университет

Цель приведенной задачи – произвести теплотехнический расчет геометрических характеристик теплоизоляции колонн здания, необходимой для исключения выпадения конденсата на их поверхности в отапливаемых помещениях. Для расчета выбрано административное здание с двухуровневой автостоянкой на первом и втором этажах, помещением ресторана в подвальном этаже и офисными помещениями на четвертом и последующих этажах.

В соответствии с таблицами 4.1 и 4.3 ТКП 45-2.04-43-2006 определяем теплофизические параметры воздуха в офисах, ресторане и на автостоянке; характеристики колонны и теплоизоляционных материалов.

Температурное поле стержня прямоугольного сечения конечных размеров описывается дифференциальным уравнением изменения температуры стержня по длине. Для решения задачи используем уравнение, связывающее избыточную температуру торца стержня с теплофизическими параметрами колонны и теплоизоляционной детали:

$$\vartheta_{x=h} = \vartheta_0 \frac{1}{ch(mh) + \frac{\alpha_2}{m\lambda} sh(mh)}$$

Для теплоизоляционной детали характерны два геометрических параметра: высота и толщина. Для участка колонны над потолком ресторана конструктивно задана высота, под офисными помещениями – толщина. Применяя расчетную формулу для участка колонны между потолком ресторана и конечной точкой теплоизоляционной детали, получим искомое температурное поле. Дальнейший расчет производится с помощью электронных таблиц Microsoft Office Excel. Подставляя значения теплофизических параметров колонны, теплоизоляционной детали, а также искомой толщины детали, входящей в приведенный коэффициент теплопроводности (по ТКП 45-2.04-43-2006 при наличии в слое теплоизоляции сквозных включений из материалов с другим, чем у материала этого слоя, коэффициентом теплопроводности принимаем приведенный коэффициент теплопроводности), находим толщину, при которой избыточная температура торца близка к нулю.

Расчет высоты теплоизоляционной детали под помещениями офисов при заданной толщине выполняется аналогично. При этом толщина теплоизоляции задана конструктивно, а высоту необходимо рассчитать.

**Результаты исследований аэродинамических режимов  
вытяжных систем вентиляции на модели «теплого»  
чердака жилого дома**

Протасевич А.М., Якимович Д.Д.

Белорусский национальный технический университет

Выполнен комплекс исследований по изучению аэродинамического режима системы вентиляции здания с «теплым» чердаком на модели чердачного помещения одной секции типового панельного жилого дома серии 464-У1. Модель выполнена в масштабе 1:20.

По результатам исследований представлены графические зависимости изменения производительности вентиляционных стояков, формирования давлений в каналах-попутчиках вентиляционных стояков и в различных участках помещения «теплого» чердака.

Получены результаты распределения давлений в различных участках объема чердака при различных скоростях истечения воздуха из сборных вентиляционных каналов при различных аэродинамических режимах (разрежение, нагнетание) в «теплом» чердаке.

Проведен анализ полученных результатов, определены закономерности влияния форм оголовков вентиляционных каналов, расположения вентиляционных стояков и сборной вентиляционной шахты, в плане чердачного помещения, на формирование давлений в каналах-попутчиках и объемов воздухоудаления (скоростей потоков воздуха) через сборные вентиляционные каналы.

По результатам видеосъемки были составлены схемы воздушных течений в чердачном помещении, выполнен анализ этих течений с определением застойных зон и зон с максимальными значениями скоростей воздушных потоков. Результаты экспериментальных исследований получены для различных форм вентиляционных оголовков при стандартной конструкции чердачного помещения и для варианта с разделением чердачного помещения на две части.

Разработаны рекомендации для проектирования систем естественной вентиляции жилых домов с «теплыми» чердаками, где приведены:

- аэродинамические и теплотехнические обоснования изменений в подходе к вопросам проектирования и эксплуатации таких систем естественной вентиляции зданий;
- представлен пошаговый процесс аэродинамического расчета на всем протяжении движения воздуха от входа его в помещения квартир и до его выпуска в атмосферу из вытяжных вентиляционных шахт.

## **Результаты определения сопротивления теплопередаче современных оконных заполнений с использованием ИК-съёмки**

**Якимович Д.Д., Короткий В.Н., Черванева Е.А., Матус М.А.**  
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время с учетом возросших требований к энергосбережению для зданий и увеличившихся темпов строительства все большее применение в качестве оконных заполнений находят стеклопакеты. Однако анализ многолетних данных по теплотехническим обследованиям с использованием тепловизионной съёмки показывает, что в ряде случаев установленные стеклопакеты не соответствуют требованиям по энергосбережению.

В настоящее время нормативное сопротивление теплопередаче заполнений световых проёмов согласно ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) должно быть не менее  $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , независимо от размеров и материала, из которого выполнены окна. Определение сопротивления теплопередаче при сертификации образцов оконных заполнений выполняется в условиях климатокамеры и, в случае соответствия исследуемого образца нормативным требованиям, выдаётся сертификат соответствия. Однако случается, что окна, идущие на сертификацию, и окна, устанавливаемые на строительных объектах, разнятся.

На основании результатов тепловизионной съёмки были выполнены серии приборных измерений. Измеренное значение сопротивления теплопередаче светопрозрачной части дефектного стеклопакета составило  $0,38 \dots 0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , что подтверждается присутствием конденсата и наледи. Полученные результаты свидетельствуют, что определение сопротивления теплопередаче светопрозрачной части оконных заполнений в условиях объекта не является чем-то трудно осуществимым.

Выявление оконных заполнений, имеющих низкие теплосберегающие характеристики наиболее эффективно выполнять в условиях готового объекта с использованием тепловизионной съёмки, так как испытания каждого стеклопакета в условиях климатокамеры достаточно длительная и дорогостоящая процедура.

Предлагается производить определение сопротивления теплопередаче светопрозрачной части стеклопакетов, выбранных на основании тепловизионного обследования здания, непосредственно в условиях готового объекта. За основу может быть взята та же методика, что и для наружных стен зданий с внесением уточнений и сокращением периода проведения измерений.

**Способ сушки сыпучих материалов и установка для сушки зерна, обеспечивающие экономию топливно-энергетических ресурсов и высокое качество высушиваемых материалов**

Байлук Н.Д., Занкевич В.А., Черванева Е.А.  
Белорусский национальный технический университет

Опыт эксплуатации зерносушилок [1] показал, что используемые в настоящее время установки для сушки зерна имеют ряд недостатков, а именно:

- неравномерное распределение по сечению сушильных колонок агента сушки и воздуха для охлаждения зерна;
- перегрев отдельных слоев, образование застойных зон вследствие кольматации и неравномерной скорости перемещения отдельных слоев зерна;
- неудовлетворительное смешивание зерна различной влажности и температуры из-за отсутствия отлежки;
- неудовлетворительное охлаждение зерна;
- отсутствие надежных средств автоматизации;
- значительные теплотери через плохо изолированные поверхности.

Основными причинами этого являются конструктивное несовершенство тепловентиляционных систем, а также заниженные объемы охлаждающих камер зерносушилок. В связи с этим были проанализированы конструктивные особенности зерносушилок с позиций комплексного воздействия их на все процессы, характерные для сушки зерна и, в частности, на такие негативные явления, как пересушивание и перегрев, либо, наоборот, недосушивание и недогрев зерна, а также недостаточное охлаждение просушенного зерна.

На основании проведенных исследований предлагается способ сушки сыпучих материалов путем:

- просасывания агента сушки сквозь движущийся слой зерна, обеспечивая увеличение скорости движения агента сушки по мере насыщения его влагой из зерна;
- чередования циклов нагревания и охлаждения высушиваемых материалов с обязательной отлежкой их после каждого цикла;
- модульного исполнения сушильных установок с сетчатыми колонками, заключенными в теплоизолированный короб.

Расчеты интенсивности испарения и количества испаряемой влаги выполняются в соответствии с [2].

1. Малин, Н.И. Энергосберегающая сушка зерна / Н.И. Малин. – М., 2004 . .
2. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М., 1968 г.

## **Нестационарный температурный режим систем наружной теплоизоляции стен зданий**

Лешкевич В.В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе исследования температурно-влажностного режима и долговечности наружных стен с наружной теплоизоляцией и существенное значение имеет прогнозирование температурно-влажностного поля за период от нескольких лет до десятилетий. В результате анализа наиболее известных методик расчета и соответствующих им компьютерных программ с целью выявления их особенностей и оценки возможности их применения для решения задачи повышения энергоэффективности и долговечности ограждений установлено, что в практике наиболее часто используются два метода решения — метод конечных разностей и метод конечных элементов.

Распространенные методики и программы расчета ориентированы на определение влажностного состояния конструкции через заданный промежуток времени (несколько лет) с целью прогнозирования его теплозащитных свойств и основаны, как правило, на методе конечных разностей, в связи с чем их применение несколько ограничено.

В методе конечных разностей строятся, как правило, регулярные расчетные сетки, особенности геометрии области учитываются только в около граничных узлах. В связи с этим метод конечных разностей чаще применяется для анализа задач с прямолинейными границами областей определения функций. Применение нерегулярных сеток существенно усложняет решение.

В методе конечных элементов разбиение на элементы производится с учетом геометрических особенностей области, процесс разбиения начинается от границы с целью наилучшей аппроксимации её геометрии. В связи с этим метод конечных элементов имеет преимущество перед методом конечных разностей при расчете современных ограждений с мелкими элементами: дюбели, кронштейны, каркасы стеклопакетов и др. Кроме того, при использовании метода конечных элементов существенно упрощается переход от двумерной к трехмерной пространственной задаче.

В связи с указанными особенностями авторами принято решение о разработке методики расчета на основе метода конечных элементов, которая должна по возможности полно отражать изменение как температурного, так и влажностного состояния материалов конструкции с целью применения решения для анализа как теплозащитных свойств, так и показателей долговечности конструкции.

## Исследования коэффициентов теплопроводности ячеистых микромодулей

Сизова Е.В., Петров И.Н., Костевич М.Ф.  
Белорусский национальный технический университет

Теоретические исследования теплопроводности показывают, что основными показателями эффективности теплоизоляции ограждающих конструкций являются: сопротивление теплопередаче, малая отражательная способность и плотность материала, близкое к нулю сопротивление паропроницаемости, возможность использования местных материалов.

В результате анализа доказано, что термическое сопротивление конвективной теплоотдачи и теплопроводности зависит от геометрических размеров контуров и мало зависит от температур воздуха, при этом экранирование контуров существенно увеличивает теплозащитные параметры ограждений.

Расчёты радиационных и конвективных потоков в ограниченных пространствах показали, что с целью повышения теплозащитных качеств ограждений, уменьшения сопротивления паропроницанию, сокращения экономических и материальных затрат при монтаже, увеличению долговечности, упрощению технологии и продолжительности монтажа рекомендуется внедрять в качестве теплоизоляции контуры ситчатой (ячеистой) формы с высокой отражательной способностью, малым сопротивлением паропроницанию и весом в 5-10 раз меньше аналогичных конструкций.

Для определения соответствия аналитических исследований были проведены экспериментальные исследования действительных коэффициентов теплопроводности микромодулей в зависимости от их геометрических характеристик на установке. По результатам аналитических расчётов для эксперимента был смонтирован образец модуля ячеистой формы толщиной 0,03м который состоит из слоя круглых колец, изготовленных из оболочек пластиковых бутылок, заполненных сжатой бумагой, и двух экранов из бытовой алюминиевой фольги. В результате был получен следующий коэффициент теплопроводности опытного образца  $\lambda_{эк} = 0,055 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ .

Таким образом использование модулей ячеистой формы толщиной 0,03 м с заполнением из простой бумаги и с экранами из бытовой алюминиевой фольги позволило добиться коэффициента теплопроводности такого же, как и у пенополистерола, но в последнем случае были использованы местные материалы и отходы. Не считая того, что сопротивление паропроницаемости образцов из микромодулей ячеистой формы в отличие от пенополистерола практически равняется нулю, что предотвращает накопление влаги в наружных ограждающих конструкциях.

**Экспериментальное исследование  
температурного режима ледового поля**

Ливанский Д.Г.

Белорусский национальный технический университет

Согласно международным стандартам разность температур между двумя любыми точками на ледовом поле должна быть не более  $0,5^{\circ}\text{C}$  [2,3]. Так, например, наличие локальных температурных неоднородностей ледового поля в  $2-3^{\circ}\text{C}$  на вираже может привести к падению спортсмена вследствие заметного изменения условий скольжения на данном "температурном пятне". Как правило, минимальный характерный размер возможного "температурного пятна" определяется шагом раскладки в бетонной плите труб системы охлаждения и составляет  $\approx 10$  см. Тем не менее, даже такая незначительная по размеру локальная неоднородность реально может спровоцировать сбой при прохождении дистанции спортсменом.

Температурный режим ледового поля должен соответствовать требованиям, предъявляемым условиями конкретного вида спортивных соревнований. Для конькобежцев - это жёсткий лёд; более упругий и мягкий - для фигуристов; прочный, устойчивый к трещинам - для хоккеистов. Требуемые свойства льда достигаются за счет поддержания установленной для каждого вида соревнований температуры: так для скоростного бега на коньках  $-7^{\circ}\text{C}$ , для хоккея  $-5^{\circ}\text{C}$ , для фигурного катания  $-4^{\circ}\text{C}$ .

К настоящему моменту даже самые современные и технически оснащённые ледовые арены не располагают методами детального и оперативного контроля температуры больших площадей ледовой поверхности. Проблемы при измерении поверхностной температуры контактными способами обусловлены инерционностью и трудоёмкостью процесса.

Метод теплового неразрушающего контроля (ТНК) не связан с необходимостью размещения большого количества датчиков на поверхности ледового поля и позволяет получать изображение температурного поля всей поверхности льда.

Суть метода ТНК состоит в регистрации температурного поля поверхности контролируемого объекта тепловизионной аппаратурой и последующем анализе полученных термограмм.

Этот метод контроля практически не имеет альтернативы при первичной локализации температурных аномалий для крупных ледовых сооружений, имеющих площадь ледовой поверхности до  $12000$  м<sup>2</sup>.

Цель работы состоит в контроле и поддержке температурного режима ледового поля для достижения высоких спортивных результатов по фигурному катанию и скоростному бегу на коньках.

Сомова С.В., Мезенцев А.С.

Белорусский национальный технический университет

Наибольшее практическое значение в процессах осушки воздуха с получением точки росы  $-40$   $\div$   $-50$  °С получили синтетические цеолиты типа NaA, CaA, NaX, CaX. Селективность адсорбции цеолитами обусловлена наличием тонких пор строго определенного размера, соизмеримых с размерами молекулы воды. В отличие от силикагелей и углей в цеолитах образуется трехмерная система однородных отверстий и каналов, совокупность которых создает систему пор, поверхность которых может составлять сотни квадратных метров на 1 г. Помимо этого изотермы адсорбции цеолитами отличны от наблюдаемых на обычных адсорбентах. Общая величина адсорбции на силикагеле (аморфном оксиде кремния) может быть даже выше, но цеолит способен адсорбировать в заметных количествах и при малых давлениях: из газовой фазы, парциальное давление паров воды в которой равно 10 мм рт. ст., при 100 °С можно извлечь до 14,5 г воды на 100 г цеолита, а на силикагеле адсорбция воды при такой температуре практически не происходит. Это делает цеолиты незаменимыми в системах глубокой осушки и автономного жизнеобеспечения.

Особенности адсорбции на цеолитах связаны с тем, что ажурность кристаллической структуры создает большой адсорбционный объем, а его геометрия определяет молекулярно-ситовые свойства. Это объясняет повышенные по сравнению с аморфными адсорбентами значения адсорбционного коэффициента  $b$  - постоянной при заданной температуре величины, входящей в уравнение связи количества вещества, удерживающегося на адсорбенте, и парциального давления адсорбируемого вещества в газе ( $p$ ).

Наибольший интерес представляет насыщение цеолитов влагой в статическом режиме работы сорбента. В этом случае величина адсорбции зависит от значения теплоты адсорбции сорбированного газа, величины адсорбционного объема адсорбента, температуры адсорбента (т.е. от коэффициента аккомодации молекул воды в газовой фазе). Величина коэффициентов диффузии в этом случае, в отличие от динамического режима, не играет роли. В статическом режиме при температурах от 5 до 20 °С и парциальных давлениях водяного пара 1,3-2,6 кПа максимальная степень насыщения цеолитов водой достигается при осушке воздуха через 2000 часов для цеолитов KA и CaA и почти через 3000 часов у цеолитов нагревной группы, при использовании силикагелей максимальное насыщение водой происходит уже через 400 часов при тех же условиях.



## Печные изразцы в Беларуси

Пшоник М.Г., Листопад А.В., Желудок А.М.,  
Жилинская Т.С., Голец О.И.

Белорусский национальный технический университет

Изразцы – это керамические плитки для облицовки каминов, печей, стен. В странах Европы изразцы появились с 8 века.

Изготовление изразцов в Беларуси – яркое явление культурной жизни белорусского народа. Трудно назвать такой город или местечко, где жилые постройки обходились бы без изразцовых печей. Начиная с 14 века внутреннее убранство замков и дворцов, старинных усадеб и домов состоятельных горожан украшалось печами, сложенными из различных по форме, отделке и размерам изразцов. Готика и ренессанс, барокко и рококо, классицизм и модерн – все эти стили нашли место в белорусских изразцах.

В Беларусь изразцы попали, скорее всего, непосредственно из Германии – родины европейских изразцов. На рубеже 15-16 вв. начала применяться полива, которая обогатила художественную палитру изразцов, улучшила их эксплуатационные качества, придала изразцам большую ценность. На протяжении веков шли настойчивые, не прекращающиеся поиски и при производстве изразцов, и в конструкции самих изразцов.

С конца 18 в. в Беларуси появляются первые частные заводы по выработке изразцов. Огромный спрос на изразцовые изделия повлиял на выделение производства изразцов в самостоятельную отрасль. Помимо частных фабрик и заводиков начинают возникать предприятия капиталистического типа по изготовлению изразцов. В конце 19 в. на белорусских землях существует уже целая сеть заводов по изготовлению изразцов, которые возникли в традиционных местах гончарного производства: Бобруйск, Борисов, Витебск, Шклов, Копысь, Крупки, Минск, Новогрудок и др. Продукция этих заводов удовлетворяла не только внутренний рынок, но и шла далеко за пределы существующего в тот период «Северо-Западного Края».

Группа студентов БНТУ заинтересовалась историей «беларускага кафлярства». Изучив соответствующую литературу, посетив некоторые музеи республики, они провели собственные поиски, в результате которых сумели найти весьма интересные образцы - осколки изразцов и даже хорошо сохранившиеся целые экземпляры. Например, одноцветный изразец с клеймом завода Оверрбуха; или изразец советского довоенного периода, найденный в Верхнем городе в Минске, на котором видны рельефные серп и молот на фоне снопа пшеницы. Словом, ещё много интересных находок ждут исследователей и каждая такая находка – это ещё одна страница истории Беларуси.

Русавук А.В.

Белорусский национальный технический университет

Проблемы естественной вентиляции заключаются в ее отсутствии в летний период и в завышенных в 2 раза воздухообменах в зимний. Дефлекторы ЦАГИ не эффективны при наклонном ветровом потоке, характерном для режима обтекания сложной кровли [1]. Использование специального дефлектора с аэродинамическим обтеканием [2] позволяет создать эффективную вентиляцию в летний и зимний периоды.



На рисунках показана схема движения воздуха в дефлекторах ЦАГИ и в аэродинамическом дефлекторе. Конструкция последнего создаст значительное сопротивление при увеличении скорости в шахте выше номинального значения, поэтому воздухообмен в зимний период не превышает номинального предела.

В летний период безотрывное обтекание обеспечивает требуемые воздухообмены при скорости 3м/с и более.

Анализ эффективности предлагаемого дефлектора выполнен с помощью математического моделирования на ЭВМ. На рисунках показаны характер формирования воздушных потоков при безотрывном обтекания дефлектора, а также векторы скоростей на его поверхности.



Были изготовлены два дефлектора круглой и квадратной формы. Эксплуатация дала положительные результаты в летний и зимний периоды. Например, в летний период нет необходимости в использовании вытяжных вентиляторов. А в зимний период не наблюдается значительных увеличений расходов вытяжного воздуха через вентиляционные шахты, на которых установлены аэродинамические дефлекторы предложенной конструкции.

#### Литература

1. Ханжонков, В.И.. Вентиляционные дефлекторы / В.И.Ханжонков. – Л.: Гос. изд-во строительной литературы, 1947.
2. Богословский, В.Н., Покотилов, В.В. Системы микроклимата экспериментального жилого дома (проект для г.Москвы)// Сб.докладов. М.: РААСН, НИИСФ, 1999. С.37-47.

**Теплоснабжение высотных зданий**

Протасевич И.А.

Белорусский национальный технический университет

Высотные здания представляют новый закономерный этап развития города Минска. В ТКП 45-3.02-108-2008 «Высотные здания» высотные здания определяются как многоэтажные здания жилого назначения высотой от 75 до 100 м включительно, общественные и многофункционального назначения высотой от 50 до 200 м включительно.

Опыт проектирования и эксплуатации высотных зданий показывает, что оптимальная высота зоны системы отопления может составлять до 80 м. Для систем водоснабжения требования более жесткие и высота зоны ограничивается 60 м. Как правило, зона инженерного оборудования совпадает с границами пожарного отсека по высоте.

Внешнее теплоснабжение высотных зданий реализуется путем подключения к городским тепловым сетям через ЦТП. В первом случае в ЦТП располагаются теплообменники с циркулярными насосами систем теплопотребления. Во втором случае ЦТП служит для ввода городских тепловых сетей в здание или комплекс, учета тепловой энергии и при необходимости установки когенерации или тригенерации.

При высоте зданий до 200-220 м возможно размещение тепловых пунктов внизу здания, не ниже минус первого этажа. При большей высоте здания рекомендуется применять каскадную схему подключения зональных теплообменников отопления и горячего водоснабжения.

Особое внимание уделяется вопросам резервирования источника теплоснабжения. Основными резервными источниками теплоснабжения служат автономные источники теплоты, работающие на газообразном или жидком топливе, размещаемые в пристроенном, встроенном помещении, а также в крышном варианте. К ним относятся мини-ТЭЦ на базе газотурбинной (ГТУ) или газопоршневой ГПУ установок, котельная с водогрейными котлами.

При невозможности 100% резервирования необходимо предусматривается резервный теплообменник только на систему вентиляции или хотя бы один теплообменник по максимальной мощности, который, в первую очередь, напрямую по самой короткой схеме параллельно завязан с теплообменником системы вентиляции.

Системы отопления, применяемые в зданиях повышенной этажности можно разделить на вертикальные (со стояками, применяют в зданиях с единым учетом теплопотребления) и горизонтальные (поквартирная, поэтажная разводка).

**Подбор типов флюидов для заполнения  
гидротеплопневморегулируемых сопряжений,  
расчет и анализ их термофизических характеристик**

Сизов В.Д., Акельев В.Д., Золотарева И.М.  
Белорусский национальный технический университет

Эффективность длительной эксплуатации стыковых сопряжений в значительной мере зависит от термофизических свойств флюидов, находящихся внутри оболочек, которыми определяется интенсивность теплопередачи, перепады давлений и поле скоростей воздухопотоков.

Определяющей величиной при анализе термических сопротивлений, теплоемкости и вязкости ньютоновских и неньютоновских флюидов являются температурный коэффициент объемного расширения капельных и газообразных жидкостей, который зависит от их критической температуры и удельного объема.

Критическая температура  $T_{кр}$  может быть рассчитана как

$$T_{кр} \approx 1,5 T_g \text{ или } \frac{T_g}{T_{кр}} \approx 0,667, \quad (1)$$

где  $T_g$  — температура кипения при нормальном давлении.

Величина критического удельного объема  $\vartheta_{кр}$  для органических жидкостей с использованием метода Лидерсена равна

$$\vartheta_{кр} = \sum \Delta\vartheta + 0,04, \quad (2)$$

где  $\Delta\vartheta$  определяется атомными и структурными постоянными.

При низких значениях приведенных давлений и высоких значениях приведенных температур должно выполняться соотношение:

$$p\vartheta = \tilde{R}T \quad (3)$$

где  $p$  — давление, Па;  $\vartheta$  — удельный объем, м<sup>3</sup>/кмоль;  $T$  — абсолютная температура, К;  $\tilde{R}$  — универсальная газовая постоянная, ( $\tilde{R} = 8314,41$  Дж/к моль К).

При более высоких давлениях или при температурах меньших температуры конденсации поведение реальных газов и паров может быть соотнесено с поведением идеальных газов с помощью фактора сжимаемости  $Z$ :

$$Z = \frac{p \cdot \vartheta}{\tilde{R} \cdot T}, \quad (4)$$

который является безразмерной величиной и зависит от температуры, давления и термодинамических свойств флюида.

**Методика расчета температурных полей слоев  
из модулей ячеистой формы с учетом отражательной способности,  
плотности и величины паропроницаемости**

Сизов В.Д., Акельев В.Д., Золотарева И.М.  
Белорусский национальный технический университет

Проведены аналитические исследования влияния на теплоперенос в модулях ячеистой формы, используемых при термомодернизации ограждающих конструкций, их геометрических конфигураций, сред с различными термодинамическими параметрами, отражательной способности, поверхности, плотности и сопротивления паропроницаемости.

Показано, что геометрические характеристики модулей и микромодулей существенно зависят от корректности методики расчета температурных полей с учетом диффузионных потоков. Коэффициент теплопроводности для газов определяется на основании молекулярно-кинетических соотношений, из которых соответственно следует, что коэффициенты теплопроводности различных газов меняются в значительных пределах и, следовательно, наличие в микромодулях сред из различных газов оказывает значительное влияние на теплопроводность модулей в целом.

Термические сопротивления теплопередаче микромодулей увеличиваются при уменьшении их средних температур и линейно зависят от радиационных характеристик поверхностей.

Показано, что сопротивление паропроницаемости элементов модулей на теплоперенос в 3-5 раз меньше известных. Вследствие очень малого сопротивления паропроницаемости предлагаемых конструкций пересечение линий максимально возможных парциальных давлений с кривыми реальных (действительных) исключено и, таким образом, зоны возможной конденсации в таких конструкциях отсутствуют.

Методика расчета температурных полей теплоизоляционных слоев из модулей ячеистой формы состоит в следующем. Теплообмен и массообмен в микромодулях рассматривается как тепло-и массообмен в ограниченном пространстве при естественной конвекции и стационарном режиме.

Расчет температурных полей показал, что при отводе или подводе теплоты от потока доминирующими при разработке конструкции являются геометрические характеристики и формы микро- и макро-модулей.

Принимая термомодернизируемое ограждение как многослойную неоднородную систему при граничных условиях 3-го рода методом конечных разностей по сетке прямоугольного типа были рассчитаны их температурные поля.

**Влияние турбулентности на процессы  
естественной конвекции в отапливаемых помещениях**

Захаревич А.Э.

Белорусский национальный технический университет

Обеспечение требуемых параметров микроклимата в помещениях является актуальной задачей. Качество решения данного вопроса определяет самочувствие людей, и (или) качество производимой продукции.

В отличие от применяемых ныне нормативных методик проектирования систем отопления, использование численных моделей позволяет максимально полно учесть все особенности конкретной задачи, нестационарность и многомерность процессов тепло и массопереноса. Основой для построения численных моделей являются дифференциальные уравнения переноса, описывающие поведение помещения как системы, состоящей из множества элементов.

Естественная конвекция возникает в поле гравитационных сил вследствие зависимости плотности воздуха от температуры. Для нахождения распределения полей температуры и скорости в объеме помещения используется система дифференциальных уравнений, которые представляют собой выражение законов сохранения массы, количества движения и тепловой энергии. Дифференциальные уравнения, составленные для условий ламинарного течения, можно применять и при турбулентном движении воздуха. Для этого следует ввести в них осредненные во времени физические величины и использовать эффективные коэффициенты вязкости и теплопроводности, которые характеризуют суммарную интенсивность молекулярного и турбулентного переноса количества движения и тепловой энергии соответственно. Турбулентные коэффициенты переноса можно определить, используя двухпараметрическую  $k$ - $\epsilon$  модель. Ключевыми характеристиками в данной модели являются кинетическая энергия ( $k$ ) и скорость диссипации ( $\epsilon$ ) энергии турбулентности.

Влияние турбулентности на тепломассообмен в пространстве помещения тем сильнее, чем выше подвижность воздуха. Следует учитывать турбулентность при моделировании распространения струй механических вентиляционных систем. В условиях же естественной конвекции в помещении высотой 2,5 м при применении конвекторов, радиаторов и подоконных отопительных панелей, максимальная подвижность воздуха составляет примерно 0,2–0,3 м/с, средняя скорость – менее 0,05 м/с. В случае использования напольного отопления подвижность воздуха имеет еще более низкое значение. Целесообразность учета турбулентности в данных условиях необходимо оценить.

## Критериальные уравнения теплообмена в плоских щелях в теплообменниках типа воздух-воздух

Кашеева О.В.

Белорусский национальный технический университет

Для определения эффективности теплообмена в пластинчатых теплообменниках типа воздух-воздух проведен анализ критериальных уравнений теплообмена в плоских щелях. На основе сводного графика зависимостей, приведенных в различных литературных источниках, сделаны следующие выводы:

- при ламинарном режиме течения для расчета конвективного переноса при малых скоростях потока целесообразно применять систему уравнений (1):

$$\begin{cases} Nu = 1,85 Re_D^{1/3} Pr^{1/3} \left( \frac{2h}{l} \right)^{1/3}, & \text{для } \left( Re_D \cdot Pr \frac{2h}{l} \right) > 70 \\ Nu = 8,24, & \text{для } \left( Re_D \cdot Pr \frac{2h}{l} \right) < 70, \end{cases} \quad \text{при } D = 2h \quad (1)$$

- для переходного режима течения при  $2200 < Re < 10000$  применяется метод интерполяции между значениями критерия Нуссельта для ламинарного и турбулентного режимов:

$$Nu = Nu_* \left( \frac{Re_D}{2100} \right)^{1,47 \cdot Lg \left( \frac{Nu_T}{Nu_L} \right)}, \quad \text{при } D = d_{эKB} \quad (2)$$

- для расчета теплообмена при турбулентном режиме течения в плоском канале можно использовать экспериментально подтвержденное выражение (3):

$$Nu = 0,018 Re_D^{0,8}, \quad \text{при } D = d_{эKB} \quad (3)$$

где:  $Nu$  – число Нуссельта,  $Nu_L$  – число Нуссельта, рассчитанное при  $Re=2100$  по формулам для ламинарного режима течения;  $Nu_T$  – число Нуссельта, рассчитанное при  $Re=10000$  по формулам для турбулентного режима течения;  $Re$  – число Рейнольдса (нижний индекс  $D$  при  $Re$  указывает, какая величина принималась за характерный размер при расчете числа Рейнольдса),  $Pr$  – число Прандтля,  $h$  – расстояние между пластинами, м;  $l$  – расстояние от входа в канал до рассматриваемого сечения канала, м;  $d_{эKB}$  – эквивалентный диаметр канала, м.

## **Использование атомной энергии в Республике Беларусь для целей энергосбережения**

Могилат Г.А., Березовский С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Проблема энергообеспечения считается во всем мире одной из самых приоритетных. Энергосбережение является важнейшей ее составляющей, которой в промышленно развитых странах уделяется самое серьезное внимание в рамках общенациональных задач. За последнее время в этих странах заметно снижена энергоемкость валового продукта.

В Республике Беларусь эта проблема имеет особую остроту, что связано с двумя обстоятельствами: остром дефиците собственных первичных энергоресурсов и энергоемкостью производимой продукции. Последняя почти в два раза выше, чем на аналогичных предприятиях Западной Европы. Стоимость электричества, произведенного на АЭС, ниже, чем на большинстве электростанций иных типов.

По экспертным оценкам МАГАТЭ, предполагается строительство к 2020 году до 130 новых энергоблоков. Собственная АЭС позволит Беларуси решить ряд стратегических важных задач:

- обеспечить дополнительные гарантии укрепления государственной независимости и экономической самостоятельности Беларуси (возведение атомной электростанции позволит снизить потребность государства в импортных энергоносителях почти на треть);
- снизить уровень использования природного газа в качестве энергоресурса (ввод в действие АЭС в Беларуси позволит уйти от однобокой зависимости нашей экономики от поставок российского газа и приведет к экономии около 4,5 млн. м<sup>3</sup> газа в год);
- строительство АЭС в Беларуси рассматривается как вариант диверсификации поставщиков и видов топлива в топливно-энергетическом балансе страны;
- атомная энергетика открывает новые возможности для развития национальной экономики;
- Строительство АЭС будет способствовать экономическому и социальному развитию региона размещения АЭС;
- Опыт, приобретенный при строительстве АЭС, в перспективе позволит использовать промышленный и кадровый потенциал страны при возведении объектов ядерной энергетики как в республике, так и за рубежом;
- Введение в энергобаланс АЭС позволит снизить выбросы парниковых газов в атмосферу.



# **Геодезическое обеспечение строительства**

## Геодезический мониторинг подкрановых путей электронным тахеометром

Михайлов В.И., Скребков Г.В., Тимошенко С.А.  
Белорусский национальный технический университет

Нами разработана методика для мониторинга путей крана электронным тахеометром SOCKIA SET 3130 и Leica 305, которая применена на объектах ОАО «Гродно Азот». Измерения выполнялись на миниотражателе, который устанавливался в отверстие шаблона точно по центру рельса.

На полу цеха выбираются две точки, с которых будет вестись съемка. Рекомендуется геодезические измерения проводить синхронно двумя тахеометрами для обеспечения дополнительного контроля измерений и сокращения времени на их выполнение в условиях производственного цеха.

Все расчеты выполняются автоматически в программном комплексе «CREDO», или табличном редакторе «EXCEL», а графические построения программой «AutoCAD». За исходные точки приняты начало и конец левого пути, первой точке задаются координаты X и Y. Координаты второй точки зависят от длины рельса и определяются тахеометром. Высоты рельсов вычисляются от нулевой отметки пола. В «AutoCAD» соединяется прямой первая и последняя точки рельса. В каждой точке строится перпендикуляр к полученной линии (ось Y). На исполнительном чертеже подписываются значения вектора отклонения от прямой со своим знаком. Для правого рельса откладывается ширина колеи 16500 мм и выполняются аналогичные построения.

Для оценки точности двойных измерений используется формула Гаусса  $m_d = \sqrt{[d^2]/n}$ ,  $m = m_d/\sqrt{2}$ , где  $d = x_i - x'_i$ ;  $x_i$  – первое измерение,  $x'_i$  – второе измерение. Для полученных отметок  $m_d = 2,3\text{мм}$ ,  $m = 1,6\text{мм}$ ; абсцисс (X) –  $m_d = 2,5\text{мм}$ ,  $m = 1,8\text{мм}$ ; ординат (Y) –  $m_d = 3,4\text{мм}$ ,  $m = 2,4\text{мм}$ .

Таким образом, проведенные экспериментальные измерения на основе инновационных технологий позволили:

1. Разработать методику геодезического мониторинга подкрановых путей электронным тахеометром, которая дает следующие преимущества: выполнять периодические геодезические измерения с постоянных точек, расположенных на твердом основании; повысить точность измерений; проводить их обработку в автоматическом режиме.

2. Предложить внести в существующие инструкции пункт о проведении мониторинга подкрановых путей электронными тахеометрами с обоснованием необходимой точности.

УДК 528.331

### **Создание спутниковой геодезической сети на территории учебной географической станции БГУ «Западная Березина»**

Романкевич А. П.

Белорусский государственный университет

На территории прилегающей к географической станции «Западная Березина» ежегодно проходят полевую практику по топографии с основами геодезии около 150 студентов 1 курса географического факультета.

Существовавшая опорная геодезическая сеть представленная пятью пунктами была создана в середине 1970-х гг. методом триангуляции V-го класса. За последнее время два пункта были уничтожены в результате сельскохозяйственных работ, а остальные утратили свое назначение в связи с отсутствием видимости между ними. В настоящее время выполнены полевые GPS-измерения на 5 пунктах. В создаваемую спутниковую сеть учебного полигона включены: два пункта ранее созданной опорной геодезической сети, грунтовый репер государственной нивелирной сети IV класса, репер нивелирной сети ГУГМС и вновь закрепленный пункт на территории метеорологической площадки. В качестве исходного принят пункт бывшей ГГС «Саковщина» 3 класса точности с известными координатами, расположенный в 3,8 км к западу от географической станции «Западная Березина».

Измерения проводились с применением одночастотной GPS - системы Trimble R3, включающей два GPS-приемника (контроллера) Trimble Recon 400 PPC с программным обеспечением Trimble Digital Fieldbook (базовый и роверный). Наблюдения выполнены относительным методом в режиме FastStatic (Быстрая статика).

При уравнивании базисных линий отношение и коэффициенты дисперсии не превысили допустимых значений. Максимальное среднеквадратическое отклонение (СКО) после уравнивания базисных линий не превысило 0,008 м.

Координаты пунктов созданной спутниковой геодезической сети определены в глобальной геоцентрической системе координат WGS-84 и перевычислены в условную систему координат учебного полигона. Абсолютные отметки пунктов получены в Балтийской системе высот.

## Использование доступных программных средств для автоматизации расчетно-графических работ по геодезии

Позняк А.С., Кричко П.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время практически все вычислительные геодезические процессы на производстве автоматизированы. Однако до сих пор студенты на выполнение расчетов с целью получения пространственных координат характерных точек местности и оценки их точности затрачивают при необходимой теоретической подготовке не менее восьми часов рабочего времени с использованием инженерного калькулятора, так как существующее программное обеспечение не всегда соответствует учебным условиям и материально-техническим возможностям.

Для компьютерной обработки получаемых традиционными методами с помощью оптических теодолитов и нивелиров топографо-геодезических данных на кафедре инженерной геодезии разработаны необходимые программы на алгоритмических языках Фортран и Паскаль, позволяющие студентам автоматизировать трудоемкие вычислительные расчеты при обработке полевых геодезических измерений, а также закрепить теоретические знания по информатике и инженерной геодезии.

Более наглядное и комплексное решение по вычислительной обработке учебных полевых топографо-геодезических журналов получено нами при создании электронных таблиц с помощью Excel MS Office, где последовательно выполняется уравнивание углов, превышений, приращений координат; оценка точности полевых измерений, вычисление координат и высот точек съемочного обоснования, нивелирования по квадратам и тахеометрической съемки.

Несмотря на то, что исходные данные в каждом варианте различны, но их количество, расположение и структура одинаковые. Задача свелась к созданию совокупности электронных таблиц, которые внешне выглядят точно так же как в полевых журналах, но вычисления – автоматизированы с помощью записи необходимых формул в ячейки, где производится обработка данных, которые программа извлекает из других ячеек (например, с исходными данными, куда необходимо их ввести вручную). Точно так же в Excel на первом листе с исходными данными ввести координаты и дирекционные углы своего варианта (всего шесть цифровых значений) и содержание всех восьми таблиц автоматически рассчитывается. Качество, скорость вычислений и наглядность полученных материалов заметно изменились в лучшую сторону, многократно увеличилась их надежность и безошибочность.

Матиек С.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существует несколько различных способов уравнивания ходов планового обоснования. Однако, ни один из них теоретически надлежащим образом не обоснован. В этой связи изучение этой проблемы представляют особый интерес. Точность координат вершин хода зависит от точности измерения горизонтальных углов, длин линий и способом уравнивания. Но так как истинные значения ошибок измеренных углов и длин линий неизвестны, а способы уравнивания надлежащим образом не обоснованы, то в качестве их значений примем вероятные части слагаемых истинных ошибок, предельно минимизирующих искажения определяемых величин.

Так, за ошибки в длинах линий и их дирекционных углах примем величины

$$\Delta d_i = \frac{d_i}{N}, \quad (1), \quad \Delta \alpha_i = \frac{f_\beta}{n} \cdot i, \quad (2)$$

где  $N$  – относительная точность измерения сторон хода,  $f_\beta$  – угловая невязка хода,  $n$  – число сторон хода,  $d_i$  – измеренные значения сторон хода.

С учетом (1) и (2) вычисляют коэффициенты для уравнивания приращений координат, полученных без предварительного уравнивания углов

$$K_{x,i} = \frac{1}{N} \left( \Delta X_i + (N-1) d_i \frac{f_\beta}{n} \cdot i \cdot \delta_{1',i}^c \right),$$

$$K_{y,i} = \frac{1}{N} \left( \Delta Y_i + (N-1) d_i \frac{f_\beta}{n} \cdot i \cdot \delta_{1',i}^s \right),$$

где  $\delta_{1',i}^s$  и  $\delta_{1',i}^c$  – величины изменения функций  $\sin \alpha_i$  и  $\cos \alpha_i$  при изменении дирекционных углов  $\alpha_i$  на  $1'$ . Находят величины

$$K_x = [K_{x,i}], \quad K_y = [K_{y,i}],$$

и вычисляют поправки в приращение координат

$$\delta_{x,i} = -\frac{f_x}{K_x} K_{x,i}, \quad \delta_{y,i} = -\frac{f_y}{K_y} K_{y,i}.$$

Предложенная методика уравнивания приращений в ходах планового обоснования выгодно отличается от всех ныне существующих. Она

обеспечивает предельную минимизацию необоснованного искажения определяемых величин из-за процедуры уравнивания.

УДК 528.331

### **Использование современных средств геодезических измерений в научно-исследовательской работе студентов**

Романкевич А. П., Романкевич П. А., Павлюковец А. В., Мялик А. В.  
Белорусский государственный университет

Студентами специализации «Картография» кафедры геодезии и картографии географического факультета проводятся научные исследования с применением одночастотной спутниковой GPS-системы Trimble R3 и электронного тахеометра Trimble 3305 DR.

В 2009 г. тема студенческой НИР «Создание геодезической сети на территории Университетского городка БГУ методом спутниковых GPS-измерений» стала победителем республиканского гранта на соискание научных работ Министерства образования среди студентов. В результате выполненных исследований на местности закреплены пункты геодезической сети и определены их координаты из спутниковых GPS-измерений. Максимальное среднеквадратическое отклонение после уравнивания базисных линий не превысило 0,006 м. Координаты пунктов включены в глобальной геоцентрической системе координат WGS-84 и переисчислены в условную систему. Геодезическая привязка пунктов к постоянным местным предметам осуществлялась электронным тахеометром Trimble 3305. Результаты обрабатывались в программных продуктах CREDO и AutoCAD 2008. Составлены цифровые модели местоположения пунктов.

По теме курсового проектирования выполнялась электронная тахеометрическая съемка метеорологической площадки на географической станции «Западная Березина» и создана цифровая модель местности в масштабе 1:200. Графическое оформление цифровой модели и составление специальных условных знаков метеорологических приборов выполнялось в программе AutoCAD.

Темой дипломного проекта являлось составление цифровой модели территории географической станции «Западная Березина» по материалам электронной съемки. Для реализации проекта создавалось съемочное обоснование от пунктов спутниковой геодезической сети тахеометром Trimble 3305. По результатам съемки составлена цифровая модель в масштабе 1:500 с отображением всех объектов местности, в том числе и подземных коммуникаций.

**К вопросу совместного использования точек ГГС и ПСС**

Киричок О.И., Волков В.В.

Белорусский национальный технический университет

Цель настоящего исследования – решение вопроса о совместном использовании ранее созданной сети точек ГГС и вновь определяемых точек сети, полученных на основе GPS наблюдений (далее ПСС), проведенных с использованием оборудования последнего поколения американской фирмы Trimble. В связи с поставленной задачей был выполнен ряд экспериментальных наблюдений: 1. Определен интервал сходимости результатов многократных одномоментных измерений на стационарно закрепленных пунктах с удаленностью друг от друга от 5 до 70 км с использованием шести приемников R7, R8. Результат соответствует заявленной производителем точности и не превышает 5 мм для указанных дальностей. 2. Получены многократные результаты замыкания полигонов различной конфигурации и протяженности, относительная точность которых варьирует от 1:1000 000 до 1:78 000, и абсолютная величина невязок лежит в диапазоне от 1 мм до 37 мм (включая ошибки редукции и центрирования). 3. Результаты уравнивания многих комбинаций ГГС и GPS-сетей дают основание сделать вывод о том, что вновь создаваемые сети точек на основе GPS наблюдений имеют точность на порядок выше, чем пункты триангуляции 2 кл. АГС СССР, а плановые ошибки указанной сети колеблется от 4 см до 18 см. Эти величины можно расценивать как ошибки исходных данных. 4. Выполнен анализ влияния ошибок исходных данных при уравнивании сети точек ПСС, жестко привязанной к пунктам АГС 2 кл. Предельные ошибки вновь определяемых ПСС пунктов, вызванных ошибками исходных данных в полигонах максимальной неблагоприятной конфигурации достигают 1,2 м. Определена оптимальная геометрия сети, в которой ошибки исходных данных оказывают наименьшее влияние. Она характеризуется, как сеть приближенно правильных треугольников с длинной стороны не менее 20 км и не более 30 км. Здесь в самом неблагоприятном варианте погрешность, вызванная ошибками исходных данных, не превышает 12 см.

**Общие выводы:** 1. При определении отдельных точек ПСС от существующей сети АГС следует использовать точки ГГС не ниже 2 кл. 2. При развитии локальных сетей ПСС следует измерения в сетях АГС и ПСС следует расценивать как *неравноточные*, и при совместном уравнивании применять методы, учитывающие веса результатов измерений. 3. При развитии (реставрации) ГГС необходимо произвести общее переопределение (уточнение) координат пунктов АГС всех классов

## Применение нелогарифмических формул для шага численного дифференцирования при оценке точности положения пунктов нелинейными методами

Гармаза О.Е., Шнитко С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Большинство алгоритмов используют шаг численного дифференцирования по какому-либо параметру. Экспериментальные исследования показывают, что многие алгоритмы математической обработки геодезических измерений весьма чувствительны к величине шага. Для оценки точности функций измеренных и уравненных величин применяют фундаментальную теорему о переносе ошибок, в которой используют матричное равенство  $Q = FP^{-1}F^T$  (1)

В численных методах используют выражение  $F_{i,i} = \frac{\hat{X}_\delta - \hat{X}}{\delta}$  (2)

где  $\hat{X}$  – вектор уравненных координат определяемых пунктов;  $\hat{X}_\delta$  – вектор уравненных координат после искажения  $i$ -го измерения на величину шага  $\delta$ .

Вместо (2) можно применять известные выражения

$$F_{ixi} = \frac{1}{2\delta} (\hat{X}_\delta - \hat{X}_{-\delta}) \quad (3)$$

$$F_{ixi} = \frac{1}{6\delta} (\hat{X}_{-2\delta} - 6\hat{X}_{-\delta} + 3\hat{X}_\delta - 2\hat{X}_\delta) \quad (4)$$

$$F_{ixi} = \frac{1}{12\delta} (\hat{X}_{-2\delta} - 8\hat{X}_{-\delta} + 8\hat{X}_\delta - \hat{X}_{2\delta}) \quad (5)$$

Шаг  $\delta$  ранее рекомендовано вычислять следующим путем:

для введения приращения в измеренную сторону:  $\delta_S = 10^{\left(\lg \sqrt{S} - \frac{m}{3}\right)}$  (6)

где  $S$  – длина сторон в метрах;  $m$  – разрядная сетка ЭВМ.

для введения приращения в измеренное направление:  $\delta_H^* = \frac{\delta_S \rho^n}{S}$  (7)

Нетрудно доказать, что выражение (6) можно записать в нелогарифмическом виде:

$$\delta_S = \frac{\sqrt{S}}{10^{\frac{m}{3}}}$$



Рак И.Е.

Белорусский национальный технический университет

Во многих организациях и ведомствах существует проблема создания банков пространственно-распределенной информации, то есть геоинформационных систем, где информация имеет координатную привязку. Использование геоинформационных систем в управлении городским хозяйством позволяет получать полную информацию о состоянии и развитии городской территории. Для того чтобы перейти к применению ГИС-технологий нужны многоцелевые базы данных. Наиболее приемлемый способ их создания – использование существующей информации.

Сегодня в городе существует масса баз данных, созданных различными пользователями. Эти базы данных в пределах специальных площадок соответствуют современным требованиям, но они не согласованы между собой. Поэтому для создания единой топографической основы города, являющейся частью комплексной топографо-геодезической модели города, нужно выработать такие требования к создаваемым базам данных, которые позволили бы перейти из государственных баз данных к пользовательским и, наоборот, без потери точности. Таким образом, появится возможность обслуживать данный район, используя информацию, полученную от различных пользователей. Совокупность таких материалов можно рассматривать как базовую топографическую основу города.

Кроме того, для управления такими большими цифровыми моделями местности необходимо создать единую координатную основу. Поэтому первый шаг в решении поставленных задач – создание координатной основы и подбор новой проекции для рассматриваемой локальной территории.

Использование существующего картографического материала повлечет за собой решение вопроса оценки его. Для этого необходимо рассмотреть способы подбора метода трансформирования и оптимального числа опорных точек, выполнить статистические исследования остаточных расхождений координат контрольных точек.

Необходимо выработать механизм исследования соответствия контуров исходной основы и соответствующих контуров плана твердых контуров. В процессе решения этой задачи будут определены участки, контуры которых значительно разнятся с современным положением и объекты, которые соответствуют объектам растра и будут участвовать в создании новой топографической основы города.

Итогом проделанной работы будет полноценная топографо-геодезическая модель города.

**Спекл-фотографические измерения скорости смещения объекта**

Мархвида В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Спекл-фотография – высокоточный бесконтактный метод измерения смещений, основанный на свойстве когерентного лазерного излучения при отражении от оптически шероховатой (диффузной) поверхности создавать в пространстве спекл-поле, являющееся следствием интерференции световых волн. Поведение спекл-поля находится в прямой зависимости от поведения исследуемого объекта. Это свойство применяется при определении деформаций и величины смещения объекта  $L$ .

Определив величину смещения  $L$  и время между двумя экспозициями  $t$ , можно вычислить скорость смещения  $v = L/t$ . Недостаток этого способа состоит в невозможности регистрации изменения скорости смещений диффузного объекта, поскольку вычисляют только среднюю скорость смещения за время между двумя импульсами излучения.

Предлагается способ измерения скорости смещения в разные моменты времени. Такое измерение достигается поочередным освещением различных участков поверхности диффузно-рассеивающего объекта при его плоском смещении. При этом первым импульсом когерентного излучения освещается вся поверхность объекта, а последующими – только отдельные неперекрывающиеся участки. Данная запись от обычной двухэкспозиционной отличается тем, что перед вторым импульсом лазерного излучения специальная диафрагма устанавливается так, чтобы воспринималось только часть излучения лазера. Перед третьим импульсом диафрагма обеспечивает освещение неперекрывающихся участков поверхности объекта. Аналогичная операция выполняется перед каждым последующим импульсом лазерного излучения. Время импульса, обеспечивающее требуемую точность, обрабатывается затвором. Количество измерений скорости объекта равно числу участков этого объекта, которые выбираются заранее. Таким образом, если  $t_{ij}$  – время между импульсами  $i$  и  $j$ , а  $L_{ij}$  – смещение объекта между теми же импульсами, то скорость смещения объекта вычисляется как  $v_{ij} = L_{ij} / t_{ij}$ . Рассмотренный способ позволяет определять скорость смещения объекта в различные моменты времени, тем самым даёт возможность вычислить как среднюю скорость смещения, так и мгновенную скорость в заданные моменты времени. Спекл-фотография обеспечивает измерения смещений и деформаций с точностью длины волны, т.е. 0,6 мкм. Это значит мы переходим в область наноизмерений, что даёт возможность применения спекл-фотографических измерений и в нанотехнологиях.

## Оптимизация методики и точности геодезического мониторинга устойчивости инженерных сооружений

Нестеренок М. С.

Белорусский национальный технический университет

В ТКП 45-1.03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве» при определении осадки зданий и сооружений методом геометрического нивелирования допустимые невязки превышений  $f_h$  ходов нивелирования I, II и III классов заданы формулами соответственно  $0,15\sqrt{n}$ ;  $0,5\sqrt{n}$ ;  $1,5\sqrt{n}$ , где  $n$  – число превышений. Но не указаны предельные значения допустимых невязок  $f_{h \text{ пред}}$ , в результате чего при больших значениях  $n$  на практике снижается нормативная точность определения осадки объекта. В зависимости от допустимых величин погрешностей определения осадки  $\delta_{S \text{ доп}}$  (их величина нормирована как 1, 2 и 5 мм) оптимизированные формулы допустимых невязок превышений должны быть представлены в виде:

1) для нивелирования I класса  $f_{h \text{ доп}} = 0,15\sqrt{n} \leq 1,4$  мм (при  $\delta_{S \text{ доп}} = 1$  мм);  $f_{h \text{ доп}} = 0,15\sqrt{n} \leq 2,8$  мм (при  $\delta_{S \text{ доп}} = 2$  мм);

2) для нивелирования II класса  $f_{h \text{ доп}} = 0,5\sqrt{n} \leq 2,8$  мм (при  $\delta_{S \text{ доп}} = 2$  мм);

3) для нивелирования III класса  $f_{h \text{ доп}} = 1,5\sqrt{n} \leq 7$  мм (при  $\delta_{S \text{ доп}} = 5$  мм).

Предельные абсолютные погрешности определения крена гражданских зданий и промышленных сооружений в нормативных документах заданы линейными величинами соответственно  $\Delta K_{\text{доп}} = 0,0001H$  и  $\Delta K_{\text{доп}} = 0,0005H$ , где  $H$  – высота объекта. Принципиальный недостаток названных формул состоит в отсутствии в них допустимого (предельного) значения  $\Delta K_{\text{пред}}$ , в результате чего при больших значениях  $H$  расчетные допустимые величины  $\Delta K_{\text{доп}}$  могут принимать неприемлемые значения.

Допустимая погрешность определения линейной величины крена гражданских зданий на высоте  $H$  должна рассчитываться по формуле  $\Delta K_{\text{доп}} = 0,0001H \leq 0,4\Delta_{\text{пред}}$ ; промышленных зданий и башенных сооружений – по формуле  $\Delta K_{\text{доп}} = 0,0005H \leq 0,4\Delta_{\text{пред}}$ , где  $\Delta_{\text{пред}}$  – допустимое отклонение от вертикали объекта на высоте  $H$ , установленное строительными нормами или проектной документацией.

**Теоремы, применяемые при уравнивании нивелирных сетей без исходных пунктов**

Левданский П.М.\*, Сырова Н.С.\*\*\*, Усов Д.В.\*\*\*

ООО «Легром», г. Минск\*, УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель\*\*, УО «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк\*\*\*

Три из четырех теорем посвящены уравниванию нуль-свободных (без исходных пунктов) нивелирных сетей параметрическим способом, для которых в этом частном случае определитель матрицы  $N = A^T A$  равен нулю.

**Теорема А.** Для получения обратной матрицы из вырожденной матрицы нормальных уравнений  $N$  необходимо к каждому элементу матрицы  $N$  прибавить единицу, обратить такую матрицу и вычесть из каждого элемента полученной матрицы число  $\frac{1}{t}$ , где  $t$  размерность матрицы  $N$  (или число всех пунктов нивелирной сети). Теорема А позволяет найти матрицу обратных весов  $Q$  минуя регуляризацию по А. Н. Тихонову.

**Теорема В.** Для уравнивания нуль-свободной нивелирной сети относительно средней плоскости необходимо: уравнивать ее как свободную, считая любой определяемый пункт как исходным  $\hat{h}$ ; взять среднее арифметическое из уравненных отметок  $\hat{h}$  всех пунктов и найти разность  $h^{**} = h_{\text{ис}} - \hat{h}$ .

**Теорема С.** Пусть в нивелирной сети известны отметки  $K$  исходных пунктов. Начальные отметки всех пунктов будут равны среднему арифметическому из  $K$  отметок одноименных пунктов, полученных  $K$  раз путем уравнивания свободной нивелирной сети, опирающейся на один из  $A$  исходных пунктов. Эти начальные отметки будут соответствовать уравниваемым отметкам для нуль-свободной нивелирной сети, минуя регуляризацию [1]. Теорема С позволяет отдельно уравнивать GPS-сети.

**Теорема D.** Если уравнивается нивелирная сеть относительно средней плоскости согласно теоремам А и В, результаты измерений равноточные, а замыкающие нивелирных превышений симметричные, то будут получены равноточные по оценке точности высотного положения результаты для всех пунктов сети.

**Литература**

1 Левданский, П.М. Уравнивание и оценка точности нуль-свободных сетей нивелирования и GPS построений минуя регуляризацию / П.М. Левданский, Н.С. Сырова, А.П. Присяжнюк // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2001. – № 3(5). – С. 22-23.

**Геодезическое обеспечение территории  
Республики Беларусь: прошлое, настоящее и будущее**

Фурман Б.А.

Республиканское унитарное предприятие аэрокосмических методов в  
геодезии «Белэрокосмогеодезия»

Современные требования экономики и науки к точности и оперативности местоположения точек физической поверхности Земли в единой системе координат реализуется системой геодезического обеспечения территории Республики Беларусь.

На основе приведенных способов реализации системы геодезического обеспечения территории и деления геодезических сетей по территориальному признаку в докладе рассмотрена история построения и современное состояние государственных геодезической, нивелирной и гравиметрической сетей Республики Беларусь, определены перспективные направления их развития.

Современное геодезическое обеспечение территории Республики Беларусь обеспечивает решение самых разнообразных задач на высоком техническом уровне и представлено:

- спутниковыми геодезическими сетями, погрешности координат пунктов которых не превышают  $\pm 15$  мм;
- модернизированными нивелирными сетями I и II классов и развиваемыми на их основе сетями III и IV классов.

Проектируемая государственная гравиметрическая сеть включает 4 пункта фундаментальной сети, на которых будут определены ускорения силы тяжести с погрешностями не более  $\pm 8$  мкГал, и пункты I класса, погрешности определения приращений ускорения силы тяжести между которыми не должна превышать  $\pm 40$  мкГал.

Дальнейшее развитие координатных определений осуществляется на основе применения принципа спутниковой дифференциальной системы. В докладе представлен проект такой системы, включающий 15 референциальных станций, ВЦ и реализуемый на территории минского региона.

Одной из составляющих качества геодезических данных является система координат, высот и гравиметрических данных. В докладе приведена информация о применявшихся на территории республики и современных системах координат, высот и гравиметрических данных.

## Геодезическая Дуга Струве на территории Республики Беларусь

Шевченко В.Н., Фурман Б.А.

Республиканское унитарное предприятие аэрокосмических методов в  
геодезии «Белазрокосмогеодезия»

Началом истории построения в нашей стране единой геодезической сети и в единой системе координат можно считать 1816 год. С этого года начались работы под руководством академика Петербургской Академии Наук, основателя и первого директора Пулковской обсерватории В.Я.Струве, генерала от инфантерии, почетного члена Петербургской Академии Наук К.И. Теннера и начинающего военного геодезиста, нашего земляка Иосифа Ивановича Ходзько. по проложению триангуляционного ряда по территории Республики Беларусь и девяти других государств от устья Дуная до Северного Ледовитого океана. Этот ряд триангуляции, образованный в 1852 году, протяженностью 25°20' получил название Дуги Струве.

15 июля 2005 года в Дурбане, Южная Африка, решением 29-й сессии Комитета всемирного наследия ЮНЕСКО геодезическая Дуга Струве была включена в Список всемирного наследия.

Геодезическая Дуга Струве – четвёртый объект в Беларуси, который включён в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО после таких всемирно известных объектов как "Беловежская пушча" (1979 г., 1992 г.), "Комплекс Мирского замка" (2000 г.), "Архитектурный, жилой и культурный комплекс рода Радзивиллов в городе Несвиж" (2005 г.).

В докладе изложены поисково-исследовательские работы по обнаружению пунктов Дуги Струве, расположенных на территории Республики Беларусь. Из 31 обнаружено 19 пунктов. Все они включены в Государственный список историко-культурных ценностей Беларуси и охраняются государством, а пять из них – в Список всемирного наследия ЮНЕСКО, на них установлены памятные знаки.

По инициативе Госкомимущества Министерством связи и информатизации Республики Беларусь в 2007 году издан почтовый блок, посвященный геодезической Дуге Струве.

В декабре 2006 года в память о геодезической Дуге Струве Национальным банком Республики Беларусь выпущены монеты в двух вариантах – серебряная и медно-никелевая.

Картографами Беларуси подготовлен буклет "Геодезическая Дуга Струве", который издан на белорусском и английском языках.

**Сопротивление  
материалов и теория  
упругости**

**Исследование зависимости силы воздействия транспорта на мост от характера неровностей проезжей части**

Зиневич С.И., Балыкин М.К., Югова М.В., Гойч Е.И.  
Белорусский национальный технический университет

Важной задачей для дорожников является задача продления сроков службы дорожных мостов. Одной из причин, по которым мосты разрушаются, является неровная проезжая часть, увеличивающая динамическое воздействие транспорта на его элементы.

В настоящей работе исследовалась зависимость силы воздействия транспорта на конструкцию моста от ровности его проезжей части при различной длине пролетного строения. Степень силового воздействия автомобиля на мост оценивалась динамическим коэффициентом, который вычислялся по упрощенной методике расчета на удар.

Все формы неровностей, встречающиеся на проезжей части мостов, с точки зрения способности создавать динамическое усилие от движущегося транспорта можно разделить на неровности создающие давление и неровности создающие удар. Воздействие в виде удара происходит при отрыве колес автомобиля от проезжей части. Такое воздействие является наиболее сильным и величина его зависит от высоты на которую колеса автомобиля подпрыгивают над проезжей частью.

Выполнив расчеты динамического коэффициента для разных высот падения оси большегрузного автомобиля на поверхность проезжей части при различных длинах пролетного строения, получены зависимости, из которых можно заключить следующее:

1) с ростом высоты падения колес на покрытие растет и динамический коэффициент, причем наиболее интенсивно он увеличивается в интервале высот 0 -10 см.

2) динамический коэффициент имеет наибольшую чувствительность к изменению высоты падения в интервале длин пролетного строения до 9 м включительно. На таких мостах с изменением высоты падения колес автомобиля от 0 до 10 см динамический коэффициент увеличивается в десятки раз. В интервале 9-18 м чувствительность динамического коэффициента к изменению высоты падения заметно снижена. При длине пролета больше 18 м динамический коэффициент в малой степени зависит от изменения высоты падения колес автомобиля на проезжую часть.

Таким образом, с целью продления сроков службы искусственных сооружений к мостам с длиной пролетного строения 3,6 и 9 м в процессе



эксплуатации должны предъявляться повышенные требования к ровности покрытия проезжей части.

УДК 625.46:656.053.7

## На пути к бесшумному трамваю

Суходоев В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Движущееся колесо вагона создает многократное динамическое нагружение рельсовой колеи, сопровождаемое шумом и вибрацией ее элементов. Согласно СНиП III-39-76 устройство трамвайных путей должно предусматривать мероприятия по ограничению шума и вибрации. Последовательность разработки возможных мероприятий по защите от шума и вибрации в соответствии с их значимостью:

а. Не допускать образования механических колебаний рельса. С этой целью стыки рельсов делать жесткими, т.е. сварными, шероховатость колес и рельсов исключить, применять слоистые без жестких связей между слоями раздельно работающие смежные конструкции рельсовых ниток, рельс упаковать в гибком упругом железобетонном слое, работающем совместно с балластом и грунтом.

б. Создать демпфирование, т.е. принудительное гашение энергии удара в момент и в зоне ее возникновения в вертикальной и горизонтальной плоскостях рельса.

в. Звукопоглощение. Звукопоглощающие свойства акустических материалов обусловлены их пористой структурой, наличием большого числа открытых, сообщающихся между собою пор. Например, балласт из щебня, грунт, искусственные материалы.

г. Звукоизоляция устройством шумозащитных экранов.

С учетом вышеназванных мероприятий в БНТУ на уровне изобретения разработана конструкция ленточного трамвайного пути (ЛТП) на гибком упругом подрельсовом основании с укладкой рельса внутрь продольно расположенной шпалы – механизма (Ш-М).

Под нагрузкой полушпалы поворачиваются и обжимают рельс. Происходит автоматическое регулирование силы скрепления рельса со шпалой, соответственно, автоматическое перераспределение величины (силы) механических колебаний между рельсом и Ш-М, а Ш-М с балластом.

В ЛТП упругие прокладки под подошвой и по бокам рельса служат ему демпфером, а для Ш-М – амортизатором так как смягчают удары, защищают Ш-М от сотрясений и динамических нагрузок, а окружающую среду от шума. Стоимость строительства ЛТП также снижается.

**Исследование неровностей на проезжей части дорожных мостов**

Зиневич С.И., Югова М.В., Голубев И.А., Михаленок Д.А.  
Белорусский национальный технический университет

Уровень состояния дороги во многом определяется ровностью дорожного покрытия. Ровность покрытия оказывает воздействие на безопасность, скорость и комфорт движения. Неровная поверхность покрытия является источником передачи колебаний на автомобиль, в результате чего происходит ускоренный его износ, а также утомляемость водителя. С другой стороны, за счет колебаний автомобиля усиливается его воздействие на дорогу и мосты и, как следствие, ускоряется процесс их разрушения. Степень колебания, а следовательно, и сила воздействия автомобиля на дорогу и мосты зависит от параметров неровности.

Неровности на проезжей части дороги изучались многими исследователями. Вместе с тем, эти вопросы можно считать недостаточно изученными применительно к дорожным мостам. Конструкция моста отличается от конструкции дороги, следовательно, и неровности на мосту по своим параметрам должны отличаться от неровностей на дороге.

В настоящей работе была поставлена цель: изучить неровности на проезжей части мостов с точки зрения их способности создавать динамическое усилие при движении транспорта. Для исследования неровностей на мостах была выбрана прямая рейка, позволяющая измерять глубину впадин, расстояние между выступами, а также визуально на фоне прямой рейки оценивать форму неровностей. С целью повышения точности результатов измерения глубины впадин на длинноволновых неровностях вместо стандартной трех метровой рейки использовали рейку длиной 5 м.

Исследование проводилось на ряде мостов дорог М-11, Р-48, Р-63. Для сравнения характеристик неровностей на мостах и на дороге замеры выполнялись также на подходах к мостам.

На основании проведенных исследований можно отметить следующее:

- 1) на большинстве обследованных мостах ровность оказалась хуже, чем на подходах, больше следов от ямочного ремонта, что свидетельствует о том, что на мостах покрытие разрушается быстрее;
- 2) неровности на мостах имеют меньшую длину волны и более резкое очертание формы по сравнению с неровностями на дороге, что в большей степени, чем длинноволновые плавные неровности создает эффект трамплина, когда воздействие автомобиля на дорогу можно рассматривать как удар.

## Результаты оптимизации прямоугольной плиты на упругом основании, подкрепленной двумя ребрами жесткости

Вербицкая О. Л.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается задача оптимизации прямоугольной плиты кусочно-постоянной толщины на упругом основании. Статический расчет плиты выполнен методом конечных элементов. Нагрузка представлена в виде вертикальных сил, приложенных к узлам конечно-элементной сетки. Учитывая большую площадь опирания плиты, принята винклеровская модель упругого основания. Жесткость основания включена в матрицу жесткости конечно-элементной системы.

В качестве целевой функции принят объем плиты. Параметрами оптимизации являются толщины плиты на разных ее участках.

Параметры оптимизации ограничены из конструктивных соображений, а также поставлены ограничения по прочности и жесткости.

Оптимизация плиты выполнена методом градиентного спуска с корректировкой направления поиска оптимального решения вблизи границ допустимой области методом проекций на границы.

Представлен пример оптимизации плиты, подкрепленной двумя ребрами жесткости. Приняты следующие данные: размеры плиты в плане  $7,2 \times 7,2$  м; модуль упругости материала  $E = 29$  ГПа; коэффициент Пуассона материала плиты  $\nu = 0,22$ ; коэффициент жесткости основания принят  $k_0 = 20$  из расчета, что при нагрузке  $p = 2 \text{ кг/см}^2 = 200 \text{ кН/м}^2$  осадка основания равна 1 см. Плита имеет два взаимно перпендикулярных ребра шириной 72 см. Нагрузка  $F = 600$  кН приложена в середине плиты. Толщина плиты и ребра ограничена снизу  $h_{lim} = 10$  см. Допускаемый прогиб принят равным  $v_{lim} = 2$  см; расчетное сопротивление  $R = 2,1$  МПа. Параметрами оптимизации являются толщина плиты и высота ребра. Расчет произведен с помощью авторской программы *STURM*, которая позволяет выполнять расчет и оптимизацию плит различной конфигурации. Количество параметров оптимизации может быть увеличено.

В результате расчета получена оптимальная плита толщиной 100 мм и высотой ребра 430 мм.

Предложенный метод оптимизации показал высокую эффективность, так как происходит минимальное количество обращений к статическому расчету плиты. Используемый градиентный спуск и метод проектирования на границы обеспечивает гарантированные результаты поиска оптимального решения.

## Численное моделирование испытания асфальтобетонных образцов при низких температурах

Шевчук Л.И., Кравченко С.Е.

Белорусский национальный технический университет

Предлагается модель процесса разрушения асфальтобетонного образца в форме куба, испытываемого при низких температурах. Текстура образца получена ретушированием цифровой фотографии среза образца с последующей обработкой авторской программой *СНIP*.

Образец нагружается кинематически. Для этого задаются смещения верхов образца и по методу конечных элементов, определяется его напряженно деформированное состояние – перемещения узлов модели и напряжения. По суммарному действию напряжений в поперечном сечении образца вычисляется сжимающая сила, соответствующая заданному кинематическому воздействию.

На каждой ступени нагружения во всех точках образца выполняется анализ напряженно-деформированного состояния и устанавливается факт наступления предельного состояния по условию выбранной для исследования теории прочности. Если в каких-либо точках предельное состояние наступает, то в окрестностях этих точек снижается модуль упругости. При дальнейшем увеличении нагрузки материал в отмеченных точках уже не восстанавливает свои исходные механические характеристики, что и определяет “эволюционную модель разрушения” – процесс зарождения и развития трещин и последующего разрушения образца в целом. Диаграмма испытания асфальтобетонного образца на сжатие, полученная на численной модели, сопоставляется с опытной диаграммой испытания по двум параметрам – максимальной сжимающей силы  $F_{max}$  и, соответствующей ей, деформации  $\Delta W_F$ . По результатам сравнения, подбирается наиболее приемлемая теория прочности для данного типа асфальтобетона и условий его испытаний.

В лабораторных условиях проведены испытания на сжатие образцов асфальта кубической формы с размерами 40x40x40 мм. Асфальт состоял из природного песка (83%), минерального порошка (17%), битума БНД 40/130 (8,5%). Испытания проводились при низкой температуре  $t = -18^\circ\text{C}$ . Скорость нагружения составляла 1 мм/мин.

По полученным результатам установлено, что применение теории Кулона приводит к погрешностям в оценке прочности асфальта в условиях низких температур до 8%. Это подтверждает возможность ее применения для расчета асфальтовых покрытий.

# **Металлические и деревянные конструкции**

УДК 691.14:624.131.37

## Нормативные и расчетные сопротивления бумажных сотовых материалов

Иванов В.А.

Белорусский национальный технический университет

В целях расширения диапазона сотовых материалов исследуются непропитанные бумажные сотовые наполнители Светлогорского ЦБЗ, изготовленные на основе оберточной бумаги марки Б1 первого сорта, весом  $240 - 280 \text{ г/м}^2$ , толщиной  $0,3 - 0,4 \text{ мм}$ , склеенные водостойким малотоксичным клеем с расходом  $70 \text{ г/м}^2$ . Размер стороны ячейки нестигманный составлял  $12-24 \text{ мм}$ . Выбраны размеры образцов в форме параллелепипеда размером  $100 \times 100 \times h \text{ мм}$ , режимы кондиционирования. Испытания проводились на универсальной разрывной машине фирмы «Рикле» на шкалах  $10, 25 \text{ и } 50 \text{ кН}$ . После статистической обработки результатов кратковременных испытаний определялись средние значения дисперсии, вариационные коэффициенты, генеральные средние. По итогам испытаний приняты нормативные сопротивления бумажных сотовых наполнителей. Расчетные сопротивления назначены с учетом коэффициентов  $k_{\text{mod}}$ , учитывающих длительность нагружения. В результате анализа кривых длительного сопротивления коэффициенты  $k_{\text{mod}}$  при сжатии (сдвиге) равны  $0,2$ , а при растяжении  $0,25$ .

Полученные результаты рекомендуются для производства клееных панелей стен, перекрытий и перегородок в малоэтажном деревянном домостроении.

УДК 691.022-413.175

## Повышение несущей способности металлических конструкций из открытых профилей

Давыдов Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Несущая способность открытых профилей может быть существенно повышена за счет увеличения крутильной жесткости. Как показали экспериментальные исследования, наибольшее увеличение крутильной жесткости достигается постановкой раскосной решетки, где раскосы соединяют точки профиля с наибольшей разностью секториальных координат. В работе решается задача по оптимизации раскосной решетки: наибольшее увеличение крутильной жесткости при минимальном расходе металла. Составлена функция по определению крутильной жесткости открытого профиля с раскосной решеткой треугольного типа. После

дифференцирования и алгебраических преобразований конечное уравнение приводится к чисто тригонометрическому виду, решением которого является угол наклона раскосов, равный  $57^\circ$ , обеспечивающий наибольшее увеличение крутильной жесткости при наименьшем расходе металла.

УДК 624.072.327

### Эксплуатационная надежность газоотводящих труб

Садохо А.В.

Белорусский национальный технический университет

Нестабильный режим эксплуатации и перевод электростанций и котельных на непроектные режимы эксплуатации, имевшие место в последние 15-20 лет привели к ускоренному разрушению конструкций дымовых труб. Фактически уже через 15-30 лет, отдельных – через 5-10 лет, эксплуатации дымовые трубы приходят в аварийно-опасное состояние или, как минимум, требуют капитального ремонта или реконструкции. Основными способами капитального ремонта кирпичных и железобетонных дымовых труб в настоящее время является замена футеровки и теплоизоляции согласно проекта или восстановление поврежденной в процессе эксплуатации тепловой изоляции из минеральной ваты при помощи сухой теплоизоляционной смеси из легкого керамзитового гравия и торкретированием внутренней поверхности футеровки кислотоупорным раствором.

Для оценки работы ограждающих конструкций дымовых труб выполнен тепловлажностный расчет по определению требуемого сопротивления паропроницанию для различных диапазонов температур ( $80-120^\circ\text{C}$ ) и нагрузок (при скорости эвакуируемых дымовых газов в устье трубы - 2,4-10,0 м/с). Для расчета выбрана железобетонная дымовая труба высотой 90м диаметром устья 3,6м по типовому проекту ТП 907-2-178 и кирпичная высотой 60м диаметром устья 3,0м по типовому проекту ТП 907-2-216. Расчетом выполнена оценка типовых решений по ремонту дымовых труб. Согласно оценочных расчетов ограждающие конструкции дымовых труб по типовым проектам и существующим решениям по их ремонту не отвечают требованиям ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника» по сопротивлению паропроницанию. Значение сопротивления паропроницанию ограждающей конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации значительно меньше требуемого, в зону возможной конденсации попадает и теплоизоляция, что и является одной из причин ее непродолжительной эксплуатации.

## Сотовые ограждающие панели

Иванов В.А., Иванов П.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотренные стеновые сотовые панели с обшивками из неаглицецементных листов, обработанных снаружи базальтовыми маставами. Средний слой – бумажный сотовый заполнитель (БСЗ), ячейки которого при необходимости заполняются вспененным пенополиуретановым пенопластом (ППУ), каменной или минеральной ватой. Выбраны геометрические размеры панели. Экспериментально-теоретически установлена их звукоизоляция (индекс изоляции воздушного шума  $R_w = 41$  дБ), рассмотрена огнестойкость панели с позиции современных требований пожарно-технической классификации строительной продукции: по пожарной опасности и огнестойкости. Предел огнестойкости исследуемых панелей Е1 15 (Е- потеря целостности; J- потеря теплоизолирующей способности; 15- предел огнестойкости в мин.). Предлагаемые панели могут применяться в зданиях III-IV степени огнестойкости.

Выполненные расчеты включают в себя теплотехнический и статический. В теплотехническом расчете определяется требуемое сопротивление теплопередачи ( $R$  т.тр. =  $0,843 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ ), тепловая инерция ( $I$ ) ограждающей конструкции исходя из средней температуры наиболее холодных трех суток с обеспеченностью 0.92. Определяется экономически целесообразное сопротивление теплопередачи ( $R$  т. эк =  $0,718 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ ). Назначается нормативное сопротивление теплопередаче ( $R$  т. норм =  $2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ ) и исходя из этого определяется толщина утеплителя.

Статический расчет стеновой панели включает определение плотности БСЗ по правилу смесей. Элементы каркаса стеновой панели рассчитываются на нагрузки от собственного веса каркаса, обшивок, БСЗ, от ветра, нагрузки от вышележащих частей здания (перекрытий, стен, покрытий). Стойки и балки рассчитываются как стержневые элементы.

Для определения несущей способности сотопласта по условию устойчивости при сдвиге его структура представляется в предельном случае в виде системы бесконечно длинных пластин, расположенных вдоль конструкции и соединенных поперечными связями.

Рассмотрен пример расчета стеновой панели с БСЗ, изготовленным из крафт-бумаги толщиной  $t_w = 0.08$  мм, водостойкого клея  $t_g = 0.1$  мм, с размером стороны ячейки  $a = 12$  мм. По теплотехническому расчету необходимо заполнить ячейки ППУ на толщину 40 мм. Общая толщина панели составляет 200 мм.



## Общие сведения о легких металлоконструкциях из тонкостенных холодногнутых оцинкованных профилей

Лагун Ю.И., Новиков В.Е.

Белорусский национальный технический университет

Одним из направлений снижения стоимости возведения малоэтажных зданий и сооружений является строительство каркасных зданий на основе легких стальных тонкостенных конструкций (далее ЛСТК), изготовляемых на основе тонкостенного холодногнутого оцинкованного профиля. Область массового применения этих профилей включает легкие несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений различного назначения (в том числе жилых). В большинстве случаев ЛСТК используются как альтернатива деревянным каркасным конструкциям зданий.

Работа тонкостенных стержневых конструкций под нагрузкой имеет ряд особенностей (по сравнению с традиционными стальными конструкциями), главная из которых: возможность потери местной устойчивости полок и стенок профилей при продольном сжатии, если соотношение их ширины и толщины превышает некоторое предельное значение. Наиболее полно проектирование строительных конструкций из тонкостенных профилей отражено в европейской норме EN 1993-1-3.

Авторами изучены положения EN 1993-1-3, проведен сравнительный анализ нескольких методик расчета (в том числе приведенных в ряде российских рекомендаций), разработан пакет компьютерных программ, реализующий расчет строительных конструкций из тонкостенных холодногнутых профилей в полуавтоматическом режиме. Под расчетом в данном случае понимается как статический, так и поверочные расчеты, базирующиеся на положениях EN 1993-1-3 (в том числе определение редуцированных характеристик поперечных сечений профилей). Некоторые из программ являются составной частью известных расчетных пакетов FEMAP/NX NASTRAN и ANSYS.

Авторами совместно с РУП «Институт БелНИИС» проведены



Рисунок 1 – Характерное разрушение  $\Sigma$ -образного изгибаемого профиля

механические испытания тонкостенных холодногнутых профилей различных сечений, что позволило сделать ряд важных выводов, оценить фактическую несущую способность профилей и узлов их сопряжений (рисунок 1), оценить точность и адекватность

используемых в EN 1993-1-3 методик расчета.

## Исследование устойчивости телескопической стойки балочно-стоечной опалубочной системы

Баранчик А.В.

Белорусский национальный технический университет

Основу балочно-стоечной опалубки перекрытий составляют телескопические стойки переменной жёсткости. Комплект опалубки состоит из телескопических стоек, треноги, несущих и распределительных блоков, бортовых упоров со стойками и ограждением. Такой тип опалубки позволяет бетонировать на высоту до 3,3 м.

Вопрос об устойчивости телескопических стоек переменной жёсткости применяемых в опалубочных системах не исследовался.

В качестве экспериментального образца была отобрана стальная с защитно-декоративным полимерным покрытием стойка с оцинкованным шпиром и с оцинкованной открытой литой (стальной) гайкой. Данная поддерживающая конструкция опалубки состоит из: треноги, включающей в себя две поворотные ноги, фиксатор, скользящей по наклонной трубе и стойки, имеющей телескопическую вставку, фиксатор, опорную гайку, фиксирующую вилку.

Испытание конструкции телескопической стойки проводилось на опытно-экспериментальной базе БНТУ сотрудниками ЦНИИСК.

Стойка нагружалась в силовой раме, смонтированной на силовом полу. Грузоподъёмность силовой рамы составляет 1000 кН (102,04 тс). В качестве нагружающего устройства использовался гидравлический домкрат марки ДГ-10 соединённый с насосной станцией. Контроль нагрузки осуществлялся по показаниям образцового манометра с ценой деления 0,024 МПа. Нагружение конструкции проводилось в рабочем положении.

По результатам экспериментальных исследований получен график зависимости  $[P]=f(l_0)$ . Из графика видно, что: потеря устойчивости телескопической стойки в упругой стадии работ материала произошла при нагрузке в  $P_{кр}^3=(960\div 1030)$  кгс.

Анализ экспериментальных данных показал, что наибольшее влияние на устойчивость телескопических стоек переменной жёсткости оказывает вылет верхней, наиболее тонкой, части конструкции. При оценке достоверности полученных результатов следует иметь в виду, что теоретические данные получены при упругой стадии работы материала стойки и отсутствии зазоров в узле А.

**Монтаж большепролетного вантового покрытия спортивно-зрелищной арены комплекса «Минск-Арена»**

Башкевич И.В., Березовский Л.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Многофункциональная спортивно-зрелищная арена цилиндрического объема на 15000 зрителей комплекса «Минск-Арена» рассчитана на проведение соревнований и учебно-тренировочного процесса по более чем 25 видам спорта, а также концертов и эстрадно-цирковых шоу.

Диаметр вантового покрытия—116,0 м. диаметр внутренних металлических колец в осях упоров вант—12.0 м. Количество вантовых ферм 48 шт. Расстояние между верхним и нижним кольцами по центру тяжести сечения 7,7 м, высота между осями вант на наружных опорах 3.3 м. Очертание несущих и стабилизирующих вант по кубической параболе.

Внутренние и наружные полки колец объединены в радиальном направлении вертикальными ребрами толщиной 20 мм для нижнего кольца и 16 мм для верхнего. Крепление вант осуществлялось в окнах с помощью анкерных устройств фирмы «Freyssinet». Верхнее и нижнее кольца соединены между собой 24 стойками из труб. В качестве наружных опорных колец используются железобетонные перекрытия поперечным сечением 6300х300 мм, соединенные между собой по внутренней грани цилиндрической стенкой толщиной 400 мм. Для монтажа вантового покрытия в центре арены смонтирована временная пространственная опора, на которую были установлены металлические кольца центрального барабана. Монтаж вантовых ферм производился навесным способом с использованием канатной дороги из двух 7-проволочных стальных прядей. Канатная дорога закреплялась на верхнем железобетонном кольце и металлических упорах. Монтаж вант велся с использованием переставных рабочих платформ на двух уровнях у железобетонного кольца. Стойки вантовых ферм подавались башенным краном в зону рабочих платформ и присоединялись к хомутам вант по мере их перемещения в сторону центральных металлических колец. Формируемые фермы перемещались по канатной дороге на специальных каретках при помощи лебедок и закреплялись в неподвижных анкерах на железобетонных перекрытиях. В металлических кольцах центрального барабана вантовые фермы закреплялись с помощью регулируемых анкеров. Монтаж вантовых ферм навесным способом с использованием канатной дороги без установки лесов показал его высокую эффективность.

**Исследование работы вантового покрытия в процессе натяжения вант и опускания монтажной башни**

Башкевич И.В., Березовский Л.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Двухпоясное висячее покрытие сооружения «Минск-Арена» состоит из 48 вантовых ферм, которые крепятся к железобетонным кольцевым перекрытиям наружного каркаса здания. В центре покрытия вантовые фермы соединяются к металлическим кольцам диаметром 12 м. Для монтажа вантового покрытия в центре арены была смонтирована временная пространственная опора, на которую установлен барабан из двух металлических колец, соединенных стойками и связями.

При формировании несущих и стабилизирующих вант на одну из прядей каждой четвертую ферму устанавливались датчики французской фирмы «Freyssinet» для измерения деформаций и определения напряжений, которые в дальнейшем намечено использовать для мониторинга вантовой системы. При натяжении стабилизирующих вант гидравлическими домкратами величина усилия определялась при помощи манометров на насосной станции. По окончании натяжения всех ферм дополнительный контроль за величиной усилий в вантах осуществлялся с использованием установленных датчиков. Измерения показали, что во всех контролируемых стабилизирующих вантах усилия предварительного натяжения составляли 51 тс. При опускании временной монтажной башни центральные металлические кольца постепенно включались в работу и под действием нагрузки от их собственного веса и закрепленных на них элементов произошло перераспределение усилий между стабилизирующими и несущими вантами. В стабилизирующих вантах усилия уменьшились с 51 тс до 45 тс, а в несущих вантах – увеличились с 37 тс до 60 тс. При этом наблюдалось существенное изменение геометрии вантового покрытия. Металлические кольца опустились на 1130 мм.

Анализ показал, что результаты расчета хорошо согласуются с фактически измеренными перемещениями. Наибольшие вертикальные перемещения отличаются на 1- 3%. Для контроля за изменением напряженного состояния на центральном нижнем металлическом кольце установлены 4 струнных датчика система измерения деформаций, разработанные в лаборатории вычислительной диагностики Института прикладной физики НАН РБ. Замеры деформаций по датчикам производились после предварительного напряжения вантовой системы и после опускания монтажной башни. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с результатами расчета.

## Изменение статической схемы конструкций при реконструкции зданий

Вербицкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Внедрение новых технологий в промышленности и сельском хозяйстве предполагает замену технологического оборудования, моральный износ которого в современных условиях зачастую наступает через 5–7 лет. При этом возникает вопрос безопасного и эффективного использования существующих зданий и сооружений, несущие конструкции которых нередко эксплуатируются многие десятки лет, приобретая при этом различного вида дефекты и повреждения.

До недавнего времени одним из наиболее распространенных способов усиления металлических конструкций был метод увеличения сечений их элементов. Однако в ряде случаев менее трудоемким и более эффективным экономически оказывается метод изменения статической схемы конструкций.

Так, при реконструкции цеха фанерного производства ОАО «Мостовдрев», где для установки нового сушильного оборудования потребовался демонтаж существующих колонн и стен, было предложено устройство двух рядов новых колонн с немодульным шагом и подстропильными балками, подводимыми под фермы покрытия со смещением к середине их пролетов. В результате работы ферм по двухконсольной схеме не потребовалось усиления их элементов.

При реконструкции административного блока корпуса СОАО «МИНСК–ЛАДА» решетка вертикальной связи крестового типа, расположенной в межферменном пространстве, была трансформирована в раскосную. Это позволило, реализуя принцип совмещения функций, сделать связь также и несущей конструкцией, подвесив к ней балки перекрытия и организовать в указанном объеме офисные помещения.

В реконструируемом цехе откорма РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» было рекомендовано сместить существующие кровельные прогоны в околосконовую зону, в результате чего отпала необходимость усиления стропильных ферм.

Реализация предложенных мероприятий на указанных объектах позволила существенно снизить металлоемкость, трудоемкость и стоимость их реконструкции.

## Уроки аварии порталного крана в ОАО «Борисовдрев»

Жабинский А.Н.

Белорусский национальный технический университет

При производстве работ на площадке предприятия ОАО «Борисовдрев» произошла авария передвижного поворотного порталного крана. После одной из операций по укладке бревен заклинило троса, крановщик стал их выдергивать. Произошло раскачивание крана, что в итоге привело к его опрокидыванию. К счастью, крановщик остался жив.

При обследовании металлоконструкций крана после обрушения было выявлено, что разрушение началось по сварным швам основных несущих конструкций горизонтальной части портала крана. Горизонтальная площадка портала состоит из коробчатых балок, поясами которой являются стальные листы толщиной  $t = 20$  мм и двух стенок - толщиной  $t = 8$  мм. Пояса балок со стенками приварены односторонними угловыми швами с катетом шва  $k_f = 4$  мм. Со стороны толстого листа при присоединении стенки к поясу в тавр провар сварного шва практически отсутствовал, что свидетельствовало о не сплавлении поясов со стенками сварными швами. В соответствии со СНиП II-23-81\* «Нормы проектирования. Стальные конструкции» п.12.8, размеры угловых сварных швов принимаются по расчету, но должны быть не более  $1,2 t$ , где  $t$  – наименьшая толщина соединяемых элементов, и не менее указанных в таблице 38 в зависимости от толщины более толстого из свариваемых элементов. Первое условие для сварного шва обеспечивает отсутствие прожога тонкого листа, второе – обеспечивает провар со стороны толстого листа при сварке. В соответствии с этими требованиями катет шва должен быть не более 10 мм (при  $t_{min} = 8$  мм) и не менее 7 мм (при толщине более толстого листа  $t = 20$  мм, с выполнением сварных швов полуавтоматической сваркой). Таким образом угловые швы приварки поясов со стенками балок портала должны были быть с катетом шва не менее  $k_f = 7$  мм, по факту катет шва  $k_f = 4$  мм, что и привело к отсутствию провара со стороны поясных листов и их дальнейшему разрушению.

Таким образом, основными причинами аварии порталного крана явились: заводские дефекты в виде не соответствия размеров сварных угловых швов балок портала нормативным документам и нарушением крановщиком Правил производства работ при эксплуатации крана.

Анализ результатов аварии показал также о низкой квалификации специалистов ответственных по надзору и исправное состояние кранов, которые назначаются на предприятии для организации работ по

обеспечению безопасной эксплуатации кранов, и которые не смогли своевременно обнаружить указанные дефекты сварных швов.

УДК 624.072.327

### **Экономическая эффективность предварительного напряжения металлических конструкций (на примере арокных систем)**

Кеда А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Предварительное напряжение металлических конструкций используется как метод регулирования напряженного состояния конструкций для повышения их эффективности, т.е. снижения расхода материала в проектируемой конструкции при заданной несущей способности или жесткости.

В ряде случаев предварительное напряжение позволяет также регулировать деформации, повышать жесткость и устойчивость металлических конструкций и сооружений. К предварительно напряженным относят такие металлические конструкции из стали или алюминиевых сплавов, в которых искусственным путем в процессе изготовления или монтажа (а при усилении существующих конструкций и во время эксплуатации) создаются собственные (начальные) напряжения, преимущественно противоположные по знаку напряжениям от расчетной нагрузки, или перераспределяются усилия с целью более рационального использования несущей способности конструкции.

Арки - распорные конструкции. Распорные усилия создают в конструкции момент, обратный моменту от нагрузки, и тем самым разгружают её. Распор от действия нагрузки воспринимается опорами или затяжкой. Увеличить распор можно предварительным напряжением затяжки или смещением опор в горизонтальном направлении. Целесообразность увеличения распора зависит от очертания арки и вида нагрузки. В качестве доказательства вышеизложенных теоретических предпосылок произведен расчет предварительно напряженной арки пролетом 86 м применительно к покрытию конькобежного стадиона культурно-спортивного комплекса «Минск-Арена». В качестве предварительно напрягаемых затяжек были приняты два девятипрядевых каната французской фирмы «Freysinnet».

Теоретические исследования, экспериментальная проверка и опыт строительства выявили надежность и подтвердили экономическую целесообразность применения металлических решетчатых предварительно напряженных конструкций в промышленном и гражданском строительстве, особенно при больших пролетах зданий и сооружений.

## Конструктивные схемы трехшарнирных двухконсольных клеодощатых рам

Оковитый А.В.

Белорусский национальный технический университет

Двухконсольные рамы применяются при строительстве спортивных, производственных и складских зданий. Пролет рам составляет до 50 м, вылет консолей – 3...4,5 м. Рамы – разборные, состоящие из двух полурам. Основными элементами которых являются клеодощатый ригель переменного по высоте сечения и двухветвевая стойка из цельной или клееной древесины. Наиболее распространенные конструктивные решения стоек: ветви вертикальная и наклонная внутренняя, вертикальная и наклонная наружная, наклонные вилкообразные (внутренняя и наружная).

Достоинства рам: геометрическая неизменяемость обеспечивается без жесткого заземления стоек в фундаменте, разборность полурам. Наибольший изгибающий момент является значительный изгибающий момент в шарнирном узле. На величину изгибающего момента, воспринимаемого ригелем, влияет вылет (а) внутренней ветви стойки (рисунок 1).

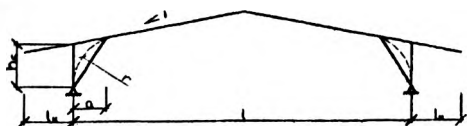


Рисунок 1. Схема двухконсольной рамы с двухветвевой стойкой (ветви вертикальная и наклонная внутренняя)

Исследовалось влияние величины вылета  $a = (1/10 \dots 1/6)l$  внутренней ветви на величину изгибающего момента в ригеле. Наименьший изгибающий момент возникает при наибольшей величине вылета, однако при этом уменьшаются габаритные размеры внутреннего пространства здания. Чтобы минимизировать уменьшение внутреннего пространства, рассматривалась и криволинейная наклонная ветвь (на рисунке показана штриховой линией). Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 Объем древесины ригеля и наклонной ветви стойки

Относительный объем ригеля и стойки, % при вылете ветви $a/l$					
прямолинейной			криволинейной		
1/10	1/8	1/6	1/10	1/8	1/6
100	95	90	100	95	90
100			110		

**Заключение:** как следует из таблицы, с увеличением вылета наклонной ветви стойки (а) объем древесины уменьшается для обоих видов ветви до



10%, при криволинейной ветви объем древесины больше на 10% по сравнению с прямолинейной ветвью.

УДК 624.14

### **Нормативное обеспечение в области стальных конструкций**

Мартынов Ю.С., Лагун Ю.С., Новиков В.Е.

Белорусский национальный технический университет

В конце 2003 года в Республике Беларусь принят Закон, определяющий правовые, организационные основы нормирования и стандартизации, направленный на обеспечение единой государственной политики в этой области.

Государственное техническое регулирование по вопросам архитектуры и строительства этим законом возложено на Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь.

Закон предусматривает поэтапный переход на новую систему технического нормирования и стандартизации в течение 2004-2010 годов. Принятие Закона существенно активизировало работу по созданию новых и упорядочению действующих нормативно-технических документов.

Правовой основой, регламентирующей техническое регулирование является ТКП 45-1.01-4-2005. Согласно ему к техническим нормативным правовым актам (далее ТНПА) относятся технические регламенты (ТР), технические кодексы установившейся практики (ТКП), государственные стандарты Республики Беларусь (СТБ), предварительные государственные стандарты (СТБ П), технические условия (ТУ).

Таким образом, подавляющая часть действующих в настоящее время нормативно-технических документов (СНиП, СНБ, Пособия, РДС и т.д.) не соответствуют новой системе технического нормирования.

На 1.05.2009 уже действуют ТКП 45.5-04-121-2009 «Стальные строительные конструкции. Правила изготовления», ТКП 45.5-04-41-2006 «Стальные конструкции. Правила монтажа», ТКП 45.5-04-49-2007 «Конструкции стальные. Обследование и диагностика технического состояния».

Подготовлены первые редакции СТБ ЕН 1993-1-1, «Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий», СТБ ЕН 1993-1-3 «Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-3. Дополнительные правила для холодногнутых элементов и листов». Они составляют небольшую часть норм по проектированию стальных конструкций.

**Особенности работы и расчета вантовой системы покрытия на стадии монтажа**

Фомичев В.Ф.

Белорусский национальный технический университет

На стадии монтажа вантового покрытия комплекса «Минск-Арена» используется временная монтажная башня, основными элементами которой являются 8 стальных стоек из труб кольцевого сечения. После монтажа вантовых ферм и кольцевых связей в покрытии выполняется предварительное натяжение стабилизирующих вант усилием  $N=51тс$ . Поскольку при этом стальное кольцо вантовой системы располагается на башне, то на каждую стойку башни передается дополнительная вертикальная нагрузка от предварительного напряжения всей вантовой системы. Эти дополнительные нагрузки на стойки башни могут быть определены только в результате расчета вантовой системы и опорной башни, работающих на этом этапе совместно. Параметры элементов вантовой системы покрытия принимались по данным института «Белгоспроект». Численные исследования напряженно-деформированного состояния вантовой системы покрытия проводились с использованием системы конечно-элементного анализа конструкций COSMOS/M. При рассмотрении данной задачи первоначально создавалась КЭ-модель 1/48 части покрытия объекта. Одна стойка опорной башни служит временной опорой 1/6 части вантового покрытия, поэтому первичная КЭ модель была дополнена еще 5 исходными секторами и опорной стойкой. В наружных углах вант накладывались опорные связи, препятствующие их линейным перемещениям по направлениям осей X, Y и Z. К нижнему узлу стойки был добавлен специальный контактный конечный элемент (GAP-элемент) с необходимыми опорными закреплениями. Горизонтальные связи накладывались по нормали в узлах КЭ-модели, расположенных на границах рассматриваемого фрагмента покрытия. Модель загружалась нагрузкой от собственного веса вантовых полуферм и стального кольца. К стабилизирующим вантам прикладывались температурные воздействия, усилия от которых соответствовали усилиям, возникающим в вантах от предварительного их натяжения.

Произведен ряд нелинейных расчетов системы, моделирующих различные уровни опускания опорной башни. При этом рассматривались перемещения характерных узлов системы и усилия, возникающие в КЭ несущих и стабилизирующих вант и КЭ внутреннего стального кольца. Выполненные расчеты позволили обоснованно назначить параметры временной опорной башни, обеспечивающие ее опускание на 1500 мм.

# **Технология бетона и строительные материалы**

## Стойкость бетона при комплексном воздействии агрессивной среды и механических нагрузок

Бондарович А.И., Самесов Д.С.

Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации бетона дорожных покрытий, элементов мостов и благоустройства они подвергаются механическим воздействиям: сжимающим, растягивающим, изгибающим, ударным нагрузкам различной интенсивности и значений, которые многократно повторяются во времени. Этот аспект деструктивного воздействия на бетон стандартные методы не учитывают, как по причине непредсказуемости вероятных условий эксплуатации строительных изделий и конструкций, изготовленных из проверенного бетона, так и из-за неопределенности критериев оценки их воздействия на бетон.

Выполнены исследования водо-, соле- и морозостойкости образцов бетона и изделий в виде тротуарных плит и фрагментов бортовых камней и получены данные, как по влиянию этих видов воздействий отдельно, так и в сочетании с дополнительным воздействием механических нагрузок.

Сопоставление данных воздействия на бетон эффектов «размораживания» и солевой коррозии в сочетании с механическими нагрузками показывает следующее. Если статическая приложенная нагрузка не превышает 10 % от проектной прочности бетона (уровень нижней границы трещинообразования), то при циклических испытаниях на морозостойкость (как в «среде-воде», так и в растворе соли) изменения в прочности бетона практически одинаковы для контрольных и нагружаемых образцов. С ростом нагрузки до 50...60 % от проектной (в экспериментах до 20...25 МПа для мелкозернистого и до 25...30 МПа для бетона со щебнем), процесс его деструкции при циклических испытаниях на морозостойкость активизируется.

Выявленные по результатам исследований закономерности позволяют понять причины ускоренной деструкции бетона, подверженного в процессе эксплуатации комплексному воздействию среды, усиленному механическими нагрузками. Обобщение полученных данных дает основание для назначения предельных уровней нагрузок на бетон разнообразных покрытий, а также для установления требований к прочности бетона при их проектировании с учетом условий эксплуатации. Взаимосвязь изменений скорости ультразвука, отражающих изменения структуры бетона в процессе эксплуатации, создает необходимые предпосылки для разработки методики оперативного контроля (оценки) состояния и прогнозирования долговечности бетона покрытий.

## Технология изготовления керамзитопенобетона для монолитного строительства

Галузо Г.С., Мордич М.М., Чижевская Н.О.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы на территории стран СНГ и в Республике Беларусь, в частности, получил распространение ячеистый бетон неавтоклавного твердения – пенобетон, с применением, в качестве вяжущего, портландцемента. Интерес к пенобетону возник из-за того, что он способен набирать прочность при нормально-влажностном режиме твердения, тем самым позволяет, в значительной степени, уменьшить энергозатраты на его получение (по сравнению с ячеистым бетоном автоклавного твердения), а также расширить область применения. Таким образом, пенобетон можно получать как в заводских, так и в построечных условиях. Однако пенобетон имеет и значительные недостатки, такие как большие усадочные деформации при твердении и высыхании, а также достаточно большой расход цемента.

Для существенного уменьшения усадочных деформаций, снижения расхода цемента и улучшения теплофизических свойств пенобетона необходимо вводить в пенобетонную смесь легкие пористые заполнители. Это позволяет повысить прочность и деформативные характеристики, снизить расход вяжущего, повысить морозостойкость, уменьшить водопоглощение и усадочные деформации, снизить В/Т в смеси.

В работе использовался керамзит, производства Новолукомского завода керамзитового гравия. Для получения теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных пенобетонов предпочтительно применять керамзит с наименьшей насыпной плотностью. Исследуемый керамзитовый гравий имеет плотность зерен равную 591 кг/м<sup>3</sup> и насыпную плотность 329 кг/м<sup>3</sup> (пустотность П=44,4%), что в полной мере подходит для создания композиции, имеющую марку по средней плотности D400, D500, D600, D 700.

Изготовление образцов из пенобетона с пористым заполнителем – керамзитом и фиброй проводили с использованием основных положений технологии получения пенобетона в две стадии.

Исследования показали, что у керамзитопенобетона расход цемента в два раза ниже, чем у контрольного пенобетона, имеющего такую же среднюю плотность. При этом прочность при сжатии керамзитопенобетона на 23% выше и составляет 1,6 МПа, при средней плотности  $\rho = 526 \text{ кг/м}^3$ .

## Технологические особенности изготовления теплоизоляционного фибропенобетона с наполнителем из пенополистирола

Галузо О.Г., Мордич М.М., Романов Д.В..

Белорусский национальный технический университет

Постоянно возрастающие требования по показателю термического сопротивления для ограждающих конструкций ставят задачу создания новых энергоэффективных и недорогих утеплителей. Широко применяемые в современном строительстве утеплители, зачастую, обладают высокой стоимостью, например минераловатная плита. Более экономичным материалом, для утепления, является пенополистирол. Но пенополистирол имеет ряд существенных недостатков, таких как: низкая паропроницаемость, выделение вредных газов при действии высоких температур.

С целью снижения этих недостатков был разработан полистиролбетон. Однако при производстве полистиролбетона пониженной плотности наблюдается расслоение смеси, что снижает его физико-технические свойства. Одним из наиболее перспективных направлений улучшения структуры, тепло-технических и физико-технических характеристик полистиролбетона является введение в него специальных вязких пен и волокон. Изготовление образцов из полистиролфибропенобетона проводили с использованием основных положений технологии получения пенобетона в две стадии. Готовили раствор минерального вяжущего с водоцементным отношением 0,3 и отдельно готовили пену в пеногенераторе. Смешивали цементный раствор с пеной, затем в пенобетонную смесь вводили предварительно увлажненный наполнитель, после чего изготавливали образцы. Через 3 часа образцы помещали в камеру для тепловлажностной обработки. Тепловую обработку проводили по режиму: 3 часа – подъем температуры до 50°C, прогрев при этой температуре 8 часов, снижение – в течение 3 часов. До испытания образцы хранили в нормальных температурно-влажностных условиях.

Полистиролфибропенобетон характеризуется следующими физико-техническими показателями: средняя плотность 146...171 кг/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие при 10 % линейной деформации 0,11...0,15 МПа, предел прочности при изгибе 0,1...0,15 МПа, коэффициент теплопроводности при t=25 °C 0,052...0,054 Вт/(м·К), водопоглощение по объему 19,1...21,5%.

Проведенные исследования показали возможность получения особо легкого полистиролфибропенобетона, который обладает довольно высокой прочностью при изгибе и низкой теплопроводностью.

**Фосфогипсовый композиционный материал**

Повидайко В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Проведены исследования по получению композиционного фосфогипсового материала. В качестве основного сырьевого компонента использовался фосфогипс-дигидрат Гомельского химического завода. Фосфогипс был получен в процессе экстракции ортофосфорной кислоты из смеси апатитов Кировского (50 %) и Ковдорского (50%) месторождений. Предварительно фосфогипс подвергался нейтрализации с целью получения экологически безопасного материала. Опробованы различные виды нейтрализующих добавок. Наиболее эффективной добавкой является гашеная известь, которая связывает примеси в труднорастворимые соединения и препятствует их выделению в окружающую среду, а также снижает негативное влияние примесей на процессы гидратации и твердения композиционного материала. Сырьевая композиция подвергалась механоактивации и дисковых или цилиндрических истирающих устройствах. В сырьевую смесь вводились добавки повышающие водостойкость и улучшающие свойства фосфогипсового композиционного материала. В процессе механоактивации происходит разрушение дефектных кристаллических агрегатов фосфогипса, глубокая нейтрализация и равномерное перераспределение компонентов по всему объему. Благодаря введению добавок и гомогенизации смеси при низком водосодержании повышается водостойкость и прочность твердеющих композиций. Содержание фосфогипса составляет 78...83 %. Формование образцов осуществлялось вибрационным способом. Готовый композиционный материал имеет среднюю плотность 1437...1633 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии – 2,5...4,0 МПа. При изготовлении образцов способом фильтрационного прессования прочность при сжатии образцов повысится в 1,5...2 раза. При необходимости в сырьевую смесь может вводиться заполнитель, опилки и др. Для повышения ударной прочности может вводиться волокнистый наполнитель. Особенность разработанной технологии состоит в том, что фосфогипсовый композиционный материал изготавливают исключая энергоемкие процессы обжига или сушки. На основе двуводного фосфогипса проблематично получить высокопрочные изделия, поэтому целесообразно изготавливать фосфогипсовые стеновые камни и блоки марок по прочности 25 и 35 в соответствии с СТБ 1008-95. Для нужд широкого строительства требуются также материалы невысокой марки. Фосфогипсовые стеновые материалы рекомендуется применять для малоэтажного строительства.

**Влияние углеродных наноматериалов  
на свойства цемента**

Рябчиков П.В., Батяновский Э.И.

Белорусский национальный технический университет

В 2006 г. были начаты системные исследования влияния углеродных наноматериалов (УНМ) на свойства строительных материалов, в частности цемента, которые осуществляются совместно институтом тепло- и массообмена НАН Беларуси и Белорусским национальным техническим университетом. В институте тепло- и массообмена НАН Беларуси был разработан уникальный способ получения УНМ в плазме высоковольтного разряда и создано соответствующее оборудование для реализации технологии производства УНМ. Дальнейшее ее совершенствование позволило получать УНМ в количестве, достаточном не только для изучения свойств этих материалов, но и для исследований по их практическому применению в строительной отрасли.

Задачами исследований являлось установление закономерностей влияния разнообразных углеродных наноматериалов на стандартизированные свойства цемента, на прочность и кинетику твердения цементного камня, его морфологию и структурообразование.

В проведенных экспериментах использовали различные вещества УНМ: полученные в плазменном разряде; из органического сырья; с введением поверхностно-активных веществ; суспензионные вещества (в воде). В процессе выполнения исследований была осуществлена проверка стандартизированных свойств цемента. Из полученных экспериментальных данных следует, что введение в цемент веществ УНМ как в сухом, так и в суспензионном виде не изменяет практически величин коэффициента нормальной густоты вяжущего.

Установлено, что вещество добавки УНМ способно как сокращать сроки схватывания, так и увеличивать их для УНМ, полученных из органических веществ, а также содержащих ПАВ, в сравнении с чистым вяжущим. Несмотря на существенный разброс величин прочности на сжатие образцов цементного камня, модифицированного тем или иным вариантом УНМ, относительно прочности «чистого» цементного камня, выявлены вещества, способствующие в малых (до 0,05%) дозировках росту его прочности.

За время исследований накоплен большой опыт теоретических и экспериментальных исследований, который свидетельствует о перспективности применения УНМ в цементных бетонах.



**Проектирование состава и режима тепловой обработки бетона**

Суходоева Н.В. РУП  
«Институт БелНИИС»

Разработана комплексная методика проектирования состава и режима тепловлажностной обработки бетона, основанная на усовершенствованной математической модели гидратации цемента. Система расчётов нереализуема при ручном счёте и поэтому разработан программный продукт. Техническая реализация методики представляет следующее: инженер-технолог, после ввода, с помощью клавиатуры компьютера, всего комплекса исходных характеристик компонентов бетонной смеси, в том числе и разнообразных химических добавок, проектирует состав бетона, затем вводит характеристики ямной пропарочной камеры, общие характеристики (толщину изделия; группу активности цемента при пропаривании, что особенно важно учитывать, так как цементы различных групп требуют различных режимов тепловой обработки). Далее моделирует практически любой его интересующий режим тепловой обработки, позволяющий получить требуемую отпускную прочность бетона в заданные сроки, фиксирует время открытия камеры, температуру воздуха в цехе и др. После этого осуществляется расчет всех параметров. Затем подводится итог расчетов, и осознанно показана вся интересующая технолога информация, в том числе и необходимый для реализации данного варианта режима расход теплоносителя. Для детального анализа режима дается команда для расчета полного теплового баланса камеры. И, наконец, оценивается суммарная стоимость бетонной смеси и теплоносителя (пара) в данном варианте расчетов в сопоставлении с другими вариантами. Расчётные данные программного продукта сопоставлены с ориентировочными величинами относительной прочности бетона различных классов, получаемого на цементах различных групп, взятых из рекомендаций по тепловой обработке тяжёлого бетона Л.А.Малининой. Анализ показал, что все данные, полученные расчётным путём с помощью программы, находятся в диапазоне прочностей, приведенном в рекомендациях. Работа была бы незаконченной, если бы не были подтверждена экспериментально. На ОАО «Завод ЖБИ № 1» ведутся работы по адаптации программного продукта к производственным условиям. Основные критерии сопоставительной оценки рассчитываемых и фактических характеристик: температура поверхности и центра бетона изделий, кинетика прочности бетона на сжатие, удельный расход теплоносителя. Полученные первоначальные результаты подтверждают достоверность расчётов по предложенной методике.

**К вопросу (определения) эффективности смазок, применяемых для изготовления изделий железобетонных**

Рудык А.В., Якимович В.Д.

Белорусский национальный технический университет

Большое количество требований, предъявляемых к смазкам, а также сложность их одновременного обеспечения, требуют постоянного улучшения существующих и разработки новых смазок.

Основным требованием по СТБ 1707-2006 «Смазки для форм и опалубки. Общие технические условия» к смазкам является относительная величина снижения адгезии бетона изделия к металлу формы.

В НИИЛ бетонов и строительных материалов БНТУ проведены испытания смазок с целью снижения адгезии бетона к материалу форм в соответствии с СТБ 1707-2006.

В соответствии с СТБ 1707-2006 приготовленный состав наносился на металлическую пластину размерами 150\*150 мм. Затем подложка выдерживалась в вертикальном положении в течении 30 минут. По окончании подготовки пластины собиралось устройство для формования образцов. Конус устройства заполнялся цементно-песчаным раствором состава Ц:П = 1:3 при водоцементном отношении В/Ц = 0,45 и уплотнялся в два приема на виброплощадке. Суммарное время уплотнения составляло не менее 1 минуты. Затем форма-конус снималась с образца.

По каждому составу смазок готовились три серии образцов.

Подготовленные образцы выдерживались при комнатной температуре 2 часа, затем подвергались тепловлажностной обработке по режиму: 3 ч – подъем температуры до 80°C, 3 ч – изотермическая выдержка при температуре 80°C, 2 ч – остывание образцов вместе с камерой.

Через одни сутки после формования на разрывной машине производился отрыв бетонного образца от подложки.

В результате испытаний обнаружился большой разброс значений адгезии (средний коэффициент вариации для экспериментальных образцов составил 31,9, для контрольных – 47,2), как между сериями испытаний, так и внутри серии, что не позволяет сделать вывод об улучшении или ухудшении качества смазочных составов. Из чего следует, что существующая методика определения адгезии по СТБ 1707-2006 нуждается в доработке и совершенствовании. Усовершенствованием методики намерена заняться наша лаборатория.

**Композиционный материал на основе глины для малоэтажного строительства**

Красулина Л.В., Потапова И.Л.

Белорусский национальный технический университет

Большой экономический эффект можно получить за счет применения строительных материалов, получаемых из местного недефицитного сырья и отходов промышленности, характерных для каждого района.

Дешевое местное сырье Беларуси – глина применяется не только в виде обожженных изделий, но и в сыром виде, как самостоятельный строительный материал. В сухом состоянии изделия из необожженной глины имеют значительную механическую прочность, с ростом влажности она уменьшается, а при большом содержании воды глиносырьцовые материалы переходят в текучее состояние. Для повышения водостойкости в состав изделий на основе глины вводится растительный наполнитель.

Результаты исследований показали, что количество растительного компонента в составе композиционного материала не должно превышать 20 %. При увеличении количества заполнителя свыше 20 % происходит резкое падение прочности образцов (менее 0,1 МПа), выкрашиваются углы, притупляются ребра.

При увеличении растительного наполнителя от 7 до 19 % значения средней плотности уменьшились от 1000 кг/м<sup>3</sup> до 450 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при изгибе – от 0,50 МПа до 0,20 МПа, прочность на сжатие при 10 %-деформации – от 0,55 МПа до 0,35 МПа, водопоглощение образцов после суточного нахождения в воде составило 90 %, к концу вторых суток образцы размокали.

Одним их эффективных способов повышения водостойкости строительных материалов является введение в них кремнийорганических гидрофобизирующих жидкостей. Результаты проведенных исследований показали, что наиболее водостойкие материалы получаются при использовании кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94).

При наличии в системе гидрата окиси кальция эмульсия ГКЖ-94 вступает в реакцию с образованием силиконата кальция и водорода. Выделяющийся при реакции водород равномерно в виде пузырьков распределяется в теле твердеющего материала и способствует повышению морозостойкости и снижению теплопроводности.

Водопоглощение образцов, в состав которых входит ГКЖ-94 и цемент или известь, выдержанных в воде в течение двух суток, изменялось от 15 % до 39 %, коэффициент размягчения от 0,55 до 0,11 в зависимости от количества растительного наполнителя.

## Повышение коррозионной стойкости бетонов специального назначения

Белошицкая Н.И.

Восточноукраинский национальный университет  
имени Владимира Даля

В современных условиях эксплуатации сооружений специального назначения бетонные и железобетонные конструкции подвергаются действию агрессивных сред, снижающих эксплуатационные характеристики.

С целью обеспечения долговечности бетонных и железобетонных конструкций специального назначения исследован физико-химический процесс образования высокоэффективного органо-минерального комплекса, оказывающего полифункциональное действие на структурообразование бетона.

Сульфатная коррозия бетона развивается в результате взаимодействия сульфат-ионов с алюминатной фазой цементного камня. Взаимодействие агрессивной среды с гидроксидом кальция носит второстепенный характер. Поэтому необходимо исследовать особенности гидратации алюмоферритных фаз цементной системы с органо-минеральным комплексом.

На скорость образования гидросульфалоумината кальция оказывают влияние легкорастворимые щелочи, входящие в состав щелочно-сульфатных фаз, из которых они быстро переходят в жидкую фазу. В цементе Балаклеевского завода щелочи содержатся преимущественно в виде легкорастворимых сульфатов, в связи с чем при взаимодействии этого цемента с водой жидкая фаза быстро обогащается ионами щелочных металлов, что обуславливает повышение начальной прочности цементного камня.

Перекристаллизация первичного этtringита в нормальных условиях протекает медленно и оказывает отрицательное влияние на прочность преимущественно в поздние сроки твердения. Скорость этого процесса повышается после полного химического связывания гипса, а также при значительном понижении концентрации  $Ca^{2+}$  в жидкой фазе.

Изучение процессов коррозионного разрушения наполненного органо-минеральным комплексом бетона, протекающих под воздействием агрессивных грунтовых вод, содержащих сульфат-ионы, позволило определить характер и степень разрушения железобетонных конструкций в зависимости от различных параметров агрессивной среды, свойств самого бетона и условий его эксплуатации.

УДК 666.94.015.7

## **Обеспечение коррозионной стойкости гидротехнического бетона**

Драпалюк М.В.

Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля

Долговечность бетона зависит от большого числа факторов, основными из которых являются условия эксплуатации, вид и состав бетона, а также степень агрессивности подземных вод.

При производстве бетонных работ особое внимание уделяется повышению коррозионной стойкости бетона. Разработана технология водонепроницаемого бетона, особенностью которой является модифицирование структуры гидратных новообразований как необходимое условие получения коррозионностойкого материала.

При исследовании стойкости бетона подводного твердения в сульфатной среде с концентрацией  $\text{SO}_4^{2-}$  10 г/дм<sup>3</sup> определялось изменение прочности при сжатии образцов различной продолжительности выдерживания в агрессивной среде, а также содержание в них сульфатов. Снижение прочности бетона на активированном вяжущем незначительно (3...6%) по сравнению с прочностью обычного бетона (23...29%), причем его коэффициент сульфатостойкости  $K_c$  находится в пределах 0,91...0,93. Стабилизация прочности во времени свидетельствует о преимуществе конструктивных процессов над деструктивными.

При введении активированной цементной системы в состав бетонной смеси снижена открытая пористость до 8...9%. Бетон на активированном вяжущем отвечает марке по водонепроницаемости  $W$  12...14 в зависимости от состава.

Обобщая результаты экспериментальных исследований как прочности сцепления нового бетона со старым, так и свойств бетонного покрытия, следует отметить существенное повышение эксплуатационных характеристик бетона на активированном вяжущем, предназначенного для изготовления конструкций гидротехнических сооружений.

УДК 621.643.25.002.2

## **Структурообразование цементной матрицы модифицированного коррозионностойкого бетона**

Пилипенко В.Н.

Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля

Модифицированная структура цементной матрицы гиперуплотненного бетона, применяемого для изготовления труб канализационных коллекто-

нии, обеспечивает их коррозионную стойкость. Действие физико-химического модифицирования основано на изменении морфологии кристаллогидратных новообразований клинкерных минералов, что позволяет получить высокоплотный прочный материал с низкой открытой пористостью. Начальная прочность бетона, модифицированного отжимом воды, в основном, определяется количеством новообразований в виде гидросульфата алюминатов и гидроалюминатов кальция. Отжим воды приводит к удалению адсорбционной и межплоскостной воды из гидросиликатов кальция, что повышает степень их гидратации, и срастанию кристаллогидратов.

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о создании благоприятных условий структурообразования в бетоне виброударно-импульсного прессования. Цементная матрица модифицированного бетона отличается высокой плотностью, а также высокой степенью гидратации вяжущего. В процессе модифицирования цементной системы выделяется газовая фаза на поверхности заполнителя, что способствует образованию цементной матрицы с микрокапиллярной структурой. Общий объем пор в гиперуплотненном бетоне уменьшается до 2,3% по сравнению с пористостью обычного бетона 11,2%. Объемная доля пор в цементной матрице бетона определялась на пяти полях для каждого образца при увеличении  $\times 500$ . Размеры полей 0,8 $\times$ 0,8 мм и 1,8 $\times$ 1,6 мм.

В модифицированной цементной матрице бетона изменялась не только общая объемная доля пор, но и характер их распределения по определяющим диаметрам. Уменьшение размеров пор цементного камня также является косвенным подтверждением повышения степени гидратации вяжущего.

УДК 666.94.015.7

## Технология бетонов для высотного строительства

Пунагин В.В.

Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (г. Луганск)

Бетон и в XXI веке останется массовым материалом строительства, во многом определяющим уровень развития цивилизации. Вместе с тем бетон представляет собой один из самых сложных искусственных материалов, при этом обладая уникальными свойствами. На современном этапе развития строительства особую актуальность приобретает разработка конструкции бетонов нового поколения, необходимых для восприятия возрастающих воздействий природного и техногенного характера, а также для обычных условий эксплуатации. При этом следует учитывать, что техноло-

гия бетонов с высокими эксплуатационными свойствами (ВЭС) должна основываться на использовании сложившейся производственной базы и традиционных материалов. Такие бетоны должны обладать прочностью класса В 60 и выше, повышенной плотностью и долговечностью, сохраняя все преимущества, сделавшие их основным конструкционным материалом строительства. Усовершенствованная технология требует качественно нового подхода, способного обеспечить полную реализацию вяжущих свойств цемента и потенциальный запас прочности бетона.

Актуальность получения бетонов с высокими эксплуатационными свойствами особенно возрастает при возведении высотных зданий. С целью повышения строительно-технических характеристик тяжелых бетонов для высотного строительства разработана технология многокомпонентных бетонов за счет введения в бетонную смесь химически активных компонентов, обладающих полифункциональным действием.

Основной принцип разработанной технологии состоит в приложении комплекса активационных воздействий на цементную систему. Обобщая накопленный опыт совершенствования технологии бетонов, можно сделать вывод, что оптимизация свойств бетона возможна при повышении вяжущего потенциала цемента и химической эффективности минерального микронаполнителя совместно с развитием высокого пластифицирующего эффекта в активированной цементном тесте.

УДК 691.175:69.059

### **Деформативные свойства гидротехнических бетонов**

Пунагина Ю.В.

Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Применение полимерных растворов для инъектирования транспортных и гидротехнических сооружений при восстановлении их эксплуатационных характеристик зависит от обеспечения совместности работы полимера и бетона сооружения. От совместности деформативных свойств ремонтируемого элемента и полимерного раствора существенно зависит долговечность сооружения, подлежащего восстановлению.

При соединении материалов с различными свойствами развиваются значительные переменные напряжения, которые, суммируясь с напряжениями от внешних воздействий, подобны циклической нагрузке, при которой процессы усталости материалов развиваются наиболее интенсивно. Совокупность температурно-влажностных воздействий на ремонтируемый элемент является основным источником возникновения внутренних на-

соединений в зоне контакта бетона и адгезива. При одновременном действии соединяемые материалы атмосферных факторов и эксплуатационных нагрузок, как правило, происходит не простое их суммирование, а имеет место эффект синергизма.

Факторами, определяющими направленность оптимизации ремонтных растворов по коэффициенту линейного температурного расширения (КЛТР), являются расширение границ диапазона возможных колебаний температуры эксплуатационной среды и значения КЛТР материала сооружения, подлежащего восстановлению.

В пределах узких температурных интервалов температурные деформации большинства строительных материалов соответствуют линейному закону. Кроме того, КЛТР в пределах 20...200 % изменяет свою величину при изменении температуры. Для снижения внутренних напряжений, возникающих в местах соединений инъекционных растворов и бетона сооружения, от температурных воздействий значения КЛТР адгезивов, применяемых для восстановления гидротехнических сооружений, должны находиться в пределах  $(10...40) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

УДК 666.94.015.7

### **Технология подводного ремонта сооружений специального назначения**

Руденко Д.В.

Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Процесс проведения подводных работ по восстановлению несущих бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений является наименее изученным, требующим совершенствования. Как правило, выполняемые ремонтно-строительные работы в надводной части сооружений предназначены для восстановления защитных слоев или формы конструкций. Более сложные задачи ремонта возникают в подводной части сооружений. В результате совместного действия воды как среды механического воздействия течений и растворяющего действия жидкости повреждения конструкций носят более сложный характер. Подводный ремонт зачастую требует наращивания поврежденных конструкций, тампонирования подмылов, ликвидации трещиноватости и выщелачивания бетона.

Исследования процесса подводного бетонирования показывают, что требования только по прочности и подвижности недостаточны для определения пригодности бетона разных составов для специальных восстановительных работ. Бетонная смесь после укладки под воду испытывает воз-



действие специфических условий, резко отличающихся от условий бетонирования на суше. Установлена необходимость предъявления к подводному бетону повышенных требований в сравнении с укладываемым на воздухе, в частности, к кавитационной стойкости. К числу проблем технологии подводного бетона относится обеспечение долговечности искусственных сооружений, а также их стойкости в агрессивных средах.

Разработана технология подводного бетонирования, которая исключает изменение состава бетонной смеси при ее погружении под воду, а твердение происходит в опалубке или без нее с обеспечением комплекса заданных свойств материала. При этом соблюдается основное требование непрерывного проведения ремонтно-восстановительных работ.

УДК 69.05:658.5124

### **Принципы интегрированного проектирования инвестиционно-строительной деятельности**

Уваров П.Е.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Одним из способов решения важной научно-прикладной задачи повышения эффективности организационно-технологического проектирования (ОТП) и управления инвестиционно-строительными проектами является создание системной основы для формирования и принятия рациональных решений, а также структурной оптимизации информационных потоков. Это достигается за счет применения методов и моделей ОТП учитывающих инвестиционную составляющую при создании строительных объектов.

Для формирования комплексных решений в информационно-функциональной системе осуществлено: 1) формирование комплексных решений в системе управления проектом-объектом строительства; 2) разработка модели оптимизации параметров объекта строительства; 3) обоснование структур и функций организационно-технологических циклов (ОТЦ).

Проведены исследования (анализа, синтеза и адаптации) ОТЦ на информационном уровне всех структур составляющих инвестиционно-строительную деятельность. Найдены связи попарно взятых множеств совокупности количественных, качественных характеристик формирующих проект-объект строительства и системы ОТП а также функциональные зависимости групп свойств формирующих ОТЦ.

Метод формирования модели обоснования взаимосвязи параметров проекта включает формализацию решений с разработкой уравнений связи именованных множеств нормативно-методических моделей  $\Phi_{(j)}(x_j)=0$  и построением целевой функции  $\Phi_{(i)}(X_i)=C_i$ , с техническим критерием опти-

малости при  $x=x_1, x_2, \dots, x_n$  и созданием балансового уравнения  $\Phi_{cj}(x_j)=\mathcal{E}_{ki}$ , включающего частные  $x_j$  и обобщенный критерий экономической эффективности -  $\mathcal{E}_{ki}$ .

Оценки временных и технико-экономических показателей выявили хорошую сходимость линейных и множественных корреляционных зависимостей в предпроектной и проектной фазах жизненного цикла проекта и управлении реализацией проекта.

УДК 624.012.4

### Структурообразование модифицированной цементной матрицы гидротехнического бетона

Ануфриева Е.В.

Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Для получения гидротехнического бетона с заданными свойствами необходимо установить закономерности регулирования параметров цементной системы на стадии взаимодействия цемента с водой. Процессы, определяющие эти свойства, обуславливаются в основном молекулярными силами, действующими на границе раздела фаз.

Образование адсорбционных слоев на поверхности зерен цемента является важнейшей стадией процесса модификации. Играя такую же роль, как и щитные коллоиды, эти слои регулируют рост кристаллов на определенных стадиях процесса гидратации клинкерных минералов. Действие модификаторов в бетонной смеси сводится к увеличению числа зародышей и к их росту в цементной системе, нанесенной на поверхность. Это происходит вследствие того, что модификаторы, являясь поверхностно-активными веществами и воздействуя на грани кристаллов, вырастающих из раствора, способствуют увеличению поверхностной активности, а также влияют на их форму. Так как при прочих равных условиях скорость роста кристаллов часто пропорциональна поверхностному натяжению, то даже весьма малые добавки веществ, способные изменить величину поверхностного натяжения, существенно отражаются на степени смачивания зерен, характере кристаллизации и свойствах новообразований.

Исследования проведены с целью определения изменения энергетического состояния цементной матрицы гидротехнического бетона во времени, в качестве критерия которого принято количество свободной извести, образующегося в системе. Таким образом, сопоставление течения процессов структурообразования цементной матрицы бетона различной интенсивности модифицирования позволяет установить как закономерности, общие для этих систем и не зависящие от В/Ц, так и различия между ними.

**Коррозия бетона, обусловленная воздействием сульфатов**

Голшани М.М.

Белорусский национальный технический университет

Сигналом того, что в бетоне начался процесс сульфатной коррозии, является наличие белого налёта на поверхности железобетонной конструкции. В процессе проникновения сульфатов в бетон образуются сульфат кальция (гипс) и сульфалоюминат кальция (этtringит), замещающие исходные, меньшие по объёму соединения. И в конечном итоге бетон разлагается на составляющие элементы и разрушается.

Интенсивность коррозионного разрушения бетона непосредственно зависит от степени его проницаемости. При высоком уровне проницаемости бетона вода быстро проникает в бетон и повышает концентрацию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в поровой жидкости цементного камня. Затем вода испаряется, а на поверхности бетона остаётся карбонат кальция, который образовался в результате реакции гидроокиси кальция с углекислым газом воздуха. В итоге на поверхности бетона образуется белый налёт.

Чтобы повысить устойчивость бетона к сульфатам, применяют следующие методы:

а) если содержание сульфатов более 0,2 % в почве (более 1500 мг/л в воде), необходимо применение сульфатостойкого портландцемента типа V с содержанием  $\text{C}_3\text{A}$  меньше 5 %. Если же содержание сульфатов в почве составляет 0,1-0,2 % (в воде от 150 до 1500 мг/л), нужно использовать цемент типа II ( $\text{C}_3\text{A}$  менее 8 %);

б) при использовании цемента типа II соотношение В/Ц не может быть более 0,5 а при использовании цемента типа V это соотношение не должно быть более 0,45;

в) весьма эффективно применять цемент с 15-30-процентным содержанием пуццолановых добавок. Если в почве содержится более 2 % сульфатов и более 10000 мг/л в воде, то применение пуццоланов является необходимым, что соответствует группе F стандарта ASTM C 618;

г) образцы бетона, изготовленные в автоклаве при температуре более 177 °С, обладают более высокой сульфатостойкостью;

Учитывая содержание в цементе соединения  $\text{C}_3\text{A}$  в целях повышения сульфатостойкости бетона, следует при его изготовлении использовать цемент типа V. Кроме того, повысит прочность бетона и использование пуццолановых добавок, а также портландцемента типа IS. Таким образом, для повышения прочности бетона следует учитывать минералогический состав и вид цемента, а также водоцементное отношение, которое должно быть минимальным.

## Фазово-структурные характеристики цементного камня с добавкой молотого отсева

Смоляков А.В., Зенько А.И., Свистун А.П.

Белорусский национальный технический университет

Использование многотоннажных отходов дробления гранитной породы на РУПП «Гранит» Брестской области, является важной народнохозяйственной задачей. Результаты исследований, выполненных авторами в последние годы, свидетельствуют о возможности полного и эффективно использования гранитного отсева как в качестве минеральной добавки в цемент (раствор, бетон), для получения которой рекомендуется «отсев» мелких фракций (менее 1,25 мм), так и в качестве обогащающих мелкие (природные, речные) пески крупных фракций (1,25 - 5,0 мм) предварительно рассеянного на сите №1,25 вновь образующегося и отвального гранитного отсева.

Продукт помола, введенный в цемент в количестве 10% - 30% от его массы, способен существенно повысить прочность цементного камня (из теста нормальной густоты), несмотря на уменьшение доли клинкерной составляющей в смешанном вяжущем. Сущность «механизма» данного эффекта рассматривается в настоящей статье.

Результаты экспериментов, свидетельствующие о росте прочности цементного камня с добавкой измельченного гранитного отсева при  $\rho_{\text{т.н.}} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$  в дозировке до 30% от массы цемента, могут быть связаны с активизирующим воздействием тонкодисперсных частиц  $\text{SiO}_2$  на процесс его твердения. С целью подтверждения этой гипотезы был выполнен комплекс исследований с помощью «ДТА-анализа» и рентгенофазового анализа.

Установлено, что минеральная добавка из гранитного отсева не изменяет морфологию новообразований в цементном камне, т.е. не проявляет химической активности по отношению к продуктам гидролиза и гидратации клинкерным минералов. В основе выявленного эффекта роста прочности цементного камня с ней лежит физико-химический процесс, сопровождающийся формированием большего количества традиционных кристаллогидратных новообразований (благодаря наличию в минеральной добавке ультрадисперсных частиц кремнезема), более плотной взаимной «упаковки» их, с увеличением «площади» взаимных контактов и энергии связи между ними, чему способствует и понижение общего водоцементного отношения теста нормальной густоты смешанного вяжущего.

# **Архитектура зданий и сооружений**

## Произведение архитектуры как объект экспонирования

Сергачев С.А.

Белорусский национальный технический университет

Памятники архитектуры и произведения современного зодчества еще не стали пониматься как объекты специфических экспозиций, расположенных в активно используемом пространстве, в окружении других зданий, под воздействием солнца и атмосферных осадков и т.д. Произведения архитектуры, особенно если это памятники истории и культуры, внесенные в путеводители, надо готовить для экспозиции, обеспечивая следующие положения:

- системность (в экспонировании произведения архитектуры не может быть что-то основное, а что-то несущественное. Должна быть обеспечена уравновешенная гармония всех аспектов экспонирования). Произведение архитектуры является частью окружающего пространства. Поэтому связи его с элементами окружения, вплоть до качественных особенностей сетей электроснабжения объекта архитектуры, становятся также объектами экспонирования;

- комплексность (часто внимание сосредотачивается на проблемах сохранения и реставрации наиболее значимого объекта историко-культурного комплекса). Но любой комплекс, как правило, это структура со значительным культурологическим потенциалом, в которой взаимосвязано сосуществует немало других интересных и познавательных объектов, как с историческим прошлым, так и относящихся к современности;

- благоустройство, озеленение (обеспечение подъезда и подходов к памятнику архитектуры, около него – мест отдыха и стоянок автотранспорта). Для этого следует разрабатывать трассы экскурсионных маршрутов, раскрывать панорамы и сектора обзора памятников, готовить смотровые точки. Нередко памятник невозможно сфотографировать из-за случайно поставленных опор линий электропередач, рекламных щитов, деревьев. Желание сфотографироваться на фоне памятника архитектуры тоже следует учитывать;

- пропаганда архитектурного наследия, реклама (в настоящее время в стране недостает систематизированной информации об объектах, которые могут стать привлекательными для осмотра приезжими и туристами).

Ответственное понимание действительной значимости объектов архитектуры в формирующихся экспозиционных пространствах позволит обоснованно расставлять акценты и в самой архитектурной среде, и в сфере туристической деятельности.

**Новая номенклатура квартир для сложных семей**

Аладов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Анализируя структуру родственных семей и основные этапы и развития можно выделить 7 основных типов, на обеспечение условий жизнедеятельности которых следует предусматривать варианты функционально-планировочной организации квартир:

**тип А** - родительская семья и молодожены до детей;

**тип Б** - родительская семья и молодая семья;

**тип В** - родительская семья и взрослые одиночки-дети, желающие проживать изолированно;

**тип Г** - родительская семья и пожилая супружеская пара;

**тип Д** - родительская семья и одинокий пожилой человек;

**тип Е** - родительская семья и взрослый инвалид;

**тип Ж** - семейная группа, состоящая из двух и более брачных пар одного поколения.

В зависимости от принципа взаимного расположения жилых ячеек и зон для проживания родственных семей и семейных групп возможно выделить четыре принципиальных видов расселения: 1) изолированно-соседское; 2) смежно-изолированное; 3) совместное проживание с полной изоляцией; 4) совместное проживание с частичной изоляцией.

**Изолированно-соседское размещение** предполагает расселение семьи типов А-Б в квартирах на одной лестничной клетке или соседних уровнях, в которых проживает основная семья.

**Смежно-изолированные квартиры для семей из нескольких поколений** - примыкающие друг к другу квартиры, каждая из которых имеет самостоятельные входы, с необходимым набором основных и подсобных помещений, при возможном объединении.

**Совместное проживание** - расселение в одной ячейке, в которой предусматривается выделение зон для автономного проживания отдельных членов сложной семьи. для проживания семьи, входящей в состав сложной.

Таким образом, изолированное расселение может быть рекомендовано для сложных семей первых трех типов. Смежно-изолированное расположение является предпочтительным для расселения первых трех типов семей, а также для семей групп Г и Ж. А вот совместно-изолированное расселение следует принимать в расчете на проживание в сложной семье одинокого пожилого человека или взрослого инвалида, т.е. типов семей Д и Е, и возможно типов В и Г.

Гаврикова Г.М.

Белорусский национальный технический университет

Во все времена развития человеческой цивилизации шедевры зодчества информировали современников об эстетике соотношения числа и графика, абстрактного и формального, науки и искусства. Гармония соотношения формировала традиции в творчестве, а осмысление традиций основывало филии в искусстве строить, а значит, совершенствовало технологии реализации идеи.

Напрашивается вывод из такого рода размышлений, что искусство вообще и архитектура в частности – это временная нить Ариадны в лабиринте познания.

В этих условиях востребование информации осуществляется погружением в имеющуюся структурированную совокупность некоторого фиксированного базиса, например, концепции. Далее срабатывает принцип «цепной реакции», требующей аналитической проработки. Доказательная процедура требует обязательного синтезирования полученных результатов и донедения их до числа, то есть превращения знаний в умение.

Двоичность информационного поля требует присутствия некоего третьего элемента, приводящего в движение потенциальную информационную массу. Это движение и есть собственно познание и как любое движение может иметь численное решение через значение сопряженной функции комплексной переменной  $\omega^0 = \pm f(z^0)$  по преобразованию  $E_6$  в  $S_8$ . В результате преобразовательного процесса формируется многолистная и многосвязная операционная система, погруженная в зеркальную гиперболическую сеть информационных каналов с замкнутой периферией. Многолистная структура операционной системы служит графической системой отнесения для получения структурированных многообразий, обладающих степенью вариантности с бесконечным числом решений. Имеем программное обеспечение с комплексным алгоритмом МАС. Все это дает право утверждать, что геометрическое программирование с помощью МАС-технологий реализует идею на уровне природных эволюционирующих структур. Это можно. Поскольку эволюционировать могут только гармонизированные множества, связанные единым модулем. А эволюция через совершенствование дает миру великое разнообразие природных форм с мощным мобилизирующим психологическим фактором воздействия в информационной среде единого информационного поля.



## Стилистические направления в современной белорусской жилищной архитектуре

Рак Т.А.

Белорусский национальный технический университет

В последнее десятилетие в республике существенно улучшилось качество архитектуры массовой жилой застройки, в том числе и композиционно-образных решений жилых зданий. Используемые для многоквартирного строительства конструктивно-технологические системы, современные отделочные материалы, предоставили архитекторам широкие возможности формообразования фасадов, и экономические возможности «коммерческого» строительства к тому же стимулировали требования к визуальной репрезентативности зданий. Существенно интереснее стали архитектурные решения жилых домов и квартирами социального и доступного типа.

Анализ композиционно-художественных характеристик белорусских многоквартирных домов показал, что наряду со зданиями с чисто утилитарными внешними решениями (а такие дома пока все же составляют большую часть городской застройки) появились жилые здания с эстетически полноценными в композиционно-художественном аспекте образами. В белорусской жилищной архитектуре начал формироваться ряд стилистических направлений, наиболее четко прослеживается влияние стилей неонисторизма, деконструктивизма и современного функционализма. При формировании образного решения здания в неонисторической стилистике архитектурный образ создается на основе ассоциаций с классицизмом, готикой, модерном, используются характерные для этих стилей композиционные приемы построения фасадов и архитектурные детали. При формировании фасадов зданий в стилистике деконструктивизма архитектор, как дизайнер «рисует» фасад на основе формальных композиций, членения плоскостей фасадов разбивают и маскируют архитектурную форму здания. Характерная для деконструктивизма динамика архитектурной формы создается за счет плоскостных цветовых композиций, контрастного сочетания фактур, объемных, зачастую гипертрофированных, архитектурных деталей. Для жилых зданий в стилистике деконструктивизма характерна как яркая индивидуальность, так излишняя порой экстравагантность внешнего облика. Стилистическое направление современного функционализма формирует образ жилого дома на основе визуально четкого обозначения функционального назначения здания.

## Стилистические направления при реконструкции жилых и общественных зданий

Ситникова И.О.

Белорусский национальный технический университет

Стилистическое своеобразие реконструируемого объекта – в совокупности методов и приемов, применяемых при реконструкции.

Для создания органичной архитектуры необходимо найти в архитектурной композиции то специфическое, индивидуальное, что позволит решить сложные задачи архитектуры как уникальных зданий, так и зданий массовой застройки.

Активное применение типовых проектов (часто вне зависимости от конкретных условий) привело к тому, что по всей стране было построено множество одинаковых домов, жилых массивов и районов. Города стали одноликовыми, не получив изначально архитектурного своеобразия. Это привело к созданию деструктивной среды обитания человека. Реконструкция же требует индивидуального подхода к каждому объекту.

До конца 19 века художественные качества архитектурных сооружений были устойчивыми в своем стилевом развитии. Во второй половине 19 века – начале 20 века единство развития, свойственное всем стилям прошлого, сменилось многообразием стилистических направлений и школ. Стилистическая пестрота, базирующаяся порой на совершенно противоречивых эстетических принципах, отражала сложность и противоречивость эпох и процессов, повлиявших на материальную сторону архитектуры.

Практика реконструкции объектов архитектуры базируется на теории раскрытия основных стилистических особенностей объектов.

Реконструируя тот или иной архитектурный объект, развивая главную идею замысла, проектируют составные элементы зданий, характерные только для данного объекта. Отсюда – индивидуальность форм, элементов и деталей.

Эти принципы характерны для конкретных архитектурно-композиционных методов реконструкции.

К ним относятся методы:

- контекстуального модернизма;
- стилистического соответствия;
- метод свободной стилистической интерпретации.

Особое место среди различных систем и приемов занимает прием коллажирования. Он может быть применен к любому из перечисленных методов.

**Рациональные объемно-планировочные решения энергоэкономичных многоквартирных жилых зданий**

Реутская И.П.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время ведущими в решении проблем повышения энергосбережения и ресурсосбережения в массовом жилищном строительстве продолжают оставаться преимущественно инженерные и технологические методы, в то время как наиболее действенными и одновременно наиболее малозатратными следует признать рациональные архитектурные приемы и решения, принимаемые еще на стадии проектирования

Разрабатываемые нами рекомендации по совершенствованию архитектурных решений многоквартирных жилых зданий относятся к выбору формы здания, его постановке на участке, ориентации помещений и фасадов здания, градостроительным решениям дворовых пространств и группировки зданий в композиции, объемно-планировочным решениям, устройству на фасадах выступов, западов, ризалитов, целесообразности организации остекленных и открытых приквартирных пространств, определению оптимальных размеров световых проемов и др.

Объемно-планировочные решения жилых домов в значительной мере влияют на их энергоэффективность. Строительство ширококорпусных зданий с использованием прогрессивных технических решений дает на протяжении периода их эксплуатации существенную экономию энергоресурсов на отопление, которая может достигать 40 и более процентов. Здесь нами разработаны экспериментальные проекты ширококорпусных домов, в том числе с аэрационными и световыми шахтами и дворами, определены коэффициенты компактности, представляющий собой отношение площади наружных ограждений к отапливаемому объему здания, проведен сопоставительный анализ вариантов и определены наиболее рациональные приемы.

В рамках работы рассмотрены также другие архитектурно-планировочные решения, обеспечивающие теплоэффективность жилого здания, например, планировочные решения, основанные на лучевом расположении квартир. Такой прием позволяет размещать от 8 и более квартир на этаже без удлинения внеквартирных коммуникаций. Эти решения обеспечивают уменьшение периметра наружных стен на единицу общей площади дома, уменьшение длины наружных и внутренних инженерных коммуникаций, увеличение нагрузки на лифты.

## Развитие концепции «национального» в архитектуре Беларуси 1900–1918 гг.

Чернатов В. М.

Белорусский национальный технический университет

Познание теоретической концепции «национального» в искусстве и архитектуре Беларуси относится к первым десятилетиям XX ст. Она связана с философской и эстетической мыслью, национально-политическим движением. Только при истолковании конкретно-исторических условий, в контексте с общеевропейскими процессами в архитектуре можно с большой долей объективности рассматривать данную проблему.

Здесь важно проследить один из кардинальных научных вопросов связанных с национальным своеобразием во всевозможных ее модификациях, наконец, с попыткой создания национального белорусского стиля в архитектуре, как неотъемлемой части культуры. Термин «белорусский стиль» в искусстве Беларуси появился в 1908 г. Первым официальным архитектурным проектом, исполненным в белорусском стиле был костел для д. Янотрудь Полоцкого уезда, был спроектированный архитектором Л. Дубейковским. А не официальным следует считать работу художника Ф. Бруздовича, который при реконструкции костела в населенном пункте Тимковичи, 1904–1908 гг., выступил и как архитектор и художник-дизайнер.

Следует подчеркнуть, что формирование осознанной национально-стилевой архитектуры протекало, часто спонтанно и, не вылилось, в стройную художественно-стилевую систему. Поиск «национального» в архитектуре, как правило, имел индивидуальный подход.

Практический опыт 1900–1918-х гг. показал, что качественно новое использование дерева и камня-бута, как строительных материалов, давал мощную эмоционально-эстетическую окраску архитектурным произведениям. Наиболее наглядно это можно проследить, рассматривая такие произведения, как: костелы в Браสลаве, в г.п. Радунь, в д. Лаздуны Ильяевского района, церкви в д. Большие Жуковичи Кореличского района, в д. Пиревичи Жлобинского района и др. Подобный опыт умелого использования традиционных материалов мог лечь в основу создания системы национального своеобразия. Это легко прослеживается на примере творчества таких белорусских архитекторов, как: Я. Боровский, Ф. Бруздович, Ст. Гейдукевич, Л. Дубейковский, Ю. Клосс, О. Криснопольский, П. Стабровский, В. Струев, Л. Фаркевич, С. Шибуневский и др.

## Принципы создания универсальной архитектурной среды

Лазовская Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Под универсальностью архитектурной среды понимается необходимость учета эргономических и типологических законов формирования среды, оптимальность светового и цветового режимов, техническое совершенство и красота мебели и оборудования, универсальности архитектурной среды предполагает выполнение комплекса мероприятий по обеспечению архитектурными средствами доступности, безопасности, информативности и комфортности (удобства). Принципы создания универсальности архитектурной среды (УАС):

1. *Многогранность использования.* универсальности архитектурной среды должна быть одинаково удобной как для здорового, так и для человека с ограниченными физическими возможностями.

2. *Адаптируемость использования.* универсальности архитектурной среды должна удовлетворять широкому спектру индивидуальных предпочтений и возможностей человека в зависимости от его психофизического состояния, увлечений, возраста, пола.

3. *Доходчивость и своевременность получения информации* универсальности архитектурной среды должна эффективно передавать информацию независимо от знаний, опыта, концентрации и внимания человека, чтобы он мог запомнить свои действия и маршрут передвижения, легко повторять их впоследствии от физического и психологического состояния человека.

4. *Минимализация неблагоприятных последствий.* универсальности архитектурной среды должна сводить к минимуму риск и неблагоприятные последствия случайных или преднамеренных действий. Человек должен избежать ранений, травм, чрезмерной усталости из-за свойств архитектурной среды.

5. *Адекватность параметров пространства.* Элементы УАС должны формироваться с учетом радиусов досягаемости и характеристики оптимального поля зрения, иметь соответствующий размер и площадь для доступа и использования независимо от мобильности человека, его физических, умственных и сенсорных характеристик.

6. *Экологическая целесообразность.* УАС должна обеспечивать условия для физического и психоэмоционального равновесия человека. Необходимо стремиться к использованию экологически чистых конструкционно-отделочных материалов, избегать использования агрессивных цветов.

**Особенности развития архитектуры физкультурно-оздоровительных объектов массового пользования**

Горунович В.В.

Белорусский национальный технический университет

Сеть физкультурно-оздоровительных сооружений является сложной и разнообразной. Она входит составной частью во все структурные элементы планировки населенных мест.

Массовые типы физкультурно-оздоровительных учреждений содержат три уровня обслуживания:

1. Местный уровень обслуживания

- Здания и сооружения, приближенные к жилью.
- Физкультурно-оздоровительные клубы микрорайонов.

2. Районный уровень обслуживания

- Физкультурно-рекреационные комплексы.
- Физкультурно-оздоровительные центры жилых районов.
- Детско-юношеские спортивные школы.
- Любительские спортклубы.

Местный уровень обслуживания предлагает ежедневные самостоятельные и организованные физкультурно-оздоровительные занятия для всех групп населения (детей, подростков, молодежи, престарелых, инвалидов).

Районный уровень определяет периодические организованные физкультурно-оздоровительные занятия всех групп населения.

Основные и вспомогательные помещения массовых типов физкультурно-оздоровительных учреждений проектируются как:

- Отдельно стоящие корпуса.
- Два или несколько отдельно стоящих корпусов.
- Блоки помещений, размещаемые рассредоточено в структуре жилых зданий в качестве встроенных, встроено-пристроенных помещений нижних жилых этажей.
- Блоки-пристройки к общеобразовательным школам.
- Функциональные блоки помещений в структуре кооперированных общественных зданий.

Основной задачей развития физкультурно-оздоровительных учреждений является создание многофункциональных объектов для занятий как классическими, так и современными видами спорта популярными у молодежи и граждан разных возрастных групп и физических возможностей.

## Нормативные документы и возможности цветового моделирования ДДУ

Молокович Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Цветовое моделирование интерьеров ДДУ выявляет возможности данных объектов, как архитектурного пространства, призванного обеспечить полноценные отношения в системе «цвет-среда-ребенок», но не все компонентообразующие системы учитываются в должной степени.

Руководства и рекомендации по проектированию цвета интерьеров жилых и общественных зданий содержат:

- параметры, отражающие физические характеристики цвета: цветовой тон, количества цвета, цветовой контраст, коэффициент отражения основных поверхностей помещения с учетом ориентации светопроемов и светоклиматических особенностей района;
- оценочные таблицы изменений цвета при нескольких вариантах освещения в течении дня – естественное, совмещенное, искусственное;
- рекомендации по восприятию размеров и пропорций помещения с учетом цветовых характеристик помещения, фактуры поверхностей и характера рисунка;
- приложения гармоничных сочетаний цветов с учетом физических характеристик цвета, соотношения занимаемых площадей, цветового контраста и его восприятия.

Предложения нормативных данных в представленном объеме не отражают современную типологическую специфику ДДУ в полной мере и не учитывают главный компонент системы задач архитектурного пространства – «развитие», а именно отсутствует собирательная база данных, определяющая цвет архитектурного пространства как развивающий и формирующий фактор в процессах физического и психологического развития ребенка.

Наличие нормативных данных в расширенном формате позволяет цветовому моделированию направленно выявлять специфику различных детских дошкольных учреждений не только по функциональной направленности, но и с учетом особенностей физического и психического здоровья детей.

Понимание роли цвета в процессах формирования и развития детей дошкольного возраста – необходимое условие для расширения нормативного формата данных по проектированию интерьеров и решению задач цветового моделирования ДДУ.

## Быстровозводимые сооружения для городов Беларуси

Шайкова О.В.

Белорусский национальный технический университет

Быстровозводимые здания более полувека ассоциируются с легкостью и простотой возведения, со сжатыми сроками строительства и минимальными трудозатратами. Городская архитектура отличается от сельской большим разнообразием функциональных назначений и соответственно большим количеством форм. При проектировании данное обстоятельство и определяет разнообразие формообразующих приемов.

Архитектурно-конструктивные разработки увязаны с реальными возможностями современного индустриального производства:

- скоординированная подборка строительных материалов соответствующей продукции, вырабатываемой заводами в нашей стране;
- конструктивные решения, согласованные с требованиями типизации, эффективности, максимальной унификации и заводской готовности архитектурных и конструктивных элементов зданий и сооружений;
- транспортировка – максимальная компактность перевозимых конструктивных элементов и близость к месту возведения объекта;
- значительное сокращение времени монтажа зданий и сооружений;

Совокупность этих факторов значительно влияет на стоимость квадратного метра, что для заказчика имеет огромное значение.

Ряд из указанных возможностей архитектурного конструирования зданий и сооружений применяются на практике, как у нас, так и за рубежом.

В настоящее время при строительстве общественных сооружений все больше получают применение полносборные, сборно-разборные и трансформируемые архитектурно-строительные структуры.

Современные технологии делают возможным строить здания различных функциональных назначений и архитектурных решений. Например: многоэтажные жилые здания, гипермаркеты, складские помещения, торговые центры, спортивные сооружения, досуговые центры. Эти технологии могут быть полезными для дальнейшего совершенствования методов строительства не только в городах, а и в сельской местности – расширение архитектурных возможностей, использование новых конструктивных средств.

Проникновение в городское и сельское строительство индустриальных методов возведения зданий окажет значительное влияние на рождение новых архитектурных форм.



**Интерпретация пространства в экологически ориентированной архитектуре и в традиционной сельской архитектуре Беларуси**

Заборский Г.А

Белорусский национальный технический университет

Большинство современных архитектурных школ воспринимают пространство в евклидовом смысле — как равномерное, протяженное поле. Оно организуется расположенными в нем объектами, в т.ч. объектами архитектуры. Экологический подход к архитектуре требует отказа от такой интерпретации пространства в пользу его изначальной неравномерности. Т.е. объемная структура архитектурного объекта не организует изначальный хаос, а проявляет скрытую структуру энергетических потоков и информационных взаимодействий, изначальных присущих пространству [1]. Неравномерность пространства в экологически ориентированной архитектуре выражается в различии свойств азимутов, связанных с суточным движением солнца, максимумами и минимумами инсоляции; преобладающих ветровых потоках; плотности текущей биологической активности и максимально возможной (климаксной) биологической активности на определенной территории, направлений и интенсивности гидрологического (поверхностные и грунтовые воды), геологического, биотического (коммуникации и миграции животных, насекомых, перенос семян растений) транзита. Сходные представления об изначальной неравномерности пространства характерны для строительных практик в большинстве традиционных культур [2], в т.ч. - в традиционной культуре Беларуси (обряд выбора места для строительства, обряд разбивки плана с четырехчастным делением, гибко зависящая от контекста ориентация проемов, печи и т.п.). Изучение способов выражения этой неравномерности в объемно-пространственной и конструктивной организации построек представляет особый интерес для развития современной, экологически ориентированной архитектуры, сохраняющей внутреннюю преемственность по отношению к традиционной национальной культуре и отражающей региональную специфику. Наиболее интересной с точки зрения экологически ориентированной архитектуры является пропорциональная структура вложенных микроклиматических/семантических контуров (покуть — клеть — сени — белый двор — черный двор — веска).

**Литература**

1. Reiser, Jessy: Atlas of novel tectonics. - New York, 2006.
2. Леви-Стросс, Клод: Структурная антропология, - М., 2008.

## Сучасны праваслаўны храм у структуры горада

Вараб'ёў В.Г.

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт

Аналіз планіровачнай структуры старадаўніх гарадоў з'яўляецца важным ілюстрацыяй адмысловага месца сакральных пабудоў у структуры горада. Незалежна ад часу стварэння і тыпу горада, культавыя будаванні заўсёды былі ключавымі элементамі гарадской забудовы. Аднае выключэнне складае савецкі перыяд, час панавання атэістычнай ідэалогіі, цягам якога не толькі не адбывалася будаўніцтва пабудоў адзінага тыпу, але была зруйнавана вялікая колькасць непаўторных прымаў нашай краіны.

Адраджэнне духоўнасці, якое адбылося ў 90-х гадах ХХ ст., стала прычынай актыўнага будаўніцтва культавых пабудоў. Усведамленне значнасці комплексу, як значнага гарадабудаўнічага ўтварэння, патрабуе ўлічэння іх у агульнай сістэме сацыяльна-культурнага абслугоўвання, што на практыцы не заўсёды рэалізуецца. Не ў поўную меру ўжываецца прыём размяшчэння храмаў у грамадскіх і культурных цэнтрах, жылёй забудове, што тлумачыцца адсутнасцю адпаведнай заканадаўчай сістэмы, якая б прапавядала рэзерваваць тэрыторыі пад культавыя збудаванні. У выніку гэта новая бажніца будуюцца на тэрыторыях з нізкім узроўнем прэзентатывнасці. Часта ігнаруюцца асаблівасці рэльефу, фонавай забудовы. Не рэалізуецца патэнцыял сакральных пабудоў, як найбольш прыдатных элементаў пры стварэнні гарадскога сілуэту і панарамы горада. Ніжаль існае сетка сакральных аб'ектаў горада з'яўляецца недастатковай для выканання функцыі арыентацыі ў гарадскім асяроддзі. Нават самы прасты прыём візуальнага раскрыцця будынка, адносна асноўных напрамкаў яго ўспрыяцця, часта застаецца нерэалізаваным у выніку найбольшага выбару месца храма.

Інглядзячы на шэраг вышэйназваных праблем паступова ідзе працэс накоплення станоўчага досведу па размяшчэнню сакральных аб'ектаў у структуры горада і аднаўленню страчаных гарадабудаўнічых традыцый. Адным з удалых прыёмаў сучаснасці, з'яўляецца размяшчэнне храмаў ў ландшафтнай прасторы, якое ўзбагаціла горад маляўнічымі краявідамі.

## Літаратура

- 1 Куцевич, В. Архитектура сакральных зданий и сооружений на Украине /
- 2 Куцевич // Архитектура, Строительство, Дизайн. Журнал Международной Ассоциации Союзов Архитекторов [Электронный ресурс]. — 2004. — Режим доступа: <http://www.archjournal.ru/rus/3-1number/ukraine.html>. — Дата доступа: 12.03.2009.

## Принципы формирования системы молодежных культурно-досуговых центров в Иране

Фаррох Сияр Фаррох

Белорусский национальный технический университет

Учреждения досуга с Иране ориентированы на обеспечение одной, в лучшем случае еще одной-двух функций, как правило, сопутствующих (кинотеатры, театры, музеи, выставочные залы, физкультурно-спортивные комплексы и т.д.). На этом сказывается традиционность иранского общества, что находит выражение в предельной конкретике явлений общественной жизни. Но одновременно современная среда насыщается формами, основанными на новейших технологиях, что неизбежно обогащает содержательную сторону производственных, общественных и бытовых процессов. Безусловно, эти процессы будут воздействовать и на традиционные основы формирования среды молодежного отдыха. А так как людей молодого возраста в Иране около 25 % и в ближайшие годы этот показатель станет еще выше, то проблема организации досуга молодежи станет выходить за рамки лишь проблемы свободного времени.

В связи с этим можно рекомендовать, с учетом оценки существующей материальной базы сферы молодежного досуга, формировать среду для отдыха молодежи на основании следующих принципов:

- соблюдение оптимальности размещения центров отдыха (доступность, приближенность к местам проживания молодежи);
- универсализация структуры зданий для учреждений отдыха (возможность реагировать на новые технологии сферы развлечений, возможность эффективно изменяться в зависимости от вида мероприятия);
- создание выразительных архитектурно-художественных решений (архитектура зданий учреждений досуга, расположенных не только в центрах городов, но и в периферийных районах, должна быть активно усатвовать в формировании выразительной и эстетически комфортной среды, а не ориентироваться лишь на возможности рекламы);
- обеспечение возможностей перспективного развития (инвесторы больше привлекают возможности реконструировать здания не за счет надстроек, а за счет расширения и пристроек, что позволяет продолжить эксплуатацию в период проведения реконструктивных мероприятий);
- экономичность (не только на уровне строительства, но и на уровне эксплуатации, что зависит и от тех возможностей, которые обеспечит архитектурно-планировочное решение для трансформации и расширения видов представляемых услуг).

## Дом дневного пребывания для людей пожилого возраста – новый объект социальной инфраструктуры Ирана

Амирсолтани Рахим

Белорусский национальный технический университет

Результаты анализа собранного материала, опыта эксплуатации учреждений, выполняющих функции заботы о людях старшего поколения, результаты анкетирования, проведенного в Тегеране, содействовали формированию идеи, основанной на предпочтении строительства в Иране формы дневного пребывания людей пожилого возраста (ДДП). То есть зданий, в которых пожилые люди могут встречаться, общаться с друзьями и молодежью, проводить свободное время, получать некоторые виды медицинских, бытовых и социальных услуг и консультаций. При этом ограничивается их постоянное проживание в собственных домах и квартирах.

Основные цели ДДП:

- осуществление процедур способствующих поддержанию физического здоровья
- помощь пожилым людям в преодолении одиночества, замкнутого образа жизни, наполнение их существования новым смыслом.

Поэтому в структуру ДДП должны быть включены помещения для различных функциональных процессов: поддержание физической активности (медико-восстановительные, физкультурно-оздоровительные процедуры), сохранение социальной активности (досуговая деятельность, творческий труд).

Разработаны предложения по площадям основных помещений различной вместимости ДДП. Ориентировочные площади помещений определены на основе учета параметров предметно-пространственной среды, необходимых для организации функциональных процессов и организационных требований. Вместимость подобных учреждений обычно ограничена вместимостью до 200 человек, так как установлено, что большее количество посетителей создает некомфортную для пожилых людей психологическую атмосферу. Поэтому определение функциональных программ, состава функциональных групп, номенклатуры и площадей помещений целесообразно для ДДП вместимостью до 50, 100, 150 и 200 человек.

Хотя комплексы ДДП рассчитаны на дневную эксплуатацию и не предполагают проживания престарелых, в медико-восстановительный блок может быть включено пансионатное отделение — несколько номеров стационарного типа для пожилых людей, временно (до 1 месяца).

**Основные требования к зданиям для временного применения при ликвидации последствий стихийных бедствий в Китае**

Би Синь

Белорусский национальный технический университет

В Китае происходит самое большое количество разных стихийных бедствий в мире. Стихийным бедствиям подвержены значительные территории, многие люди теряют имущество и родных. Так, в 2008 г. от землетрясения в провинции Сычуань погибло 69159 человек, 37414 человек были ранены, 17469 человек пропали без вести, еще большее количество людей потеряли свое жилище.

В 2008 г. правительство Китая приняло программу строительства в таких ситуациях временного жилья для пострадавших, которое может использоваться от 2 до 5 лет. За этот срок государство должно решить, восстановить разрушения или расселить пострадавших по другим городам. Министерство архитектуры и строительства Китая во исполнение этих мероприятий разработало правила и технические требования по строительству временного жилища.

Исследования показывают, что здания для временного использования должны отвечать следующим требованиям:

1. Несложная транспортировка (быстрая доставка на место, легкие материалы, модульная структура);
2. Быстрый монтаж, возможно, самими пострадавшими (легкие материалы, несложная конструкция);
3. Обеспечение необходимого срока эксплуатации (2-5 лет, что обеспечит возможность повторного использования зданий);
4. Экономичность (в случае стихийного бедствия приходится одновременно строить большое количество зданий);
5. Комфортность проживания (защита от атмосферных воздействий, теплоизоляция и др.);
6. Обеспечение выполнения необходимых функциональных процессов
7. Возможность формирования качественной архитектурной среды за счет оптимального размещения объектов, облегчения ориентирования в незнакомой среде, обеспечения необходимых функциональных процессов (медицинская помощь, питание, административно-распорядительное, бытовое и коммунальное обслуживание, обучение, связь и др.).
8. Несложность демонтажа зданий после завершения работ по ликвидации последствий стихийного бедствия.

Фанг Джинионг

Белорусский национальный технический университет

Хэнань – одна из сельскохозяйственных провинций Китая. Сельское жилище здесь развивалось в течение значительного исторического периода, основная особенность его архитектуры – представительский характер. Традиционно китайская семья была смешанной и большой по численности. «Под одной крышей» проживало несколько поколений. Жизнь семейного клана стала основой наиболее распространенного типа народного жилища в провинции Хэнань, который стал известен также по всему Китаю – жилых комплексов «сыхэюань».

В «сыхэюань» различают помещения по странам света – северные, южные, восточные и западные. Их объединяет крытая галерея. Главным считается северное помещение, главным фасадом обращенное к югу. Оно лучше других освещается солнцем и потому является самым теплым и светлым. Здесь живут глава семьи с женой. Восточное и западное помещения – флигеля, предназначенные для детей и внуков. Двери и окна всех помещений выходят внутрь двора, а в северной стене делают несколько небольших окон, выходящих на улицу. Архитектура «сыхэюань» создает замкнутое пространство, обеспечивающее тишину, покой и сокрытие семейной жизни, отвечая требованиям китайского этикета и соблюдая градацию поколений и подчинение младших старшим.

В зависимости от состоятельности и общественного положения члена «сыхэюань» имеет разные варианты: в небольших «сыхэюанях» нет переднего и заднего дворики, отсутствуют флигеля. В «сыхэюанях» состоятельных семей делали несколько дворов, чаще расположенных по одной оси. Как правило, такая усадьба имела сад.

Для китайского традиционного жилья характерно центральное общее пространство, где происходят наиболее важные для семьи процессы. Его окружают мелкие пространства, для отдельных членов семьи. Традиционный образ жизни, который сложился в «сыхэюань», сохраняется до настоящего времени и учитывается в новом сельском строительстве в провинции Хэнань. Отдельные элементы комплекса «сыхэюань» – фактически самостоятельные объемно-планировочные элементы, удобные отдельного строительства и для соединения в многоэлементные блок-схемы. Строгая определенность назначения и размещения компонентов комплекса «сыхэюань» соответствуют возможностям методики блок-модульного проектирования.

## **Природные компоненты во внешнем оформлении зданий и сооружений**

Тихонова Е.А.

Белорусский национальный технический университет

В крупном городе человек оторван от естественной природы. Помимо ландшафтно-градостроительных средств гармонизации окружающей среды решать этот вопрос помогает введение природных компонентов в архитектуру зданий и сооружений. Во внешнем оформлении (экстерьерс) это вертикальное озеленение фасадов, озеленение и цветочное оформление балконов, лоджий, окон, архитектурно-ландшафтное решение внутренних двориков, террас, плоских кровель (в т.ч. сады на различных искусственных основаниях - крышах, террасах, эстакадах, перекрытиях подземных сооружений). Однако наиболее распространенным введением природных компонентов в архитектуру зданий и сооружений является вертикальное озеленение, как одно из самых простых, доступных и выразительных средств декоративного оформления.

Основными функциями вертикального озеленения являются декоративное оформление объектов, маскировка неприглядных сооружений, организация и изоляция мест отдыха, создание оптимальных микроклиматических условий. При вертикальном озеленении зданий вьющиеся растения должны быть подчинены их архитектурному решению. При оформлении вьющимися растениями жилых и общественных зданий следует использовать различные приемы: сплошное озеленение, озеленение группой лиан и озеленение одиночными лианами с организованным формированием их ветвей по определенной системе.

Эффект оформления зданий и сооружений вьющимися растениями зависит от знания их биологических и декоративных свойств и особенно от того, насколько умело будут использованы эти свойства в связи с окружающей природной средой и местными природно-климатическими условиями.

Композиция из вьющихся растений представляет собой компоновку растительных форм в единое гармоничное целое. Подбор наиболее благоприятных сочетаний основывается на ряде принципов функциональном, экологическом, декоративном и систематическом. Ассортимент растений для внешнего оформления зданий и сооружений подбирается из местных (или давно интродуцированных) растений.

Таким образом, в настоящий момент вертикальное озеленение рассматривается как продуманная работа по формированию городской среды, и, в конечном итоге, по созданию имиджа города.

**Методическое обеспечение студентов инженерно-строительных специальностей при изучении курса «Архитектура»**

Балыко А.Е.

Белорусский национальный технический университет

В общем объеме изучаемых дисциплин для специальностей 1-70, 1-70 01 01, 1-70 02 02, 1-27 01 01, 1-26 02 02, 1-69 01 01 значительное место отводится курсам «Архитектура», «Основы архитектурного проектирования», «Архитектурные и строительные конструкции», «Архитектурные конструкции» и др. Данные дисциплины по утвержденным Советом БНТУ программам ведет кафедра «Архитектура производственных объектов и архитектурные конструкции». Основное внимание при этом уделяется классификации зданий и сооружений, их объемно-планировочным и конструктивным решениям, основным принципам проектирования. Подробно рассматриваются вопросы взаимосвязи строительных материалов, конструкций из крупных и мелкогабаритных элементов, вопросы эстетики и экономики индустриального строительства. Особое значение придается требованиям, предъявляемым к конструкциям зданий и сооружений, оценке условий их работы и эксплуатационным качествам, техническим характеристикам, долговечности, огнестойкости и способам их изготовления.

Используя исходные данные относительно планировочной структуры, конструктивной схемы здания и рекомендуемых вариантов его частей, студенты под руководством преподавателя стремятся к оригинальному, самостоятельному решению на основе современных требований и рекомендаций. Большое значение при этом придается овладению приемами архитектурной выразительности, изучению нормативной литературы и умению ею пользоваться.

В целом для успешного изучения курса «Архитектура» и выполнения курсовых проектов сотрудниками кафедры разработаны учебно-методические пособия практически по всем разделам курса. Большим спросом пользуется учебно-методическое пособие «Конструктивные элементы и детали», используемое для выполнения архитектурно-конструктивного проекта № 1 «Малозэтажное гражданское здание из мелкогабаритных элементов». Ведется сбор необходимых иллюстративных и нормативных материалов для переработки этого пособия. Широкое применение в учебном процессе находят макеты гражданских и промышленных зданий, плакаты, диафильмы по различным разделам курса, а также методический фонд кафедры, который постоянно обновляется с учетом современных требований.



**Реновация промышленных территорий как способ архитектурно-пространственного развития городского центра**

Сысоева О. И.

Белорусский национальный технический университет

Современные социально-экономические условия требуют постоянного функционального и пространственного развития центров городов. Предпосылки реновации промышленных территорий обусловлены необходимостью рационального использования городских земель с высоким градостроительным потенциалом. Для размещения новых объектов политики, культуры, науки, образования и спорта предлагается использовать территории, занятые экологически небезопасными или нерентабельными промышленными предприятиями центрального ядра.

По градостроительным условиям, архитектурно-планировочной организации и характеру застройки промышленные территории, находящиеся в структуре центра можно разделить на несколько групп. Первая группа - ограниченные улицами площадки предприятий. Их застройка сформирована либо зданиями старой промышленной архитектуры, либо зданиями, построенными в послевоенное время по авторским проектам. Во вторую группу входят промышленные территории вдоль железнодорожных путей, проходящих через центр. В прирельсовой зоне, наиболее проблемной по экологическому состоянию, застройка в основном с низкой плотностью и архитектурно непривлекательная. Третья группа представлена промышленными территориями, расположенными в прибрежных зонах или имеющими непосредственную связь с озелененными ландшафтными пространствами. Ценность застройки в этой группе обусловлена выразительностью пространственной композиции или силуэта.

С учетом архитектурно-пространственных особенностей территорий предлагается дифференцированный подход к их реновации. Представляется целесообразным: производить реновацию территорий первой группы по отдельным объектам, для сохранения ценной исторической застройки, расчленяя крупные промышленные предприятия на кварталы, соответствующие планировочному масштабу центра; при реновации прирельсовых территорий второй группы уплотнять застройку, размещая новые общественные, производственные и транспортные объекты; при выносе производственной функции с территорий рекреационных зон сохранять имеющуюся специфическую образность промышленных объектов, использовать такие территории для формирования альтернативных городских пространств.

**Конструктивно-технологические особенности устройства каркасно-этажерочных систем несущего остова гражданских зданий**

Корзун С.И.

Белорусский национальный технический университет

Для устройства сборных каркасно-этажерочных систем используют колонны высотой на один или несколько этажей, к которым поэтажно крепят элементы перекрытий, состоящие из надколонных, межколонных и средних плит, соединяемых одна с другой арматурными выпусками с последующим омоноличиванием стыков. Сборные колонны с значительным уширением опорной части изготавливают высотой на этаж.

При устройстве сборно-монолитных каркасно-этажерочных систем применяют сборные колонны высотой на этаж и сборные многопустотные настилы. После монтажа этажных колонн на перекрытие нижележащего этажа устанавливают между колоннами опорные опалубочные элементы, служащие опалубкой для монолитных несущих и связевых плит-балок и монолитных участков перекрытий и опорами для плит-настилов. В зазоры между торцами настилов и над колоннами укладывают арматурные каркасы, арматуру также заводят в пустоты настилов или же в уложенные арматурные каркасы заводят выпуски продольной арматуры из настилов. Затем промежутки с уложенной арматурой заполняют уплотняемой бетонной смесью. После набора смесью прочности и удаления опалубки получается высотой на этаж сборно-монолитная каркасно-этажерочная система.

Монолитные каркасно-этажерочные системы устраивают поэтажными шпалками в строящихся зданиях в сборно-разборной универсальной опалубке. Такие системы характеризуются высокой прочностью и жесткостью узлов сопряжения входящих в них элементов, так как эти узлы армируют выпусками рабочей арматуры из примыкающих элементов. Пространственная жесткость зданий обеспечивается жесткими узлами сопряжения элементов каркаса и ядрами жесткости, образованными монолитными стенами лестнично-лифтовых узлов и другими внутренними стенами, монолитно связанными с перекрытиями. Для снижения массы и повышения звуко- и теплоизоляции монолитные плиты перекрытия могут выполняться слоистыми, то есть в них могут укладываться легкобетонные плиты или блоки.

Монолитные каркасно-этажерочные системы выгодно отличаются от сборных и сборно-монолитных по расходу материалов, особенно стали, из-за сварных стыков и, соответственно, стальных закладных деталей.

## Многоуровневые гаражи-стоянки как элементы городской среды

Санникова О. Ф.

Белорусский национальный технический университет

Проблема организации мест для парковки автомобилей в городах республики остается актуальной, несмотря на меры, принимаемые по ее решению. Так, в Минске обеспеченность местами временного хранения автомобилей составляет в среднем по городу 22%, местами постоянного хранения – 34%. Разработана и реализуется схема размещения гаражей в г. Минске, в соответствии с которой на перспективу до 2015 г. потребность в местах для хранения автомобилей будет на 85% обеспечена за счет создания многоэтажных гаражей-стоянок, на 15% - за счет открытых стоянок. Большинство этих объектов будет размещено на реконструируемых территориях, в том числе в планировочной зоне центра и в жилых районах, что потребует подхода к их архитектурному формированию, как полноправных элементов городской среды. Возникает необходимость комплексного решения не только транспортных, функционально-планировочных, экологических, но и архитектурно-композиционных вопросов.

В этой связи представляются целесообразными изучение и адаптация соответствующего зарубежного опыта. В проведенном исследовании выявлены характерные условия включения гаражей-стоянок в архитектурную среду современного города: - с формированием автономных объемно-пространственных структур; - с включением во фронтальную застройку улицы; - с размещением в подземном уровне. Систематизированы используемые в зарубежной практике приемы объемно-пространственной организации гаражей-стоянок и средства повышения выразительности их архитектуры. Подчеркнуто значение широкого применения, наряду со средствами композиционного формирования объемов, приемов экологической защиты окружения с помощью озеленения и визуального упорядочения среды.

Особенное внимание уделено опыту создания тех типов объектов, интенсивное строительство которых предполагается в г. Минске. Это отдельно стоящие гаражи-стоянки, размещаемые, как правило, вблизи мест скопления людей – торговых центров, стадионов, выставок, парков, и встроенно-пристроенные гаражи-стоянки, включаемые во фронт улицы. Рассмотрена комплексная модель архитектурного формирования гаражей-стоянок, учитывающая влияние климатических условий Беларуси.

**Конструктивная и декоративная стилизация пространства**

Манкевич С.В.

Белорусский национальный технический университет

Стиль всегда проявляется в функциональных, конструктивных и художественных особенностях. Ошибочно считать, что стилизация пространства заключается в наборе декоративно-орнаментальных средств, типичных для имитируемых эпох. Необходимо применять характерные для данного времени приемы построения планов, строительные материалы и конструкции. Существовавший ранее стиль не может быть искусственно восстановлен, так как был рожден соответствующей прошедшей эпохой. Приступая к воссозданию стилевых признаков, необходимо помнить, что большинство известных стилей не декоративные, а конструктивные. Поэтому подход к организации пространства должен быть и конструктивный и декоративный. Несколько характерных примеров: в интерьере греческих культовых и общественных зданий - ордерные галереи с антаблементом, украшенным архитектурными лепками, кессоны потолков, гладкие поверхности мраморных стен, скульптурные композиции. Греческие вазы, мотивы сфинксов, грифонов и львиных лап в мебели ампира в современном интерьере могут служить стилизованными акцентами. Опирающие купола на парусный свод – гениальная конструкция византийских мастеров создала пространство христианского храма. Бетонные своды современных храмов, характерные росписи на золотом или темно-синем фоне, мозаики, мраморные полы, богатый интерьер при наружной простоте - стилизация. Романский стиль – каменные, часто не оштукатуренные массивные несущие стены. Внутренняя структура замков, как и жилых домов Европы романского времени не отличалась сложностью. В 11-12 вв. возникают мозаики, важным элементом в интерьере является открытый очаг с большим пирамидальным колпаком, характерны стулья с высокой спинкой. Стиль итальянского палаццо немыслим без анфилады комнат и внутреннего перистильного двора. Организация пространства в стиле барокко предполагает динамику его развития. Оптические эффекты с помощью зеркал, гротеск в лепнине, отдельно стоящие опоры, отделяющие полуоткрытое пространство. Популярный в современном дизайне интерьеров модерн ввел в дизайн интерьера принципиально новые декоративные элементы, отдавая им предпочтение перед конструктивными. В целом при стилизации пространства необходимо работать с объемами, пропорциями, освещением, отделкой и соответствующими стилизованными акцентами.

**Система вентилируемых фасадов КРАСПАН**

Пинчук С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Актуальность конструктивных решений стен с использованием систем вентилируемых фасадов (СВФ) трудно переоценить, т.к. летом текущего года на основании ТНПА РБ мы переходим на значительное увеличение нормативного сопротивления теплопередаче стены в среднем в 1,5 раза. Лидеру конструктивного решения стены, а также систем утепления в нашей стране - легким штукатурным системам (Л.Ш.С.)-потребуется существенное увеличение толщины утеплителя - несущего элемента Л.Ш.С.- что выглядит весьма проблематично.

Одна из наиболее востребованных проектировщиками СВФ - система компании КРАСПАН. В данной системе с вентилируемым воздушным зазором в качестве облицовочного материала применяются фасадные плиты, панели, кассеты: КЕРАМОГРАНИТ плита КРАСПАНКЕРПЛИТ МАТОВЫЙ, лицевая поверхность - матовая цветная глазурь, основа керамогранитная плита; КРАСПАН КЕРПЛИТ ПОЛИРОВАННЫЙ полированная цветная глазурь; КРАСПАН КЕРПЛИТ (А)-полиуретановое цветное покрытие; плита КРАСПАНКОЛОМ МИНЕРИТ- лицевая поверхность- грунт с высокой адгезией+ матовое цветное лакокрасочное покрытие на основе акриловых композиций; плита КРАСПАНСТОУН - лицевая поверхность - атмосферостойкий колерованный компаунд + натуральная каменная крошка (гранит,магнезит,мрамор и др. фракции 1,5-3мм); плита КРАСПАНГРАНИТ из натурального полированного камня, панель КРАСПАНМЕТАЛЛКОЛОМ- лицевая поверхность— цветное полимерное лакокрасочное покрытие; панель КРАСПАНМЕТАЛЛСТОУН - лицевая поверхность- атмосферостойкий колерованный компаунд + натуральная каменная крошка фракции 0,8-1,5мм); панель КРАСПАНМЕТАЛЛКОЛОМ-К(для изготовления кассет)- лицевая поверхность- цветное полимерное лакокрасочное покрытие, панель КРАСПАНМЕТАЛЛСТОУН-К (для изготовления кассет)- лицевая поверхность- атмосферостойкий колерованный компаунд + натуральная каменная крошка фракции 0,8-1,5мм); панель КРАСПАНАН- лицевая поверхность- алюминиевый лист 0,4мм+ цветное поливинилфторидное (PVDF) покрытие.

Подоблицовочная система - металлический каркас - служит для крепления на расстоянии экрана к основанию. Подвижная часть кронштейна позволяет исправить неровности стены и выставить направляющие вертикального каркаса в одной плоскости.

## Особенности конструктивных решений стен с применением блоков из ячеистого бетона

Журавская Т.С., Фомичева Н.М.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, в последние годы большое внимание уделяется экономному использованию энергоресурсов. Поскольку значительная часть энергии расходуется на отопление зданий, актуальным становится вопрос тепловой эффективности ограждающих конструкций. Так, с июня 2009 года в РБ требуемое термическое сопротивление наружных стен будет увеличено до  $3,0 - 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  (по действующим нормам  $2,0 - 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ).

Одним из наиболее перспективных материалов для возведения стен является ячеистый бетон, использование которого позволяет обеспечить необходимое термическое сопротивление даже в однослойных стенах. Кроме того, стены из ячеистого бетона «дышат», регулируя влажность в помещениях, имеют достаточно большую тепловую инерцию, небольшой вес, хорошую огнестойкость и другие достоинства. Прочностные характеристики этого материала позволяют использовать его в зданиях с несущими стенами высотой до 5 этажей включительно. При большей высоте здания стены рекомендуется выполнять ненесущими с полным опиранием на несущие конструкции.

Однако при возведении зданий с использованием ячеистобетонных блоков следует учитывать особенности этого материала, требующие соблюдения определенных правил. Так, необходимо устраивать температурно-деформационные швы через 12-15м, не допускать наличия мостиков холода в местах примыкания стен к элементам каркаса, не использовать паронепроницаемые отделочные слои, слоистые стены выполнять с вентилируемой воздушной прослойкой, отделочные работы выполнять после потери бетоном избыточной влажности и затухания влажности стен (через 0,5-1 год). В квартирах большой площади со сложной планировкой следует предусматривать эффективную вентиляцию и рациональное размещение элементов систем отопления.

Несоблюдение этих требований может привести к возникновению многочисленных дефектов, таких как образование вертикальных сквозных трещин, появление плесени на внутренней поверхности наружных стен, разрушение декоративно-отделочных слоев и т.п.

На особенности проектирования зданий со стенами из ячеистого бетона следует обращать внимание студентов строительных специальностей при изучении курса «Архитектура» и выполнении курсовых проектов.

УДК 624.01

## Облегченный металлический каркас одноэтажных производственных зданий с применением рамных конструкций

Токарева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Здания из металлических конструкций сочетают в себе небольшой вес и высокую прочность, что значительно уменьшает размеры фундаментов, удешевляет транспортировку груза и сокращает использование тяжелой механизации во время строительства. Стальные конструкции изготавливаются на заводе металлоконструкций, имеющем высокопроизводительное оборудование, что в итоге сокращает до минимума ручной труд и время изготовления, а также монтаж модульных здания.

Другим бесспорным преимуществом металлоконструкций является их мобильность. Модульное здание можно так же быстро, аккуратно и без больших потерь разобрать и перенести на другую площадку.

Благодаря современному дизайну здания из металлоконструкций органично вписываются в облик и огромного мегаполиса, и небольшого городка. В зависимости от назначения, будь то строительство торговых центров, складов, магазинов или строительство спортивных сооружений им можно придавать разнообразные формы и очертания, вплоть до самых фантастических. Вряд ли нужно еще какое-либо доказательство тому, что сегодня в сфере промышленного строительства технологии с использованием легких металлоконструкций занимают ведущие позиции, обладая высоким уровнем конкурентоспособности.

Наиболее перспективным при возведении одноэтажных производственных зданий можно считать рамные конструкции из сварных или прокатных профилей. Главное достоинство рамных конструкций из двутавров переменного сечения состоит в том, что изменение поперечного сечения стоек и ригелей соответствует эпюре изгибающих моментов. Таким образом, эти конструкции экономичны по расходу материала и позволяют перекрывать пролеты до 100 м без промежуточных опор. Здания системы АSTRON обладают всеми преимуществами зданий из легких металлоконструкций, и кроме этого позволяют интегрировать в строительство традиционные материалы, такие как камень, кирпич, стекло, дерево, бетон. Широкая цветовая гамма стеновой и кровельной обшивки позволяет создавать различные цветные решения здания.

Рассмотрены различные варианты узлов сопряжения элементов и подготовлен графический материал, необходимый для использования в учебном процессе.

## Характерные черты в архитектуре винокуренных заводов Беларуси середины XIX- начала XX вв.

Залеская Г.Л.

Белорусский национальный технический университет

Винокурение получило широкое распространение в Беларуси с середины XIX в. Со второй половины XIX до начала XX в. существовало до 400 заводов, и архитектура их корпусов представляет значительный интерес.

Чаще всего традиционно устраивались помещиками при усадьбах. Предприятие размещалось в одном здании, состояло из нескольких отделений: квасильного, дрожжевого, аппаратного, солодовни, мойки и фильтра. Характерной чертой было обустройство квартиры акцизного инспектора, осуществлявшего государственный контроль производства вина (спирта).

Объемно-планировочное решение производственных корпусов винокурен (броваров) 1860-1910-х гг. осуществлялось по двум схемам.

При первой схеме, более ранней по времени, план производственного корпуса близок к прямоугольнику, к аппаратному отделению с двух сторон примыкают вспомогательные, складские помещения и отделение конного или двигателя (Стефаново, Дерешевичи, Зарудье, Савейки, Мильчи). При второй схеме завод имел план Т-образной формы. Здание винокурни обычно состояло из двух-, трехуровневого доминирующего вертикального объема, к которому с противоположных сторон примыкали одно- или двухэтажные протяжённые пристройки (Алесино, Жабчицы, Троглады, Савейки, Жодзишки).

Первая объемно-планировочная схема реализовывалась в деревянной каркасно-стеновой конструкции, второй было присуще применение капитальной стеновой конструкции, при которой несущий остов здания составляли кирпичные или каменные стены с крестовыми сводчатыми перекрытиями или перекрытиями по чугунным балкам.

Характерным размещением винокуренных заводов являлось включение производственного корпуса в состав усадебного комплекса, потому особое внимание уделялось архитектурному декору. В нём широко использовались элементы готики и «кирпичного» стиля: фигурная кирпичная кладка применялась в завершении корпуса, на горизонтальных фронтонах, в обрамлении оконных проемов и на плоскостях лопаток, подчеркивая их конструктивную основу.



## Методические основы выбора мероприятий по снижению уровня шума в городской застройке

Миндюк Е. Г., Шуляковская Н. Н.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных проблем экологии является защита населения от шума. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что шум высокой интенсивности оказывает на человеческий организм вредное влияние. Шум понижает работоспособность при умственном труде примерно на 60%, а при физическом – на 30%. С увеличением уровня шума от 70 до 90 дБ производительность труда снижается на 20%. Диапазон слухового восприятия человека укладывается в 130 дБ. Шум в 150 дБ для человека непереносим, в 180 дБ вызывает усталость металла, в 190 дБ вырывает заклепки из конструкции. Устранить источник шума невозможно, но поглотить и понизить воздействие шума, довести его до безопасного уровня можно.

Транспортный шум является важным элементом воздействия автомобильных дорог на окружающую среду. Борьба с транспортным шумом предусматривает: зонирование территорий и трассировку улиц и дорожных сетей; совершенствование организации движения и отделение грузового движения; применение более совершенных конструкций дорожных одежд; использование специальных шумозащитных мер (стенки-экранов).

Защитные мероприятия от негативных последствий транспортного шума заключаются в использовании явления акустического экранирования. Наиболее известными и находящими применение во многих странах шумозащитными средствами являются звукоизоляционные экраны, земляные валы и полосы зеленых насаждений.

Основным природным шумозащитным элементом является зеленые насаждения. Наиболее эффективными являются специальные плотные посадки из древесно-кустарниковых пород крупномерных быстрорастущих с густоветвящейся низкоопущенной плотной кроной.

Наиболее кардинальной мерой борьбы с транспортным шумом и создания в городах нормальной экологической обстановки считается строительство подземных магистралей.

Затраты на снижение шума в сложившейся жилой застройке прилегающей к дорогам, как правило, в несколько раз превышают стоимость устройства шумозащитных барьеров при строительстве дороги.

## Территориальная организация мест хранения автотранспорта в крупных городах Республики Беларусь

Демьянович Н.С.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня, в связи со стремительным ростом уровня автомобилизации, в городах республики Беларусь обострилась проблема хранения автотранспорта. Ее решение требует создания единой, научно-обоснованной системы паркирования, вопреки существующей практике парирования мест хранения транспортных средств в любых доступных точках городов. Такая система должна быть универсальной, удобной в использовании, а так же решать проблему паркирования на перспективу, что может быть обеспечено соединением двух подходов: градостроительного и архитектурно-планировочного.

Для научного обоснования возможности создания такой системы для крупных городов РБ, а не для каждого индивидуально, был проведен анализ формирования мест хранения автотранспорта в городах, с целью определения общего и особенного в этом процессе.

Исследование организации мест хранения автотранспорта проводилось для таких крупных городов Беларуси как Минск, Могилев, Витебск, Гродно, Брест, Гомель.

Картографический метод исследования показал, что для постоянного хранения автотранспорта в основном используются гаражи боксового типа, размещенные массивами в периферийных зонах: в Минске это примерно 60% всех мест хранения, в Могилеве, Витебске, Гродно, Бресте, Гомеле – примерно 75-90%, а также открытые охраняемые автостоянки (в Минске примерно 37%, в городах республики – 10-25%). Временное хранение автотранспорта, в большинстве случаев, осуществляется на открытых стоянках, на проезжих частях улиц, на тротуарах, во дворах жилых домов, а также в многоэтажных паркингах.

На основании проведенного анализа было установлено, что формирование сети мест хранения автотранспорта в городах Беларуси шло однотипно и сегодня характеризуется схожестью градостроительных и объемно-планировочных решений, а так же близкими количественными показателями.

В исследовании заключается, что анализируемые города «похожи», что дает возможность разработать общую методику оценки и организации мест размещения и хранения автотранспорта.

Жаркевич Д. В.

Белорусский национальный технический университет

В результате анализа нормативной литературы, а также зарубежного и отечественного опыта проектирования и строительства объектов, подходящих под понятие «пассажирский терминал», были выявлены характерные для данных объектов особенности конструктивных решений.

Конструктивные решения пассажирских терминалов следует проектировать в зависимости от расчетной вместимости пассажиров, с учетом природно-климатических и других местных условий и особенностей.

При проектировании пассажирских зданий больших и крупных терминалов следует применять преимущественно каркасные системы, большепролетные перекрытия и покрытия из сборно-монолитных, монолитных или сборных железобетонных и металлических конструкций. Проектируемые конструкции должны предусматривать возможность их сооружения современными индустриальными методами или трудосберегающей технологии.

Сборно-монолитные и монолитные железобетонные конструкции применяются в зависимости от совокупности местных условий, необходимости достижения высокой архитектурной выразительности здания вокзала с учетом технико-экономических обеснований. Металлические конструкции в виде металлических ферм или пространственных решеток применяют, как правило, для перекрытий и пролетами свыше 18 м.

Крупные помещения основного технологического назначения, например пассажирские залы, следует проектировать с минимальным количеством опор для обеспечения возможности беспрепятственного движения пассажиров и уборочных средств. Также минимальное количество опор допускает изменение функции при эксплуатации отдельных помещений и залов. В наружной отделке пассажирских зданий, павильонов, тоннелей, пешеходных мостов, навесов следует применять долговечные материалы, обеспечивающие экономичную эксплуатацию и обладающие высокими эстетическими и гигиеническими свойствами.

Наиболее яркими примерами конструктивных решений зданий, напоминающих по своему устройству пассажирские терминалы, являются транспортный терминал №1 «Москва-сити» (Россия), новый вокзал в Берлине (Германия) и т.д.

**Теория, история и  
перспективные проблемы  
современной архитектуры**

УДК 726.71(476)

## Путешествие в XIX век. Культурно – историческое наследие Ваньковичей в центре Минска

Тарасова Г.Г.

Белорусский национальный технический университет

В центре Минска на Октябрьской площади приютился одноэтажный дом с фронтоном и восьмиколонным портиком. Построенная в конце XVIII начале XIX вв. городская усадьба принадлежала Эдварду Ваньковичу. Дом располагался в глубине двора и отделялся от улицы оградой с въездной брамой. За домом был сад из редких деревьев и растений, а по периметру находились хозяйственные постройки. Ворота усадьбы были всегда гостеприимно распахнуты. Здесь часто собирались местная интеллигенция и дом превращался в своеобразный культурный центр, где звучала музыка, велись творческие дискуссии.

Двадцатый век нанёс усадьбе тяжёлый урон. Из-за отсутствия хозяев дом дряхлел и в 1978 году был снесён, а в 1997 году он был заново восстановлен. В бывшем городском доме Ваньковичей был создан музей «Дом Ваньковичей. Культура и искусство первой половины XIX века». Основной задачей музея стала организация центра музыкальной и культурной жизни Минска.

Однако градостроительное положение возрождённого дома Ваньковичей, находящегося в «плену» современной застройки, достаточно сложно. Интерес к памятнику архитектуры в виде так называемой ностальгии по прошлому вряд ли имеет перспективу для сохранения объекта. Было принято решение о восстановлении всей усадьбы: флигеля управляющего, въездной брамы, а также благоустройство территории и установка памятника художнику Валентию Ваньковичу. Укрупнение архитектурного объекта, приблизив его образ к прежнему законченному виду городской усадьбы XIX века, позволяет упрочить градостроительное положение исторического объекта в центре современного Минска и завершает развёртку застройки по ул. Интернациональной, которая по сути является фоном для Дворца Республики – возможно будущего памятника архитектуры, но уже конца XX века.

На примере городской усадьбы Ваньковичей можно сформулировать необходимые условия для успешного сохранения историко-культурных объектов. Во-первых, надо «вдохнуть в них жизнь» и, по возможности, восстановить первоначальную функцию или социальную роль, а во-вторых, проводить комплексное восстановление объекта, что будет гарантировать большую градостроительную адаптацию к современной застройке города.

**Архитектурно-планировочные особенности бригитских монастырей  
(на примере Гродно и Вадстены)**

Колосовская А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Орден св. Бригитты – монашеский орден католической церкви с двойными монастырями, основанный в Швеции в 1346 году. Двойными монастырями в истории Церкви называют религиозные здания, созданные для общин и мужчин и женщин, объединенных согласно уставу, живущих в отдельных строениях и использующих одну церковь для литургических служб. Сейчас в Европе осталось с десяток монастырей *Ordo Sanctae Brigittae* и в них остались только монахини.

Здание основного монастыря ордена Вадстена (*Vadstena*) в Швеции построено согласно инструкциям его основательницы. В бригитских монастырях организация храмового пространства строилась по схеме трехнефного зального здания, где вдоль северной стены в помещении церкви выходил балкон, на котором находились монахини, не имевшие права во время богослужения стоять на полу церкви. Это право было предоставлено лишь монахам.

Каменная церковь в Вадстене (1369 – 1435 гг.) возведена без апсиды и состоит из трех нефов равной высоты. Хор для монахов располагается в западной части здания, тогда как хором для монахинь служила ныне утраченная «парящая» деревянная конструкция в центральном нефе, куда монахини попадали из своего монастырского здания по мосту. Костел построен в Гродно (1-я пол. XVII в.) построен как однонефный храм с полукруглой апсидой на всю ширину нефа. Над главным входом размещена галерея хоров, которая соединена с консольным боковым фланконом. Монастырь в Гродно интересен организацией генерального плана с вынесением костела на перекресток улиц города. Крепостной характер был усилен каменным ограждением с четырьмя наружными оборонными башнями и планировкой, при которой строения монастыря, выстроенные в едином блоке с костелом, были замкнуты по периметру.

Устав первого монастыря в Вадстене, стал основой для других монастырей ордена, в том числе в Гродно. Существовавшая традиция в архитектурной организации монастырей, приводила к использованию уже имеющихся приемов застройки в соответствии с прототипом – первым монастырем ордена. Однако разные природно-климатические условия и разные периоды строительства, обозначенные своими стилистическими тенденциями, обуславливали местную интерпретацию застройки, что прослеживаются в архитектуре рассмотренных комплексов.

**Исторические особенности развития белорусской  
архитектурно-теоретической мысли  
XVIII – начала XIX вв.**

Кожар Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Период XVIII - начала XIX вв. является одним из ключевых в развитии архитектуры. Это время угасания барокко, столкновения и взаимодействия классицистических и романтических тенденций, начало формирования эклектики. Между тем работ, посвященных изучению белорусской теории архитектуры данного этапа в отечественном архитектуроведении нет. Это и делает актуальным обращение к исследованию региональной архитектурной мысли XVIII - начала XIX вв. в русле общего развития теории зодчества ведущих европейских стран.

Изучение публикаций, в которых решаются проблемы архитектуры, позволяет выделить два периода, характеризовавшиеся изменениями в теории зодчества: первый – середина XVIII в., второй – рубеж XVIII-XIX вв.

На первом этапе публикации по архитектуре отличались широкой проблематикой и имели энциклопедический характер (В. Быстржоновский, Ф. Гродзицкий, К. Зданьский, Б. Хмиловский, И. Ф. Роголинский). Теория периода находилась под влиянием немецкой и французской архитектурной мысли, разрабатывавшей положения классицистической доктрины. В 90-е гг. XVIII в. был издан ряд переводов трактатов итальянских теоретиков эпохи Возрождения и классицизма и появились первые отечественные труды, посвященные ордерным системам (В. Сераковский, С. Сольский).

В работах рубежа XVIII-XIX вв. в результате перестановки акцентов во взглядах на суть архитектуры были оспорены некоторые позиции витрувианства (П. Свитковский, Х.П. Айгнер, братья Сераковские, С.К. Потоцкий). Этот процесс происходил в русле западноевропейской архитектурной теории, для которой вторая половина XVIII в. была периодом постепенного отказа от витрувианской традиции, философских и «литературных» обоснований архитектурных задач и поисков «нового стиля». В первой четверти XIX в. приобрела своих сторонников и концепция французского теоретика-рационалиста Ж.Н.Л. Дюрана (К. Подчашинский, Х.П. Айгнер и др.).

С 1810-х гг. широкое распространение получили польско-русскоязычные архитектурные трактаты, решавшие проблемы теории «неостилей» в русле романтической эстетики. Они ознаменовали начало нового этапа развития зодчества – формирования архитектуры эклектики.

## Петербургский модерн

Марченкова И.А.

Белорусский национальный технический университет

Становление нового стиля в Петербурге запаздывало по сравнению с другими зарубежными школами. Реальные проявления его черт прослеживаются с конца 1890-х годов. Истоки петербургского модерна лежали в западноевропейской архитектуре.

В здании торгового дома Елисеевых на Невском проспекте огромный витраж-экран заключён в тяжеловесное обрамление из пилонов и избыточно перегруженного завершения. Массивные статуарные группы контрастируют с лёгким металлическим кружевом переплётов и балконов рисунком цветных витражей и рельефных женских масок.

Та же стилистическая двойственность присуща дому компании «Ингер» на Невском проспекте. Более последовательно системные принципы нового стиля претворены в здании Витебского вокзала. Смелая композиция, вырастающая из свободного плана, отличается асимметричной группировкой крупных масс, сложным эффектным силуэтом. Интерьеры пространственно взаимосвязанные, раскрыты друг в друга многочисленными проёмами. Здесь реализуется тенденция к взаимопроникновению пространств. Ранний петербургский модерн являлся во многом вторичным явлением, отражавшим влияние английского коттеджного строительства, венского сецессиона, немецкого югендстиля, бельгийского ар нуво.

Становление нового стиля содействовало возрождению и подъёму традиционных видов декоративного творчества. Искусствоковки и витража по своим особенностям более всего соответствовали языку раннего модерна. Кованые украшения часто сочетались с литьём.

Поистине массовое распространение получили витражи. И здесь преобладают те же излюбленные модерном растительные мотивы – цветы, листья и плоды. Особняком стоит живописный витраж с символическим сюжетом в ресторане гостиницы «Европейская».

В особняке Кшесинской подвижная композиция выражает индивидуальные особенности организации и состава помещений. Нарядные интерьеры особняка – пример симбиоза «чистого» модерна и неоклассицизма.

Значительность творческих открытий модерна позволяет увидеть в нём основу широкого спектра художественных явлений XX века. Ведь высшая цель и пафос модерна заключались в том, чтобы вынести искусство из музея в реальную жизненную среду.



**Взаимосвязь строительных технологий,  
экономики и архитектурных решений**

Завадский А.С.

Белорусский национально технический университет

Каждый строительный объект включает в себя несколько основных составляющих, которые на первый взгляд имеют второстепенные связи между собой, особенно на начальной стадии его создания. Однако архитектурное решение и строительные технологии, включая строительные материалы, оказывают решающее влияние на итоговую стоимость строительного объекта. При этом строительные объекты могут отличаться целевым назначением, функциональностью, эстетическим видом, уникальностью и т.д.

На стадии архитектурного решения, архитектурная эстетика непосредственно не имеющая стоимостного выражения, при переходе на этап технического проекта обретает материальное выражение, заключающееся в том числе и в стоимости материалов и технологий, необходимых для ее реализации.

Затем, на стадии реализации строительного объекта, определяющее влияние на экономику проекта начинают оказывать строительные технологии и материалы, что в итоге в преобладающей степени и сказывается на ней. В результате на всех стадиях создания проекта целесообразно использовать определенные обобщенные критерии. Эти критерии связаны между собой экономически, но в практике проектирования строительного объекта предпочтительно оперировать безразмерными значениями с возможностью их преобразования в экономические показатели. Если на стадии разработки технического объекта и его реализации посредством тех или иных технологий и/или материалов экономические показатели очевидны, то оценить сразу архитектурное решение экономически не представляется ни возможным, ни целесообразным. Конечно, архитектору можно задать стоимость объекта, но тогда он будет находиться в условиях ремесленника и не сможет в полной мере реализовать свои творческие способности, что в итоге может отразиться как на эстетических так и на функциональных качествах проектируемого объекта.

Следует все объекты классифицировать по обобщенным показателям, которые могут использоваться при создании как уникальных так жилых зданий массовой застройки. Основной, обобщенный показатель, может представлять собой долю затрат в объекте на архитектурную эстетическую составляющую.

## Униатские храмы Витебска

Ожешковская И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Архитектура униатских храмов Витебска является ярким примером взаимодействия традиций двух культур, западной и восточной. Союз униатской церкви с Римом явился существенным фактором многообразия форм храмового и монастырского зодчества, а из всего сохранившегося историко-архитектурного наследия особой художественной значимостью являются памятники виленского барокко XVII – XVIII веков, времени расцвета униатской архитектуры.

XVIII век для Витебска был периодом массового строительства каменных храмов. Большая часть новых сооружений принадлежала униатам. Ни один из них не сохранился в первоначальном виде. Среди 16 униатских приходских храмов, которые существовали в к. XVIII в. в Витебске главное место занимала Воскресенско-Рынктовая (1772 г.) церковь, которая имела статус соборной и кафедральной.

Храмы представляли собой 2–башенную бескупольную базилику и имели ярко выраженный характер костельной архитектуры. Главный фасад имел сложную волнистую поверхность со сквозными ярусами пилястр, фигурные аттиковые фронтоны закрывали высокую двухскатную крышу. Стены были украшены плоскими пилястрами с профильными орнанизмами. Башни завершались фигурными куполками. В структуре подчеркивалась горизонтальная направленность.

Ориентация практически всех Витебских церквей, соответствовала образцам католических костелов. Т.е. алтарная часть храма изменила ориентацию с востока на север. Во внешнем облике униатских церквей заметна доминирующая роль главного фасада и входного портала.

Для униатского периода существования Витебских храмов было характерно отсутствие иконостасов, что было засвидетельствовано в 1833 г. репортом ревизионной комиссии к униатскому митрополиту Иосифу Булгаку. Это связано все с возрастающим влиянием костела на архитектуру униатских церквей, заметно усилившуюся в конце XVIII в. Исполне вероятно и наличие во многих церквях и органов, хотя документов, подтверждающих это, не сохранилось.

Униатский период в архитектуре Витебска XVII в. ярко проявил художественные принципы виленского барокко. Архитектоника храмов складывались на основе восточных и западных архитектурных традиций, литургических требований и символики как католической, так и православной ветвей христианства.

# **Дизайн архитектурной среды**

## Зарубежный опыт проектирования парковых комплексов

Сидоренко М.В.

Белорусский государственный технологический университет

Проектирование и строительство урбанизированных парковых комплексов должно быть направлено на создание устойчивых взаимосвязей между природными и антропогенными компонентами, развитие и сохранение существующего природного потенциала города, ответственность национальных традиций паркостроения.

Развитие ландшафтной архитектуры происходит под сильным влиянием процессов глобализации. Проектирование становится индустриальным, иногда монопольным творчеством, в котором участвуют крупнейшие компании и ведущие мировые ландшафтные архитекторы. Сравнение деятельности данных компаний с одной стороны позволит оценить их концепции и успешность проектов, с другой стороны критически анализировать отечественную практику, выявить существующие конфликтные ситуации в проектировании и реконструкции урбанизированных парковых комплексов.

Анализ проектной практики позволил выявить следующие тенденции в ландшафтном проектировании:

1. Интернационализация проектной деятельности.
2. Объединение ландшафтно-рекреационных территорий города в системы, создание парковых комплексов, организация «зеленых коридоров», имеющих линейный характер планировки и полифункциональное использование территорий.
3. Увеличение значимости береговых территорий акваторий в структуре городских ландшафтно-рекреационных территорий.
4. Интерактивность парковых территорий -- вовлечение посетителя в процесс средового функционирования объекта.
5. Организация на парковых территориях полифункциональных зонных территорий.
6. Создание экологически ориентированных объектов, обеспечивающих комфортные условия пребывания, поддержание биологического равновесия, повышение биологического разнообразия городской флоры и фауны.
7. Выявление национальных культурных традиций, следование «духу места».
8. Ландшафтная регенерация транспортных территорий.

**Виды мозаики (по способу набора) в современном интерьере**

Слаук С. Я.

Белорусский государственный технологический университет

Сегодня в современном интерьере можно условно обозначить следующие 4 направления мозаики, характеризующиеся каждый своим способом набора и имеющими явные отличия друг от друга:

1) Художественное, когда профессиональный художник-монументалист разрабатывает эскиз и картон, и руководит художественным набором мозаики, где каждый модуль принадлежит строке - рисующей, где расстояния между строк и направления строк имеют большое значение, где характер цвета и величина модуля тоже являются рисующими и зачастую имеют динамику.

2) Классическое, когда в основе лежат готовые орнаменты, канонические изображения, уже существующие в истории или слегка переработанные рисунки. Авторство не всегда фиксируется. Модуль чаще всего одинаков, строкам, их направлениям и расстояниям между ними уделяется необходимое для классики внимание.

3) Живописно-академическое, когда в основе лежит реалистичная масляная живопись. Основная задача этого вида мозаики - точная имитация академической живописи, а наборность, являющаяся сутью декоративного языка мозаики не входит в арсенал средств художественной выразительности данного типа мозаики.

4) Декораторское, когда кладка не столько выявляет рисунок, сколько подчеркивает форму, архитектурную деталь. Порой набор и вовсе хаотичен. Изобилует пестротой, сочетанием слишком большого количества фактур. Изображение часто либо чересчур натуралистично, либо наивно. Характерным для декораторского направления в мозаике является выход на объемы, малые, скульптурные и архитектурные формы.

Дизайнерское, когда художник находит нетрадиционный подход к формированию интерьера, используя компьютерный механический набор и не применяя художественный набор. В поиске новых средств, он создает формально интересные проекты, оперирует цветом, пятном, объемами, пространством. При этом понятие МОЗАИКА подразумевает не вид монументальной живописи, а способ отделки, покрытия поверхностей.

Псевдомозаика, когда одна из богатейших техник монументальной живописи подменяется названием современного материала, который все же лишь является способом облицовки стен, как керамическая плитка, обои, пластик и т.п. Псевдомозаика не является искусством.

## Авангардный жест как способ развития творческого потенциала дизайнеров-архитекторов

Веренич А.С., Веренич М.П.

Белорусский национальный технический университет

Действие, прием, топос, который эффектно выражает позицию художника-авангардиста по отношению к традиционному видению и восприятию как искусства, так и действительности. Этому жесту присущ элемент театральности, и он всегда радикален, то есть это эстетический топос «ни-банк», который подчеркивает бунтарский, эпатажный характер авангарда. При всей специфике различий авангардных движений XX в. Жест авангардный оказывается связующим элементом, без которого радикальный авангард обойтись не может. Можно проследить и дать некоторый общий анализ проявлениям Жеста авангардного от футуризма до фильмов Годара на примере одного характерного авангардного топоса, связанного с лунно-солнечной символикой. Речь при этом идет не с роли Жеста в авангарде, а именно о радикальном Жесте авангардном. Этимология его восходит к первым футуристическим манифестам Маринетти 1909 г. Эти манифесты явились первыми примерами радикального обновления во взглядах на эстетические ценности. Смысл сводится к манифестации акта, который заведомо не может быть реализован: «Чем невозможнее и бессмысленнее, тем лучше», устанавливается окончательное превосходство футуристов над миром посредством направленности на смещение общепринятых представлений.

Тогда как футуристический пафос постоянно подвергается снижению, в котором чувствуется намек на самоиронию, структура произведения благодаря принципу алогизма радикализуется. Произведение в целом становится манифестацией, причем акцент делается на его бессмысленности, усиливая, таким образом, вызов всей смысловой структуре предыдущего искусства.

Эффект жеста настолько силен, что он действительно нарушает все ожидания зрителя, заставляя его потряхнуть шаблоны восприятия и взглянуть на искусство так, как этого требует от него художник. Тонкое обличье, как бы перерезающее луну, отсылает нас к призыву радикального отрицания логики и рассудка, выражающегося в радикально новом взгляде на форму. На примере рассмотренного радикального авангардистского топоса можно заключить, что Жест авангардный играл важную роль в авангардном искусстве XX века, в чью орбиту в последние два десятилетия попадают философия, эстетика, искусство, наука.

## Современные модели взаимодействия скульптуры и городской среды

Войницкий П. В.  
Concordia University, Montreal, Canada

Цель доклада – корреляция белорусской ситуации в урбанистической скульптуре с текущими интернациональными критическими дискурсами. Основываясь на современных теоретических текстах и используя в качестве наглядного материала произведения зарубежных авторов, созданные в течение двух ближайших десятилетий, настоящее исследование иллюстрирует изменения в скульптурных практиках на уровнях концепции, материала и взаимодействия с пространством.

На примерах наиболее характерных концептов, повлиявших на развитие современной скульптуры, теоретизируется расширение самого термина «скульптура», который ныне номинально охватывает широкий спектр отдельных видов искусства – от перформативных практик до ландшафта и виртуальных 3D объектов.

Рассматриваются явления находящиеся в смысловом пространстве традиционного для отечественного пост-советского искусствознания понятия «монументальной скульптуры», которое, однако, утратило актуальность в конце XX века. Современная теория и, как следствие терминология в этой области фокусируются на:

- социальной функции произведений – что отражают такие устоявшиеся термины как «общественная скульптура» («public sculpture») и «общественное искусство» («public art»);
- взаимосвязи с местом установки – отсюда «место-специфичная скульптура» («site-specific sculpture» или «landscape-based art»);
- включённости в локальные дискурсивные контексты («community specific art», «project-based art»).

Таким образом, в отличие от белорусской модели с главенствующим пропагандистским значением в недавнем прошлом в спектакулярностью/развлекательностью в настоящее время, приоритетными актуальных международных тенденций лежат в социальной плоскости. В целом, схема взаимодействия скульптуры с местом своей локацией эволюционирует стадийно в рамках последовательности «искусство в общественном пространстве» – «искусство как общественное пространство» – «искусство в сфере общественных интересов», с постепенным отказом от традиционалистичности репрезентативности и доминирования в организации городской среды.

## Развитие монументальной живописи Беларуси конца 1990-х – начала 2000-х годов

Ивановская Д. А.

Белорусский национальный технический университет

Облик Беларуси во многом определяется развитием культуры. Мимолетное к жизни актуальными запросами времени, монументальное искусство является самобытной страницей культуры белорусского народа, неотъемлемой частью его художественного наследия, значение которого возрастает сегодня.

Монументальная живопись во многом отражает дух эпохи. Создаваясь на века, она, как правило, несет в себе вечные человеческие ценности и представляет собой культурный посыл потомкам. Являясь составляющей архитектурной среды, монументальная живопись во многом формирует облик отдельных районов, городов, придавая застройкам уникальность, делая повседневное окружение людей ярким, эмоционально окрашенным. Монументальная живопись обладает идейным содержанием и эстетическим свойством: она может воздействовать на значительные группы людей, формируя у них определенное психологическое состояние, оказывая влияние на систему ценностей, наполняя среду обитания духовным содержанием.

Автором было проведено исследование монументальной живописи Беларуси на базе которого можно сделать ряд выводов:

В конце 1990-х — начале 2000-х годов в монументальной живописи Беларуси кроме государственного появляются еще и частный заказ, а так же заказ в культовой архитектуре.

В работах, выполненных по государственному заказу, заметно влияния станковой живописи, иногда создаются и произведения, отличающиеся монументальностью. В ряде работ наблюдается влияние дизайна. В частном заказе становится заметным противопоставление двух основных видов: станкового, где прослеживается проработанность, композиционная сложность, и дизайнерского, где произведения являются декоративным пятном, практически растворяясь в архитектурной композиции. Для произведений, созданных в культовой архитектуре характерна монументальность.

В это время наблюдается положительная тенденция роста числа произведений во всех видах заказов. Появляются значительные монументальные работы в культовой архитектуре. Начинают строиться, реконструироваться, общественно значимые сооружения, что стимулирует возрождение масштабных монументальных произведений.



**Архитектурно – дизайнерская концепция пешеходного пространства  
в районе ул. Суворова и Ленина в г. Витебске**

Литвинова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Задача организации пешеходного пространства рассматривается как работа по созданию ансамбля в целом, расцениваемая как синтетическая архитектурно-дизайнерская задача, в которой частности вытекают из целого, а в отдельных случаях — могут принимать на себя и ведущую роль.

Для решения такого уровня задач предлагается:

- закрыть старый облик (где необходимо);
- преобразовать (в соответствии с авторским видением и учетом собственной национальной культурой и традициями);
- расцветить;
- наполнить жизнь средствами архитектурного дизайна.

Реконструируемая городская среда рассматривается с позиций герменевтики как «Место» - «Путь» - «Место». В целом – это «Витебский ренессанс начало XX века – Витебский ренессанс начало XXI века». Каждый фрагмент городского интерьера - это цепочка архитектурных пространств, определенных как «Место», «Место - Путь», «Путь - Место», «Место» со своей функцией, своей концепцией, своим художественно - стилистическим образом. При этом главная идея пешеходного пространства – это создание неповторимости, своеобразия как всего пространства так каждого его фрагмента. Деятельность задействованных средств и архитектурно - дизайнерских приемов: «Тяжесть» как число красок и форм безгранично, то безграничны сочетания, а в то же время и воздействия. Этот материал неисчерпаем».

Концептуальная ассоциация – исторически художественная: «Русский авангард»; «Супрематизм»; «Уновисам» (группа утвердителей нового искусства; «Мирное соседство «зеленых коз» и «летающих евреев» Шагала и «супрематических конфетти» Малевича - пластическая кантализация в декоративно – праздничном Витебске»; «Странный провинциальный город. Как многие города западного края из белого кирпича. Закоптелого и унылого. Но этот город особенно странный. Здесь улицы покрыты белой краской по красным кирпичам, а по белому фону разбежались зеленые круги. Оранжевые квадраты. Синие прямоугольники Это Витебск 1920года. По кирпичным его стенам прошла кисть К Малевича. «Площади – наши палитры», - звучит с этих стен»; «XXI век архитектурные пространства - наши палитры...».

## Потребительское пространство магазинов как особый объект проектирования

Дашкевич О.В.

Белорусский национальный технический университет

Потребительское пространство магазинов – искусственно организованное в зависимости от формы торговли и в соответствии с потребительскими требованиями пространство фирменных магазинов, предназначенное для выполнения определенных видов деятельности (покупка товаров, отдых, развлечение), процессов или группы взаимосвязанных функций; пространство, которое включают в себя принимаемые целостно: внутреннее пространство (интерьер), экстерьер и внешнее пространство, границы которого определяются пространственными условиями зрительного восприятия.

Внешнее влияние на потребительские пространства оказывают:

- Месторасположение в плане города.
- Размер занимаемой территории.
- Пространственные условия зрительного восприятия.
- Архитектурно-планировочная организация.
- Социально-функциональные.
- Визуальные характеристики объекта.

Возможно выделение типов потребительских пространств:

- По местоположению в плане города.
- В зависимости от пространственных условий зрительного восприятия.
- По функциональному назначению территории расположения магазина.
- По площади, числу рабочих мест, товарообороту.
- По профилю торговли.
- По формам торговли.
- По объемно-планировочной структуре.
- По характеру торгового зала.
- По признаку покупательского спроса на товары.

В мировой практике среди методов и приемов использования фирменного стиля в формировании потребительских пространств магазинов есть такие, которые позволяют идентифицировать потребительские пространства на различных уровнях восприятия, обеспечивают ориентацию, регулирование поведения человека в секретных предметно-пространственных ситуациях.

**Экологические аспекты архитектурно-планировочной организации  
общегородских центров крупнейших городов**

Ходяков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Мировая теория и практика не имеет единого подхода к экологизации высоко урбанизированной среды архитектурно-планировочными средствами. Это следствие отсутствия единых целевых установок.

В результате анализа литературы были выявлены две основные цели архитектурно-планировочной организации среды в экологическом аспекте

- Организация среды направленная на обеспечение жизни и здоровья человека.
- Сохранение и восстановление природных систем. Уменьшение экологического следа, как комплексного показателя антропогенного давления на биосферу.

Перечисленные цели достижимы при выполнении ряда задач:

- Сведение к минимуму или ликвидация физических и химических загрязнений.
- Защита от физических и химических загрязнений.
- Сохранение и восстановление целостности природных систем.
- Увеличение совокупной продукции природных систем и биологического разнообразия
- Обеспечение комфортных для человека микроклиматических параметров среды.
- Обеспечение комфортного психологического состояния пользователей.
- Формирование эстетических качеств среды, воспитывающих у человека экологическое мышление.
- Снижение расхода ресурсов на стадии формирования функционирования и ликвидации застройки.

Эти задачи предложены автором, как сумма разрозненных подходов к решению экологических проблем архитектурно-планировочными средствами изложенных в теории и применяемых в практике.

Предложенные задачи могут послужить критериями экспертной оценки в экологическом аспекте архитектурно-планировочных решений, принятых как при учебном, так и рабочем проектировании. Их совокупность позволяет выявить и систематизировать архитектурно-планировочные средства организации общегородских центров крупнейших городов в экологическом аспекте.

## Проблемы методики преподавания архитектурного рисунка

Туровская Г.Е.

Белорусский национальный технический университет

Разница в предварительной, довузовской подготовке студентов 1 курса весьма огромна. В процессе обучения ее удается слегка сгладить, объяснить, что требует колоссальных усилий и далеко не всегда приводит к успеху. Потому что у детей разная степень способности к графическим дисциплинам, разные темпераменты (медленно работает, быстро работает) и это идет в ущерб более подготовленным. Потому что максимум учебного времени тратится на менее подготовленных.

В связи с этим хотелось бы предложить факультету довузовской подготовки организовать заочные многолетние курсы для школьников с периферии, начиная, как в обычных художественных школах с 5 класса. Или двухгодичные курсы для 10-11 классов. Работать с ними год заочно, выставляя задания, а летом приглашать их на 2-3 недельные очные занятия, иногда свободно общежитие. Такая форма выявления способных детей существует и успешно работает в Политехнике Варшавской.

Самые интересные работы – безусловно, 1 и 4 курсы. Эти работы всегда вызывают живой интерес. Причем в некоторых из заданий, выполняемых на этих курсах, мы с каждым годом идем в сторону усложнения заданий. Это касается итогового задания в конце I семестра 1 курса (табуретки, стулья), а также всех заданий 4 курса. Хотелось бы, чтобы в погоне за эффективностью работ не забывались законы правильного построения геометрических фигур (для этого и писалась когда-то эта программа), которые являются базовыми для всего архитектурного рисунка и исключалась работа под линейку.

Чтобы связать всю программу подготовки рисунку воедино, на 2 и 3 курсах итоговой работой надо сделать задание по рисованию интерьера или экстерьера (на выбор) собственного проекта студента, причем здания выдавать в начале 4 и 6 семестров соответственно, контролируя процесс сбора материала с итоговым выполнением работы в аудитории и параллельно с курсом «Архитектурное проектирование»!

Попытки ввести как задание стилизацию головы человека на 2 курсе и стилизацию фигуры человека на 3 курсе оказались не совсем удачными. В силу недостаточности предварительной подготовки студентов по анатомии (курса анатомии у архитекторов-дизайнеров, к сожалению, нет) и, как нам представляется, неактуальности этих заданий в подготовке архитекторов-инженеров.

# **Градостроительство**

## Признаки типологизации развивающихся городов Беларуси малой и средней величины

Лагутенок Д. В.

Белорусский национальный технический университет

Противостояние социально-экономическому застою для регионов Беларуси осуществимо через систему мер, направленных на стимулирование конкретных территориально-административных единиц и их профильного потенциала. Динамизм происходящих процессов в белорусском контексте, актуализирует необходимость дифференциации населенных мест с целью дальнейшего развития наиболее релевантных признаков рассматриваемых городов.

На кафедре градостроительства в процессе диссертационного исследования на первом этапе работы были выявлены городские поселения средней и малой величины (27 представителей), которые условно можно считать развивающимися или скорее, имеющими вероятные возможности при определенных условиях наращивать свой социально-экономический потенциал и совершенствовать материально-пространственную среду.

С целью дальнейшего углубленного анализа были составлены типологические матрицы по четырем комплексным признакам: геоморфологическое положение населенного места; историко-культурный потенциал центра, города и прилегающего к нему района; условия территориального развития городского центра и инвестиционные типы городского поселения. Градостроительная направленность исследования, отсутствие необходимых статистических данных, агрегированных до уровня городских единиц, а также трудность формализации некоторых из них во многом определили систему индикаторов по каждому из критериев. Наибольший интерес представляет собой интегрированный признак конкурентоспособности поселений, представленный как экономическими и социальными показателями, так и индикаторами градостроительного потенциала. Количественные и качественные аспекты признака были ранжированы по степени значимости и оценены с помощью метода «ПАТТЕРН», используемого для количественного обоснования сложных многомерных процессов. В процессе исследования были идентифицированы и систематизированы группы поселений с различным уровнем конкурентоспособности, историко-культурного потенциала и условий территориального развития.

В результате проведенного анализа была разработана сводная матрица типологических групп поселений с целью выделения характерных объектов-представителей. Более углубленное изучение ограниченного числа городов позволит выявить архитектурно-градостроительные потери, достижения и возможности сохранения их самобытности при преобразовании в процессе развития.

УДК 711 (038)

## Города – перспективные центры туризма Беларуси

Потаев Г.А.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с Национальной программой развития туризма Республики Беларусь перспективными центрами туризма международного значения определены городские поселения – Минск, Гродно, Брест, Полоцк, Несвиж, Мир, Новогрудок, Слоним; центрами туризма национального значения – Витебск, Могилев, Гомель, Лида, Орша, Бобруйск, Заславль, Мстиславль, Логойск, Кобрин, Ружаны, Шклов, Поставы, Жировичи, Гольшаны, Волковыск, Будслав.

Следует отметить, что кроме вышеперечисленных 22 городских и 1 сельских (Жировичи, Гольшаны, Будслав) поселений, значимым туристским потенциалом обладают и другие городские поселения Беларуси. Нами проведена их систематизация по ценности туристских ресурсов, туристскому профилю, значимости туристских объектов, условиям транспортной доступности и величине поселений.

Наиболее значимым туристским потенциалом обладают 32 городских поселения Беларуси, которые целесообразно развивать в качестве центров туризма международного и национального значения. Ресурсами для развития делового, спортивного, культурно-развлекательного, познавательного, религиозного, транзитного туризма обладают города Минск и Гродно; делового, спортивного, культурно-развлекательного, познавательного, транзитного туризма – города Гомель, Брест, Витебск, Могилев; познавательного, культурно-развлекательного и делового туризма – города Орша, Борисов, Лида, Бобруйск, Пинск; делового туризма – города Новополоцк, Мозырь, Солигорск, Жодино, Жлобин; познавательного туризма – городские поселения Полоцк, Новогрудок, Слоним, Волковыск, Кобрин, Несвиж, Мир, Заславль, Ружаны, Шклов, Мстиславль, Поставы; познавательного и экологического туризма

городские поселения Логойск, Браслав, Туров, Мядель.

Необходимо отметить, что наряду с традиционно популярными в Беларуси видами туризма – познавательным и экологическим, важно развитие также делового, спортивного, культурно-развлекательного, транзитного туризма. Атриктивными для туристов являются крупные культурные события (известные фестивали, выставки и т.п.); крупные спортивные соревнования; международные конференции, конгрессы, съезды.

УДК 711

### **Агрогородки как центры туризма (на примере агрогородка в п. Щорсы)**

Нитиевская Е.Е.

Белорусский национальный технический университет

Начиная с 2005 года в Республике Беларусь реализуется Государственная программа возрождения села. В рамках этой программы проектируются агрогородки, имеющие черты благоустроенных европейских поселений. Целесообразно в качестве таких поселений, в первую очередь, выбирать те, которые имеют богатую историю, обладают ценным историко-культурным наследием, природными ресурсами, позволяющими развивать их как центры туризма местного уровня.

Туризм в современном мире является одной из наиболее массовых, доходных и интенсивно развивающихся отраслей мирового хозяйства. Усадьбы на протяжении веков становились неотъемлемой частью истории и культуры Беларуси, являясь хранителями традиций, обычаев рода.

Примером такой усадьбы является усадьба старинного литовского рода Хрептовичей, расположенная в деревне Щорсы Новогрудского района. Наибольшей достопримечательностью усадьбы была библиотека, где помещалец Щорсов И. Хрептович собрал большую коллекцию древних рукописей, насчитывавшую в середине XX в. около 20 тысяч книг на разных языках, географические карты Беларуси, Литвы и Польши. Вокруг усадьбы раскинулся пейзажный парк площадью 40 га с системой искусственных озер. Все эти особенности были учтены при выполнении дипломного проекта «Перспективное развитие агрогородка в п. Щорсы с восстановлением исторического парка» (дипломник Савкин И. И., руководители Сардаров А.С., Нитиевская Е.Е.). В задачу дипломного проекта входило развитие поселения как перспективного центра туризма с



выделением развитой зоны общественного центра; создание системы озеленения поселка, включающей бульвары, скверы; восстановление исторического парка с усадьбой Хрептовичей и активное включение дворцово-паркового комплекса в туристский маршрут по «Замкам Новогрудчины».

Концепция дипломного проекта предполагала восстановление здания дворца. В правом флигеле размещалась картинная галерея и музей владений Хрептовичей, в левой пристройке - гостиничный комплекс.

Выполненная в рамках дипломного проектирования работа подтвердила, что возможен поиск новых решений, если при развитии агрогородков удастся сделать упор на историко-культурные и природные особенности Места, его духовное наследие.

УДК 711.511

### **Городские площади: особенности формирования и развития**

Протасова Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Сравнение старых и современных площадей позволяет судить даже простому обывателю, что они отличаются масштабностью застройки и самого пространства, степенью его замкнутости, наличием транспортных средств и в целом комфортностью пребывания. Усиливающиеся городские проблемы заставляют специалистов проводить реконструкцию городских центров. Человеку отводятся пространства (иногда интересные) под землей с лестницами, торговыми залами, длинными переходами и т.п. Игнорируется опыт многих поколений, забывается древняя мудрость — мерой всех вещей должен быть ЧЕЛОВЕК. В архитектурной теории и практике, в других областях знаний накоплен значительный опыт исследований и обоснований отдельных сторон оптимизации открытых городских пространств. Этот опыт требует тщательного изучения.

Минск прошел сложный исторический путь развития, в результате которого сформировалось уникальное градостроительное явление — основные площади города как бусинки нанизаны на главную магистраль. И все же именно они формируют современный центр города. В центральном ядре города имеется 21 площадь, включая пространства перед значимыми общественными объектами массового посещения. При этом ни одна из них не может быть отнесена к пешеходной. Основные

площади центрального ядра представляют собой регулярные пространства, служащие в основном транспортными развязками и одновременно являющиеся важными фокусами пешеходных передвижений. Значительное количество небольших открытых пространств перед значимыми общественными зданиями в своей массе являются дискомфортными из-за чрезмерного раскрытия на транзитные транспортные пути. Столичные площади, относящиеся в основном к площадям совмещенных функций (транспорт, пешеходы, автостоянки), в первую очередь характеризуются дискомфортными условиями для пешеходов.

Настало время вернуть центру города уют, чувство надежной защиты от агрессивной среды. Необходимо всеми возможными архитектурными средствами гуманизировать городские открытые пространства, дифференцировать их предназначение — для человека и для машины, создать систему масштабных по своим параметрам пространств, обеспечивающих комфортные условия для пребывания людей и их деятельности.

УДК 711

## **Опорная роль городов-метрополий в Европейской системе поселений**

Семенкевич Д.И.

Белорусский национальный технический университет

В Европейской классификации городов выделяются следующие группы:

Города-метрополии – города с населением один миллион жителей и более. Все национальные столицы, независимо от численности населения, также относятся к метрополиям исходя из их уникальной роли в национальных системах поселений.

Крупные города с численностью населения не менее 200 000 жителей.

Средние города с численностью населения от 20 000 до 200 000 жителей.

Малые города с численностью населения от 10 000 до 20 000 жителей.

Высшую ступень в иерархической лестнице Европейской системы поселений занимают города-метрополии.

Одними из основных индикаторов опорной роли городов-метрополий являются показатели, характеризующие население городов Европейской

системы поселений: численность, ежегодные темпы роста-стагнации, постоянную и ежедневную миграцию.

Отношения между городами-метрополиями и иными группами городов в сети Европейских поселений проанализированы с использованием метода «ранг-размер». В целом в Европе исторически формируется полицентрическая сбалансированная система расселения, в которой города-метрополии выполняют опорную роль. Однако в таких странах как Латвия, Эстония, в Российской и Германской частях Балтийского региона наблюдается ярко выраженное моноцентрическое доминирование городов-метрополий.

В результате анализа развития Европейских городов-метрополий и их урбанизированных зон в контексте всей системы поселений можно сделать предварительный вывод о том, что города-метрополии в большей степени обеспечивают самоустойчивость в пределах урбанизированных зон, чем устойчивость системы поселений страны в целом. В Европейских странах с моноцентрической структурой расселения города-метрополии выступают в роли нарушителей устойчивости системы поселений – «черными дырами», поглощающими население и экономическую энергию страны, регионов и даже континентов. Основным решением данной проблемы является развитие, предполагающее постепенный переход от моноцентрической структуры к полицентрической структуре расселения.

УДК 711.553

### **Характерные типы транспортно-общественных центров в крупных городах Беларуси**

Степура М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для рационального формирования транспортно-общественных центров (ТОЦ) целесообразно выделить их типологические группы, для которых будут разработаны соответствующие градостроительные требования (регламенты). Формирование типологических групп ТОЦ предлагается проводить с учетом их местоположения в планировочной структуре города и преобладающих видов транспорта.

При анализе расположения ТОЦ наиболее важны два аспекта: а) размещение ТОЦ относительно центральной, срединной и периферийной зон города; б) значимость ТОЦ в системе общественных центров города.

При анализе транспортных условий учитываются виды транспорта, величина пассажиропотоков и категории пассажиров.

Проанализировав градостроительные и транспортные условия формирования ТОЦ в Минске и областных городах Беларуси, можно выделить несколько характерных типов ТОЦ, которые формируются на основе железнодорожного транспорта:

1. ТОЦ на основе главного железнодорожного вокзала города, расположенного в его центральной зоне. Формируется как один из главных общественных центров городского значения.

2. ТОЦ на основе железнодорожной станции, расположенной в зоне, прилегающей к центральному ядру города, где территория обладает высоким транспортным и пространственным потенциалом. Как правило, необходима трансформация примыкающей территории и создание на основе станций многофункциональных комплексов. Формируется как общественный центр городского планировочного района.

3. ТОЦ на основе железнодорожной станции в срединной или периферийной зоне города. Формируется как общественный центр прилегающего городского района.

В перспективе возможно появление еще одного типа ТОЦ – на основе станции высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСЖМ), который выполнял бы функцию центра обслуживания международных и междугородних пассажиров. Этот тип ТОЦ целесообразно формировать как общественный центр городского значения или центр городского планировочного района.

УДК 721.011.17—056.26

**Разработка государственного стандарта  
"Среда обитания для физически ослабленных лиц.  
Основные положения"**

Хачатрянц К.К.

Белорусский национальный технический университет

Стандарт предназначен для применения при разработке нормативной базы и проектной документации на все *объекты генерального и детального планирования*, на *общедоступные объекты* строительства, *общедоступные объемно-планировочные элементы* всех объектов строительства, на *специальные объекты для проживания и обслуживания физически ослабленных лиц* (ФОЛ).

Стандарт выделяет две группы ФОЛ: лица, способные к повседневной самостоятельной деятельности в общедоступной среде обитания, адаптированной к их реальным возможностям; лица, не способные к повседневной самостоятельной деятельности в адаптированной среде. Для лиц второй группы определяется номенклатура специальных объектов.

Стандарт устанавливает *общие принципы* создания общедоступной среды обитания, адаптированной к возможностям ФОЛ различных категорий: общей универсальности, локальной универсальности, непрерывности среды, учитывающей требования ФОЛ различных категорий с одновременным повышением комфорта для практически здоровых лиц. Формулируются основные *требования* ФОЛ в общедоступной среде, обеспечивающие возможность самостоятельной деятельности ФОЛ и способствующие их социальной интеграции.

Стандарт не распространяется на объекты, не доступные ФОЛ, а именно: на открытые территории, здания, объемно-планировочные элементы, помещения, пребывание в которых опасно для ФОЛ; на объекты, пребывание в которых требует особой подготовки; на объекты, представляющие историко-культурную ценность, изначально не адаптированные к возможностям ФОЛ и не поддающиеся адаптации без существенного изменения функциональных и визуальных характеристик, на отдельные квартиры в многоквартирных и блокированных жилых домах, на многоквартирные жилые дома, на жилые комнаты и жилые ячейки общежитий, на номера гостиниц, не предназначенные непосредственно для проживания физически ослабленных лиц или домохозяйств с такими лицами.

В стандарте использованы результаты исследований кафедры "Градостроительство" БНТУ.

# **Дорожно-строительные материалы и технологии**

### Хроматомасс-спектрометрическое исследование поверхностно-активных веществ для кислых минеральных наполнителей на основе местного сырья

Слепнева Л.М., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

С целью идентификации веществ органической природы, входящих в состав жидкофазных отходов маргаринового производства (соапстома) ОАО «Минский маргариновый завод»), навески помещали в пробирки, заливали хлороформом, встряхивали в течение 30 минут на механическом шейкере и анализировали полученные экстракты на квадрупольном хроматомасс-спектрометре фирмы «Agilent Technologies» (GC 6850/MSI 5973N). В работе применялась микрокапиллярная колонка HP-5MS длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм. Запись хроматограммы осуществлялась по суммарному ионизационному току в области значений  $m/z$  ионов 35-550 а.е.м. (атомных единиц массы). Анализ хроматограмм образцов и масс-спектров веществ, дающих пики на них, позволяет сделать вывод о том, что исследуемые отходы имеют следующий усредненный состав (из 5 параллельных определений):

Номер пика	Время выхода	Площадь пика, %	Название вещества	Номер пика	Название вещества
6 7	12,422 12,509	1,97 1,95	2-Hexadecene, 3,7,11,15-tetramethyl	30	Cis, Cis-Octadeca-9, 17-dienal, Hexadecadienoic acid, methyl ester
14	13,850	1,34	Kaur-15-ene	31	Cis-Octadec-9-enal
16	14,176	3,53	Phyllocladene	35	Cis, Cis-Octadeca-9, 17-dienal
28	16,140	2,92	9,12-Octadecadienoyl chloride	42	Clionasterol

Таким образом, показано, что исследуемые жидкофазные отходы маргаринового производства в своем составе содержат непредельные углеводороды, что может позволить их использовать в качестве поверхностно-активных веществ в дорожном строительстве.

## Использование соапстока в качестве техногенного ПАВ для дорожного строительства

Зык Н.В., Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Повышение качества и эффективность строительства автомобильных дорог во многом зависят от уровня химизации дорожного строительства и прежде всего применения поверхностно-активных веществ (ПАВ).

ПАВ позволяют снижать расход основного вяжущего, повышают удобоукладываемость, водостойкость, долговечность, возможность применения местных материалов.

С целью ликвидации дефицита импортных ПАВ для дорожного строительства на кафедре химии БНТУ проводятся исследования по использованию некоторых побочных продуктов промышленности в качестве компонентов вяжущих и технических ПАВ.

Ранее установлено, что жидкофазные отходы маргаринового производства (исследовался соапсток\* ОАО «Минский маргариновый завод») в своем составе содержат непредельные углеводороды, что может позволить их использовать в качестве поверхностно-активных веществ в дорожном строительстве.

Поскольку побочные продукты недостаточно эффективны сами по себе и не обладают комплексом свойств, обеспечивающих повышение технических и технологических свойств композиционных дорожно-строительных материалов, они использовались совместно с полиэтиленполиамином (ПЭПА).

С целью получения асфальтобетонных смесей с заданными эксплуатационными характеристиками исследовали составы, состоящие из 100 г битума и 3 г ПАВ. Соотношение соапсток\*/ПЭПА составляло (% мас.): 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60.

Полученные составы имеют черную блестящую лакоподобную поверхность и обеспечивают полное обволакивание битумом минеральных материалов, повышают сцепление как с основными, так и с кислыми породами. Нагревание исследуемых составов свыше 100-110 °С приводит к интенсивному пенообразованию, что исключает возможность их использования при приготовлении теплой и горячей асфальтобетонных смесей.

В настоящее время проводятся исследования жидкофазных отходов маргаринового производства другого состава (соапсток\*\*) и определяются условия их использования в качестве технических ПАВ для дорожного строительства.



Медведев Д.И., Беляцкий В.Н., Дубинчик И.В.  
Белорусский национальный технический университет

Повышение качества дорожных покрытий и разработка составов для ямочного ремонта, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками, приобретает в настоящее время первостепенное значение, особенно если при этом будут использованы отходы различного производства, что, кроме экономических, имеет важное экологическое значение.

В данной работе разрабатывались составы дорожных покрытий на основе технического полиуретанового аддукта с отвердителем и дисперсных гранитных отсеков, которые в настоящее время не находят практического применения.

В результате проведенных исследований установлено, что увеличение дисперсности наполнителя (отсеков) сопровождается повышением расхода вяжущего на 20-30% и, как следствие, перерасходом отвердителя вводимого в вяжущее для его отверждения. Последнее, учитывая более высокую стоимость отвердителя, приводит к удорожанию составов композитов. При этом и прочностные свойства образцов оказались невысокими ( $\tau_{сж} = 3,4$  МПа,  $\tau_{изг} = 1,9$  МПа).

Показано, что замена отсеков песком приводило к возрастанию механических свойств композитов. Однако лучшие прочностные свойства были достигнуты на смешанных наполнителях: отсеки-песок при соотношениях 40-60, 50-50, 60-40. Пределы прочности при сжатии и изгибе составляли соответственно от 8,0 до 9,0 МПа и от 3,3 до 3,8 МПа. Последнее можно, видимо, объяснить образованием структур твердения с более плотной упаковкой и, как следствие, более высокими прочностными свойствами. При изучении других эксплуатационных свойств композитов оптимального состава было установлено, что композиты характеризуются низкими значениями водопоглощения (от 1 до 1,8%). Это положительно сказывается на морозостойкости образцов, что имеет очень важное значение ввиду сложных климатических условий на территории Республики Беларусь. Проведенные исследования образцов путем их попеременного оттаивания и замораживания показали, что они выдерживают более 50 циклов при замораживании до  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Показано, что увеличение содержания отвердителя при соотношении аддукт-отвердитель с 5-1 до 4-1, приводит к сокращению сроков набора прочности композитов, что позволяет проводить ремонтные работы на более короткий промежуток времени.

## Модифицирование битумных вяжущих для получения быстротвердеющих композиций

Медведев Д.И., Беляцкий В.Н.

Белорусский национальный технический университет

В работе исследована возможность модифицирования битума отходом производства полиуретана (полиуретановый аддукт) для использования в дорожном строительстве с целью улучшения его эксплуатационных свойств. С целью увеличения сроков схватывания и снижения вязкости аддукта (полимерного вяжущего) использовали «холодный способ» путем растворения смолы (аддукта) в сольвенте «Нефрас 130/150» и ацетоне в соотношениях от 3/1 до 2/1. Время отверждения состава составляло технологически приемлемую величину равную 1-2 часам. Приготовление состава вяжущего осуществлялось двумя способами. В первом случае в предварительно разогретый (80°C-90°C) битум вводили смолу или отвердитель и тщательно перемешивали. Затем вводили расчетное количество аддукта или смолы, повторно тщательно перемешивали, а затем смешивали с расчетным количеством песка, нагретого до 80°C -90°C. Изготовление образцов осуществляли путем добавления в песок ранее приготовленного вяжущего с последующим перемешиванием и укладкой смеси в формы размером 40мм ×40 мм ×160 мм. Было установлено, что приобретение образцами механической прочности происходит во времени (1-2) дня, причем сами образцы легко подвергаются деформированию под нагрузкой. По-видимому, в этом случае реакция сополимеризации не протекала до конца, а часть непрореагировавших компонентов выполняла роль пластификатора битума, снижая его эксплуатационные свойства. Не последнюю роль в этом играет и растворитель аддукта, присутствующий в затвердевшем образце. По второму способу предварительно получали печатный предполимер на стадии смешивания аддукта с отвердителем с последующей выдержкой состава в течении 45-60мин, который затем вводился в разогретый битум. Количество сополимера в приготовленных образцах составляло от 5 до 10% (масс). При этом были получены композиции, обладающие удовлетворительными свойствами, необходимыми для использования в дорожном строительстве. Поэтому в дальнейшем в разогретую до ~60°C смолу (аддукт) вводили отвердитель до 50% от расчетного количества. Оставшееся количество отвердителя вводили в разогретый битум вместе со смолой. Показано, что образцы, сформированные на основе песка и вяжущего, приготовленные вышеуказанным способом, обладали улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами.

## Вяжущие материалы холодного отверждения на основе карбамидной смолы

Шнып И.А., Лукьянова Р.С.

Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования являлась мочевино-формальдегидная смола марки КФЖ, ГОСТ 14231.

Смола представляет собой однородную подвижную суспензию светлого желтого цвета. Массовая доля сухого остатка ( $67 \pm 2$ ), регламентирует время желатинизации при  $100^{\circ}\text{C}$  – 40-60 с (т.е. при нагревании). Отвердевание при обычной температуре не констатируется.

В качестве наполнителя применяли щебень (Микашевичи).

В качестве отвердителя холодного способа применяли щавелевую кислоту (НООС-СООН) в трех вариантах: а) в сухом виде; б) в виде водного раствора ( $\text{min H}_2\text{O}$ ) при комнатной температуре; в) в виде заранее приготовленного 10%-ного водного раствора (отмеряли в в объеме).

В качестве пластификатора использовали Битум нефтяной для верхнего слоя дорожного покрытия, марки БД 60/90.

Методика эксперимента:

В резиновую форму помещали 100 г щебня, добавляли смолу, тщательно перемешивали, добавляли битумную эмульсию, тщательно перемешивали, затем вводили водный 10%-ый раствор щавелевой кислоты. После перемешивания смеси выкладывали образцы на бумагу в форме параллелепипеда и наблюдали за временем отверждения визуально.

Результаты исследования приведены в таблице 1.

№ образца	m щебня, г	m, КФЖ, г	m битума, г	$V_{\text{р-ра щав. к-ты}}$ , $\text{см}^3$
1	100	12	10	2
2	100	12	6	2
3	100	12	5	2
4	100	12	4	2
5	100	12	3	2
6	100	10	6	2
7	100	10	5	2
8	100	10	4	2
9	100	10	3	2
10	100	10	2	2

Время отверждения составов 1-5 было 1,5-2 часа. Составы 6 – 10 не отвердевали за 2 часа. **Вывод:** На 100 г наполнителя (щебня) нужно не менее 12 г связующего - карбамидной смолы.

## Светящиеся краски и полимеры

Иглов В.Н., Евсеева Е.А., Меженцев А.А., Бурак Г.А., Шагойко Ю.В.  
Белорусский национальный технический университет

Разметка дорожных покрытий и дорожные знаки играют важную роль в организации рационального движения на автотрассах, дорогах и улицах. Нанесение линий горизонтальной разметки и линий, обеспечивающих разделение дорожного полотна на ряды, маркировка пешеходных переходов и других специальных зон на дороге, а также различных направляющих элементов рационально организует движение транспорта и пешеходов, существенно повышая их безопасность. Для этих целей применяют различные дорожные разметочные материалы и изделия.

К разметочным материалам предъявляются достаточно жесткие требования. Они должны обладать хорошими прочностными характеристиками, адгезионными свойствами, атмосферостойкостью, включая стойкость к низким температурам, устойчивостью к горюче-смазочным материалам и светостойкостью. При этом требуется, чтобы они обладали хорошим оптическим эффектом.

Предлагается обратить внимание на один из перспективных способов улучшения качества оптических свойств разметочных материалов, применение которого позволит сделать разметки и знаки более яркими, четкими и видными на больших расстояниях, чем используемые в настоящее время. Такие материалы могут быть созданы путем применения люминофоров длительного послесвечения и использования технологий, усиливающих световозвращающий эффект.

Люминисценция – это свечение атомов, молекул, ионов и других более сложных комплексов, возникающих в результате электронного перехода в этих частицах при их возвращении из возбужденного состояния в нормальное, т.е. люминисцентная частица является самостоятельным источником света, использующим поглощенную энергию, но преобразующим ее в световое излучение. Различают органические и неорганические люминофоры.

Органические люминофоры кристаллизуясь образуют молекулярные кристаллы, в которых каждая молекула сохраняет в решетке свои индивидуальные свойства и слабо взаимодействует между собой и их спектр излучения изменяется в зависимости от поля кристалла, действующего в том месте, в котором находится излучающая частица. Среди неорганических люминофоров важное практическое значение имеют кристаллофосфоры, искусственно синтезируемые прокаливанием сложных неорганических солей.

**Ремонтные смеси на основе смолы КФЖ**

Яглов В.Н., Бурак Г.А., Евсеева Е.А., Меженцев А.А.  
Белорусский национальный технический университет

Различного рода деформации, возникающие в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий, в основном объясняются процессами старения вяжущего под действием погодно-климатических факторов и механических нагрузок.

Для улучшения свойств вяжущих широко используют полимеры. В настоящей работе рассмотрены результаты исследования вяжущего, полученного на основе нефтяного гудрона и мочевиноформальдегидной смолы, отверждающейся при  $pH = 3-5$ .

Используемая в экспериментах смола марки КФЖ – наиболее дешёвый и наименее дефицитный продукт из известных в настоящее время терморепрерактивных смол.

В неотвержденном состоянии смола представляет собой 75%-ный раствор, который идеально смешивается с водой, что позволяет использовать влажные минеральные материалы. При отверждении часть воды связывается в структуре, а остальная часть может быть связана водоотнимающим материалом, например, полугидратом сульфата кальция (гипсом).

В отвержденном состоянии смола КФЖ имеет достаточно высокую прочность и водостойкость, которая в условиях эксплуатации практически не зависит от температуры, а вместе с тем полученная структура материала является достаточно хрупкой.

Для повышения деформативных свойств в смолу вводили пластификатор – нефтяной гудрон, а в качестве отвердителя составленного вяжущего использовали щавелевую кислоту.

Вяжущее готовили смешением смолы КФЖ с гудроном, который предварительно нагревали до 60-70°C. Смолу нагреванию не подвергали. Далее в вяжущее добавляли минеральный материал (гипс + песок). В минеральный материал дозировали отвердитель.

При изучении процесса старения было установлено, что однородное вяжущее может быть получено только при постепенном введении смолы КФЖ в нагретый битум при непрерывном перемешивании. С увеличением количества отвердителя время отверждения уменьшалось, но при этом увеличивалась хрупкость отвержденного вяжущего.

Применение КФЖ в дорожном строительстве позволит расширить ассортимент вяжущих материалов и снизить стоимость полимербетонных покрытий.

## Влияние температурных режимов приготовления и применения мембраннобетонных смесей на долговечность асфальтобетонных покрытий

Жидок А.М.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Качество устраиваемых дорожных асфальтобетонных покрытий определяется их прочностью, ровностью, фрикционными свойствами, а также способностью сохранять эти параметры на заданном уровне в процессе эксплуатации в течение длительного времени, т.е. долговечностью.

В соответствии с принципами физико-химической механики прочность и долговечность асфальтобетона, в значительной степени определяются процессами формирования однородной структуры асфальтобетона.

В связи с этим в лабораторных условиях производились исследования влияния температурных режимов приготовления и уплотнения различных мембраннобетонных смесей на долговечность асфальтобетона.

Для определения влияния температурных режимов на долговечность мембраннобетона использовалась специальная методика, в соответствии с которой определялся общий уровень надежности асфальтобетона и рассчитывался теоретический срок его службы.

Полученные результаты научных исследований позволили сделать вывод, что асфальтобетонное покрытие обладает пониженными трещиностойкостью и долговечностью при условии приготовления мембраннобетонной смеси, при повышенных температурах. Одновременно с этим установлено, что в случае уплотнения асфальтобетонных смесей при пониженных температурах, асфальтобетонное покрытие обладает повышенной сдвигоустойчивостью.

В результате экспериментальных исследований установлены оптимальные температурные режимы уплотнения горячих плотных мембраннобетонных смесей, обеспечивающие требуемую прочность мембраннобетона, снижение стоимости работ по устройству мембраннобетонного покрытия при условии увеличения его долговечности.

Проведенные исследования показали, что при регулировании температуры приготовления и уплотнения асфальтобетонной смеси прогнозируемый срок службы асфальтобетона может быть увеличен на 11,7 % по сравнению с асфальтобетоном, приготовленным по традиционной технологии.

На основании проведенных научных исследований в соответствующие СНиП были внесены требования к температурным режимам укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей.

## Применение специальных температуропонижающих добавок для приготовления асфальтобетонных смесей

Игошкин Д.Г.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

При устройстве покрытий автомобильных дорог теплые асфальтобетонные смеси (далее - смеси) имеют ряд преимуществ перед горячими:

1) снижаются потребление энергоносителей и интенсивность старения битума на всех этапах устройства покрытия, 2) увеличивается допустимая дальность возки смеси к месту укладки, 3) снижаются выбросы вредных веществ в атмосферу, 4) продлевается строительный сезон (до температуры воздуха минус 10 °С).

Традиционные теплые смеси по СТБ 1033-2004 приготавливаются из битумах пониженной вязкости с пенетрацией 130-200 мм<sup>-1</sup>, либо из жидких битумах. После уплотнения и остывания асфальтобетонные теплые смеси не обладают требуемой прочностью и плотностью. Одним из процессов формирования структуры асфальтобетона, при котором легкие фракции вяжущего испаряются, а плотность слоя повышается за счет доуплотнения транспортными средствами, может длиться в течение нескольких недель, ровность покрытия, при этом, значительно ухудшается.

С учетом вышеперечисленных недостатков, применение теплых смесей в РБ ограничено ямочным ремонтом и устройством покрытий на дорогах низких категорий при неблагоприятных погодных условиях.

В настоящее время в США и странах Западной Европы разработаны технологии приготовления теплых смесей, по физико-механическим свойствам не уступающих горячим, в том числе технологии, по которым в состав вязкого битума вводят специальные температуропонижающие добавки.

В ГП «БелдорНИИ» были проведены исследования влияния добавки Sescabase RT 92 (на основе поверхностно-активных веществ) на физико-механические и реологические свойства асфальтобетона. Анализ результатов исследований показывает, что введение в вязкий битум добавки Sescabase RT 92 улучшает удобоукладываемость смеси и позволяет достичь требуемого уплотнения при температуре 80 °С, при этом прочностные свойства асфальтобетона не снижаются. Оптимальное содержание добавки составляет (0,3-0,5)% от массы битума и должно назначаться, исходя из технологических возможностей дозирующего и перемешивающего оборудования АБЗ.

## Критерии оценки структурной прочности асфальтобетона

Кравченко С.Е.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Рост нагрузки на ось до 11,5 т и более ведет к активному нарастанию обратимых сдвиговых деформаций в асфальтобетонных покрытиях, особенно в летний период, что значительно усугубляет проблему долговечности указанных покрытий. Одним из путей решения этой проблемы является использование более сложных и точных методов, учитывающих реальные условия эксплуатации покрытий на стадии подбора состава асфальтобетонной смеси. Такие методы, основанные на численном деформировании образцов и в максимальной степени моделирующие условия нагружения на автомобильной дороге, а также учитывающие реальные физико-механические и реологические характеристики асфальтобетона позволят оценить по соответствующим критериям (угол внутреннего трения  $tg\varphi$  и внутреннее сцепление  $C$ ) устойчивость его структуры к колебаниям и трещинообразованию. Наиболее достоверные значения указанных критериев можно получить при анализе напряженно-деформированного состояния асфальтобетона и моделей его структуры, построенных с использованием специальных компьютерных программ. Для построения модели структуры асфальтобетона была разработана программа StoneBox, позволяющая строить линии сдвига (линии по которой произойдет первоначальная сдвиговая деформация) по площадкам с максимальными касательными напряжениями и углом наклона площадки сдвига и определять такие величины, как максимальные касательные напряжения в асфальтобетонной матрице и координаты точки их действия; нормальные напряжения в точке действия максимальных касательных напряжений; угол наклона площадки сдвига, определялся как тангенс отношения нормальных напряжений к касательным – главные напряжения в месте действия максимальных напряжений сдвига.

Анализ результатов расчета свидетельствует о возможности установления корреляционных зависимостей между углом внутреннего трения  $tg\varphi$  асфальтобетонной смеси и углом наклона площадки сдвига асфальтобетонного покрытия  $tg\alpha$ . Внутреннее сцепление  $C$  можно определить по зависимости Мора путем построения огибающих кривых предельных напряжений при сдвиге.

Изложенный подход к оценке структурной устойчивости асфальтобетона позволит целенаправленно управлять его структурой на стадии подбора.



**Химическая активация нефтяных битумов для улучшения качества катионных эмульсий**

Радьков Н.В.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Качественные показатели эмульсионно-минеральных смесей во многом зависят от качества исходного битума, однако по результатам испытаний физико-механических свойств битума нельзя прогнозировать свойства битумных эмульсий.

Целью работы является изучение влияния компонентного состава битумов нефтяных на свойства битумных катионных эмульсий и эмульсионно-минеральных смесей.

Как известно из теории о структуре нефтяных дорожных битумов битумы по своему структурному типу подразделяются на три типа: золь-гель, гель; при этом все три типа характеризуются определенным соотношением структурных компонентов: асфальтенов, смол и масел. Оптимальным структурным типом считается III тип битумов. Вместе с тем мониторинг применяемых в Беларуси нефтяных битумов показывает, что по структуре трудно отнести к тому или иному типу. На производстве мы имеем дело с промежуточными типами, как правило, II и III типы. Поэтому, основываясь на принципах активационно-технологической механики битумно-минеральных материалов, была поставлена задача найти реагенты, которые бы позволяли оптимизировать структуру битумов. Из литературных источников известно, что для этих целей можно использовать органические и неорганические кислоты, а также нефтяные углеводороды. Нами исследованы: олеиновая кислота, фосфорная кислота, тяжелый углеводородный растворитель (Азол 8030). Азол практически не изменяет структуру битумов, олеиновая кислота в необходимых концентрациях (от 0,25 до 0,75 %) изменяет кислотность битумов, не изменяя компонентный состав, и введение фосфорной кислоты приводит к изменению группового состава битумов.

Проведенные исследования показали, что:

для эмульсионных технологий предпочтительнее применять битум III структурно-реологического типа;

для регулирования свойств битумов II типа возможно использование фосфорной кислоты для перевода битума в III тип;

битумы III типа, имеющие нижнюю границу по содержанию асфальтенов, также можно частично улучшить, за счет введения минимального количества фосфорной кислоты.

## Эффективные профилактические мероприятия для повышения долговечности асфальтобетонных покрытий

Сушкевич У.Г.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Стабильность транспортно-эксплуатационных и технических показателей дорожной конструкции в процессе эксплуатации во многом зависит от скорости изменения свойств асфальтобетона, которая характеризуется, в первую очередь, изменением структуры и состава битумного вяжущего под действием транспортной нагрузки, колебаний температур и солнечной радиации. Одним из профилактических мероприятий, снижающих интенсивность указанных изменений, является реабилитация эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий посредством их обработки защитными пленкообразующими и пропиточными составами. В «БелдорНИИ» разработан и апробирован в производственных условиях пропиточный состав для обработки поверхности асфальтобетонных покрытий, находящихся в эксплуатации, с целью восстановления вязкопластичных свойств битума, содержащегося в асфальтобетоне. Состав представляет собой битумно-минеральную композицию, состоящую из строительного битума, пластификатора, различных добавок и наполнителя, в качестве которого используется минеральный порошок. В основе механизма его действия лежит реакция объемной полимеризации стирола, находящегося в составе пластифицирующей добавки, с образованием эластичного с минимальной вязкой полимера. Наличие в составе композиции продуктов низкой температуры полимеризации стирола и полиэфирной смолы, содержащей малеиновый и фталевый ангидрид, обеспечивает необходимую адгезию пленки к поверхности асфальтобетонного покрытия. Органические кислоты, входящие в состав композиции, совместно с полиэфирами придают покрытию гидрофобные свойства. При нанесении пропиточного состава на поверхность эксплуатируемого асфальтобетона происходит гидрофобизация стенок пор, капилляров, микротрещин и их частичная коагуляция. При этом с одной стороны изменяются свойства вяжущего, а с другой – защищается поверхность асфальтобетона от воздействия воды и растворов противогололедных материалов.

Разработанный пропиточный состав может быть рекомендован для герметизации небольших трещин, сетки трещин и как профилактическое мероприятие на участках автомобильных дорог, имеющих первый уровень эффективности, а также на участках дорог, по результатам диагностики которых допускается отсрочка ремонта.

**Комплексный подход к использованию органических  
вяжущих при устройстве тонких защитных слоев дорожных  
покрытий**

Цыганок Ю.М.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Асфальтобетонные покрытия получили наибольшее распространение среди других типов усовершенствованных покрытий в большинстве стран мира. Широкое применение асфальтобетонных покрытий обусловлено многими присущими им положительными свойствами. Однако, опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий с высокой транспортной нагрузкой показывает, что они выходят из строя значительно раньше запланированного срока службы. Эксплуатация автомобильных дорог показывает, что одним из основных факторов, влияющих на снижение срока службы дорожных покрытий, является применение в асфальтобетонных смесях органических вяжущих низкого качества.

Для повышения сдвигоустойчивости, коррозионной устойчивости и трещиностойкости дорожных покрытий при устройстве защитных слоев на автомобильных дорогах и улиц населенных пунктов необходимо использовать органические вяжущие, модифицированные эластомерными добавками, в соответствии с СТБ 1220-2009 «Битумы модифицированные дорожные. Технические условия» и СТБ 1245-2007 «Эмульсии битумные катионные дорожные. Технические условия».

Устройство тонких защитных слоев асфальтобетонных покрытий с использованием модифицированных органических вяжущих – решение существующей проблемы. Сущность технологии заключается в том, что защитный слой из подобранной по гранулометрии асфальтобетонной смеси, приготовленной с использованием модифицированного битума, укладывается специальными асфальтоукладчиками по слою из эмульсии битумной модифицированной, наносимой на существующее покрытие перед укладкой асфальтобетонной смеси.

В результате комплексного подхода по использованию органических вяжущих при устройстве тонких защитных слоев из горячей асфальтобетонной смеси, толщина устраиваемых верхних слоев уменьшается (с 6 до 2,5 см), а эксплуатационные характеристики и срок службы предложенного защитного слоя остаются неизменными. При этом общая стоимость работ при устройстве защитных слоев уменьшается на 15-25%, по сравнению с устройством традиционных асфальтобетонных покрытий, что подтверждается на практике при проведении опытно-технологических работ.

## Пути совершенствования конструкций дорожных одежд

Яромко В.Н.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

В настоящее время в Республике Беларусь проектирование дорожных одежд нежесткого типа ведется по Пособию 3.03.01-96 к СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги», разработанному на основе опыта 70 - 80-х годов XX столетия. Пособие в силу объективных обстоятельств не учитывает современные реалии, особенно в части изменившихся и возросших транспортных нагрузок, их интенсивности и скоростей движения автомобилей. Республика стала трансъевропейским транспортным коридором, резко увеличился поток автомобилей с нагрузкой на ось 11,5 т и более (действующие нормы предусматривают расчет на нагрузку 6 и 10 т на ось). Нормы проектирования дорожных одежд нежесткого типа требуют дальнейшего совершенствования и развития.

В докладе рассмотрены основные положения новой концепции расчета и конструирования дорожных одежд нежесткого типа. Принципиальным отличием предлагаемой методики является введение ровности покрытия в качестве основного критерия долговечности дорожных одежд, которая рассчитывается на стадии проектирования с помощью разработанного метода прогнозирования и использованием данных расчета на волнообразование и трещиностойкость.

Методика расчета глубины колеи (расчет остаточных деформаций) предусматривает учет этих деформаций во всех слоях дорожной одежды (в слоях из асфальтобетона, слоях основания и земляном полотне). При этом в качестве деформационных характеристик приняты модули деформации материалов, а интенсивность накопления остаточных деформаций учитывается по логарифмической зависимости с соответствующими коэффициентами интенсивности накопления остаточных деформаций.

Основным расчетом, определяющим толщину дорожной одежды и отдельных ее конструктивных слоев, является расчет на сдвиг в грунте и в слоях из слабосвязных материалов, а также расчет по сдвигу в асфальтобетонных слоях. Расчет по упругому прогибу является вспомогательным и служит для первоначального (прикидочного) уточнения конструкции и толщины слоев дорожной одежды.

Внедрение разработанного метода расчета дорожных одежд позволяет на счет учета прочности грунтов земляного полотна и слоев оснований из нераспухающих материалов, а также учета ровности покрытия, получить долговечные конструкции дорожных одежд с заданным уровнем надежности.

## Эффективный противогололедный материал и технология его производства

Куприянчик А.А., Фролов Г.М., Бусел Д.А.

Белорусский национальный технический университет,  
ГПО «Горремавтодор Мингорисполкома», ИОНХ НАН Беларуси

Исходным сырьем для производства материала химико-фрикционного антикоррозионного (ХФА) служат отсев дробления при производстве доломитового щебня, смесь кислот и солей.

Физико-химические показатели ХФА должны соответствовать требованиям СТБ 1158 "Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог», а также дополнительным требованиям.

Технология процесса приготовления включает следующие этапы: отсев дробления, техническая соль и кислота завозятся автотранспортом на асфальтобетонный завод и выгружаются в приемные бункера и емкости; отсев дробления из приемного бункера, оборудованного питателем, подается в сушильный барабан; в сушильном барабане отсев дробления нагревается до температуры 60-70°C; по горячему элеватору отсев дробления подается в смеситель; в смеситель из емкости подается порционно концентрированная кислота; компоненты перемешиваются; смесь выгружается в кузов автомобиля автотранспортом смесь доставляют на технологическую площадку; на технологической площадке смесь выдерживают в течение 2 – 3 суток; смесь транспортируется в приемный бункер и подается одновременно с солью в смеситель. Возможно смешение смеси с отдозированным количеством соли с помощью погрузчика на технологической площадке; смесь перемешивается с солью; из смесителя материал транспортируется на склад для хранения.

Предлагаемая технология позволяет получать противогололедный материал с высокими потребительскими свойствами: обеспечивает достижение длительного противогололедного эффекта за счет высокой фрикционной способности минеральных частиц; плавящая способность растворимой части ХФА превышает в 1,3 раза плавящую способность традиционного противогололедного материала на основе хлористого натрия; обладает защитным эффектом от коррозионного воздействия на автомобильную сталь, металлические элементы обустройства дорог, бетонные и железобетонные конструкции мостов и путепроводов; материал экологически безопасен, содержит минеральные удобрения, не оказывает угнетающего воздействия на растительность.

Проведенные опытно-технологические работы и производственные проверки позволяют рассматривать предлагаемый (ХФА) как альтернативу традиционной технической соли.

## Влияние дорожных условий на себестоимость автомобильных перевозок.

Ковалев Я.Н., Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Дорожные условия оказывают прямое влияние на производительность и другие показатели автомобильного транспорта, а также прямое или косвенное влияние на развитие отраслей народного хозяйства РБ.

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

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

Себестоимость перевозок является обобщающим показателем работы транспорта, представляющим собой затраты на выполнение единицы транспортной продукции. Таким образом, полная себестоимость автомобильных перевозок грузов состоит из транспортной и дорожной составляющих. В свою очередь, затраты на транспортирование можно разделить на переменные расходы, связанные с движением подвижного состава и постоянные, практически не зависящие от пробега автомобиля. В первую очередь снижение себестоимости перевозок достигается за счет уменьшения удельных переменных затрат и повышение использования подвижного состава (техническая скорость и др.). Поэтому необходимо проанализировать и усовершенствовать методы расчета сбережений от улучшения дорожных условий, как для самого предприятия, так и для народного хозяйства в целом. Следует учитывать реальные издержки автомобильного транспорта через оценку себестоимости продукции и ее автотранспортной составляющей. Это необходимо для дальнейшего развития не только для развития автомобильного транспорта, но и других сфер народного хозяйства, которые он обслуживает.

Таким образом, предприятия должны быть экономически заинтересованы в улучшении дорожных условий, а также вносить соответствующий вклад в решении этой проблемы. В частности, для этого необходимо разработать методику экономического обоснования эффективности таких затрат на улучшение технического состояния автомобильных дорог.

## Жизнеспособная альтернатива минеральным составляющим асфальтобетона

Раковец Л.Д., Куприянчик А.А., Масюк М.Ю., Лисовский Ю.В.  
Белорусский национальный технический университет

Одним из основных принципов государственной политики в области обращения с отходами является принцип комплексной переработки материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов, в том числе и стеклобоя. Вместе с тем стеклобой ценится как сырье для получения вяжущего материала из-за содержания в нем кремнезема и щелочных оксидов, а также  $Al_2O_3$  и  $CaO$ .

В основу работ, раскрывающих потенциальные возможности утилизации техногенных стекол, было положено теоретическое положение о том, что стекла в тонкодисперсном состоянии при повышенных температурах в щелочной среде обладают вяжущими свойствами и способны в результате омоноличивания твердой фазы образовывать прочный строительный материал. После сортировки, дробления, помола и рассеивания на фракции стекло можно считать полностью подготовленным для получения строительных материалов.

В последние годы разработаны и используются технологии, позволяющие с использованием переработанного стеклобоя создавать материалы с заданными, регулируемыми свойствами. Эти материалы используются в промышленном и гражданском строительстве, транспортном строительстве, химической промышленности и других отраслях.

Имеются данные о материале, в составе которого содержится 60% молотого стекла. Этот материал представляет собой горячий асфальтобетон, в котором часть минеральных составляющих заменена дробленным стеклом. Покрытие из такого асфальтобетона хорошо видно ночью в лучах фар, благодаря отражению света мелкими стеклянными частицами и обеспечивает высокое сцепление колес автомобиля с покрытием.

На этом не исчерпываются возможности стеклобоя.

Организация производства материалов на основе стеклобоя может осуществляться на действующих предприятиях стройиндустрии и не требует существенных капиталовложений. Утилизация стеклобоя позволит решить ряд производственных проблем, решить вопросы ресурсосбережения и улучшить экологическую ситуацию в промышленных регионах.

**Об опыте применения резиновой крошки в дорожном строительстве**

Кушинский В.А., Реут Ж.В.

ГП БелдорНИИ

Белорусский национальный технический университет

В современном мире экологическая безопасность человечества встает как первостепенная проблема, что связано с возрастающим количеством отходов промышленности. Отходы полимерной индустрии (резиновотехнической промышленности) в виде резиновых шин занимают значительные объемы. В настоящее время утилизация автопокрышек и шин из резины проводятся несколькими способами. Одним из таких направлений является использование измельченных покрышек в качестве добавки для дорожного строительства.

Изучение опыта применения добавки дробленой резины при приготовлении асфальтобетонных смесей выявил повышение прочностности и увеличение деформативности асфальтобетонных покрытий, их водостойкости, снижение уровня шума и вибрации, повышение сцепления и сокращение тормозного пути. Но также отмечается, что при дальнейшей эксплуатации таких покрытий возможно их разуплотнение и разрушение.

Анализируя опыт работ по модификации вяжущего резиновой крошкой, можно отметить очень успешное применение его за рубежом на протяжении 10-15 лет. Физико-механические свойства такого асфальтобетона содержащего резиновую крошку показали увеличение прочностных показателей в области высоких температур, высокую трещиностойкость, повышение коэффициента водостойкости, уменьшение чувствительности асфальтобетонных смесей к температурным колебаниям.

Вяжущее используемое для модификации за рубежом отличается от отечественных по химическому составу и свойствам, т.к. получены как целевые продукты методами низкотемпературной вакуумной отгонки из исходной нефти. Поэтому применение технологии в отечественных условиях проблематично.

Тем не менее, резиновый порошок является сравнительно дешёвым продуктом модификации дорожных битумов и по сравнению с используемыми сейчас полимерами и обходится дешевле в 6-7 раз. Поиск технологических решений по применению добавки из отходов дробленой резины с целью улучшения качества асфальтобетонных смесей и снижению их стоимости весьма актуален для нашей страны.



**Современные требования к системам автоматизированного проектирования автомобильных дорог**

Ерашов В.С.

Белорусский национальный технический университет

Автоматизация проектных работ в дорожном строительстве является одним из важнейших аспектов обеспечения качества выполняемых проектов и сокращения сроков проектирования. Для эффективного применения методы автоматизированного проектирования должны удовлетворять определенным критериям. Анализ опыта проектирования позволяют выделить следующие наиболее актуальные требования к системам автоматизированного проектирования автомобильных дорог:

1. возможность обмена данными между модулями комплекса проектирования, а также возможность экспорта данных в обменные форматы для использования другими программами;
2. точность применяемых математических алгоритмов и их соответствие нормативным документам;
3. наличие интеллектуальных функций, позволяющих выполнять проектирование с учетом множества противоречащих друг другу параметров;
4. соответствие САПР (система автоматизированного проектирования) логике проектирования;
5. обеспечение удобной циклической работы над проектом без потери и дублирования уже введенных данных;
6. сохранность данных в случае отказа САПР;
7. свойство модульности;
8. дружелюбный интерфейс, схожий с универсальными широко распространенными программами, используемыми проектировщиками (например, AutoCAD);
9. возможность максимально полной подготовки проекта к представлению к защите;
10. открытость программного комплекса для любых дополнений и изменений, что дает возможность:
  - настраивать обмен данными под нужды конкретного проектного института, обеспечивая более эффективное взаимодействие подразделений и проектных групп;
  - настраивать САПР проектировщиком «под себя»;
  - оптимизировать выполнение определенной последовательности действий;
  - учесть изменения норм или требования заказчика.

## Принципы расстановки дорожных знаков в узлах автомобильных дорог

Яцевич И.К.

Белорусский национальный технический университет

Узлы автомобильных дорог делятся на пересечения (примыкания в одном уровне) и транспортные развязки (полные и неполные).

На пересечениях автомобильных дорог необходимо обеспечить преимущественное право проезда по одному направлению, понятность пересечения и маршрутное ориентирование.

Преимущественное право проезда по одному направлению обеспечивается путем выделения главной дороги с помощью установки на ней знака 2.3.1 «Пересечение с второстепенной дорогой», а на второстепенной дороге знака 2.4 «Уступите дорогу» или 2.5 «Проезд без установки запрещен», если не обеспечена видимость.

Понятность пересечения обеспечивается установкой знаков 5.20.1 «Предварительный указатель направлений» и 5.21.2 «Указатель направлений» перед пересечением и знаков 5.8.4, 5.8.1 и 5.8.5 если имеются дополнительные полосы.

Маршрутное ориентирование обеспечивается знаками 5.29 «Номер маршрута» и 5.27 «Указатель расстояний». На знаке 5.27 указывают наименование трех населенных пунктов по маршруту: ближний, средний и дальний. Дальним является конечный пункт маршрута. Номер маршрута указывается с помощью знака 5.29.

На полных транспортных развязках необходимо обеспечить понятность транспортной развязки, маршрутное ориентирование и преимущественное право проезда в зоне слияния потоков.

Понятность транспортной развязки обеспечивается путем установки перед транспортной развязкой дорожного знака 5.20.1, на котором приведена схема движения по трем направлениям. Для маршрутного ориентирования на знаке 5.20.1 рядом с наименованием населенного пункта по направлению изображается знак 5.29. После транспортной развязки устанавливается знак 5.27 совместно с 5.29, что позволяет водителю еще раз убедиться в правильности движения по выбранному маршруту.

В зоне слияния потоков устанавливают в начале соединительного ответвления знак 2.4 и 4.1.2, на дороге знак 4.1.1. На обратной стороне знака 4.1.1 в случае дорог II, III, IV категорий устанавливают знак 3.1 для предотвращения въезда на соединительное ответвление с односторонним движением.

**Применение лигнина в дорожном строительстве**

Мурашов А.П.

Белорусский национальный технический университет

На качество асфальтового бетона в процессе службы покрытия в значительной степени оказывает влияние наиболее дисперсный компонент — минеральный порошок (наполнитель). В смеси с битумом он образует асфальтовяжущее вещество — основу асфальтового бетона.

В отличие от инертного известнякового минерального порошка лигнин — активный наполнитель, который положительно влияет на структуру и свойства битума в асфальтовяжущем веществе, обеспечивает его высокие физико-механические и деформативные свойства при отрицательных температурах.

Лигнин, наряду с целлюлозой — наиболее распространенным органическое вещество, которое входит в состав одревесневших клеточных стенок всех наземных растений.

Некоторое увеличение количества лигнина не снижает качества асфальтовяжущего вещества, т. е. не отражается на свойствах бетона. Благодаря наличию активных функциональных групп гидролизный лигнин обладает высокой адгезией к битуму, обеспечивая большую водостойкость по сравнению с известняковым минеральным порошком.

По физико-химической характеристике лигнин представляет собой трехфазную полидисперсную систему с размерами частиц от нескольких миллиметров до микронов и меньше.

Исследования лигнинов, полученных на различных заводах, показали, что состав их характеризуется в среднем следующим содержанием фракций: размером больше 250 мкм — 54-80%, меньше 250 мкм — 17-46%, меньше 1 мкм — 0,2-4,3%.

Гидролизный лигнин представляет собой опилкоподобную массу с влажностью 65-70%. По своему составу это комплекс веществ, в который входят собственно лигнин растительной клетки, часть полисахаридной группа веществ лигногуминового комплекса, неотмытые после гидролиза моносахара минеральные и органические кислоты, зольные и другие вещества.

Гидролизный лигнин характеризуется большим объемом пор, приближающимся к пористости древесного угля, высокой реакционной способностью по сравнению с традиционными углеродистыми восстановителями и вдвое большим в сравнении с древесиной содержанием твердого углерода, достигающий 30 %, т.е. почти половины углерода древесного угля.

## Обеспечение сцепных качеств дорожных покрытий на пересечениях в одном уровне

Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Увеличение числа легковых автомобилей в республике наряду с положительными моментами имеет и негативную сторону – увеличение дорожно-транспортных происшествий, в результате которых общество несет огромные потери материальных ценностей, гибель и ранения людей. Постоянное увеличение интенсивности и скорости движения транспортных средств по автомобильным дорогам Беларуси ставит перед дорожно-эксплуатационными организациями сложные задачи по обеспечению безопасности движения. На автомобильных дорогах Республики Беларусь ежегодно совершается свыше 7,5 тысяч ДТП, в которых погибает более 1500 человек, получают ранения около 8 тысяч человек.

Около 50% из общего количества ДТП, случившихся из-за неблагоприятных дорожных условий, происходят по причине недостаточного сопротивления скольжению шин по покрытию дороги.

Одним из путей повышения безопасности движения является поддержание сцепных качеств дорожных покрытий в течение межремонтных сроков в заданных пределах.

Для выполнения этих задач необходимо иметь обоснованные минимально допустимые нормы, устанавливающие тот предел, ниже которого сцепные качества уменьшаться не должны. При завышенных нормах на величину коэффициента сцепления возникают проблемы при входе в эксплуатацию асфальтобетонных покрытий, имеющих, как правило, мелкошероховатую текстуру поверхности. В ТКП 059-2007 «Автомобильные дороги. Правила устройства» указано, что на участках дорог I, II, III категорий с видимостью менее расчетной, подъемами и спусками с уклонами, превышающими расчетные, для зон пересечений в одном уровне минимальное значение коэффициента сцепления, измеренное установкой ПКРС с шиной с протектором, должно быть не менее 0,6. Для обеспечения таких высоких значений коэффициента сцепления необходимо в зонах пересечений в одном уровне на стадии проектирования предусматривать специальные конструкции дорожных покрытий с повышенной шероховатостью, например устройство поверхностной обработки или применять другие технические решения, позволяющие увеличить значение коэффициента сцепления на этих участках.

## О транспортном планировании и организации движения на территории города

Адашкевич В.И., Вишняков Н.В.

Белорусский национальный технический университет

В решении вопросов транспортного планирования и организации дорожного движения предполагается сбалансировано сочетать различные способы развития уличной дорожной сети.

**Экстенсивный способ:** расширение протяженности, площади и плотности уличной дорожной сети за счет строительства новых участков дорог и реконструкции (расширение) действующих.

**Интенсивный способ:** повышение производительности существующей уличной дорожной сети за счет повышения эксплуатационных качеств активов, составляющих дорожно-транспортный комплекс города и имеющихся в распоряжении города.

Предусматривается, что для города главным способом преодоления сложившихся негативных тенденций, связанных с функционированием действующей уличной дорожной сети в застроенных территориях, должен стать интенсивный способ. В качестве приоритетного направления в транспортном планировании и организации движения предусматривается не расширение действующей уличной дорожной сети, а оптимизация и повышение эффективности функционирования всей существующей транспортной системы.

Выбор интенсивного способа развития уличной дорожной сети определяется наличием потенциала для улучшения качественных параметров существующей сети и ее оптимизации в условиях бюджетных ограничений. Этот способ требует рационального управления дорожными активами, которые имеются в распоряжении сообщества.

Экстенсивный способ развития уличной дорожной сети, как необходимый инструмент стимулирования общей подвижности и автомобилизации населения, роста производительности труда и развития экономики города, следует использовать на территориях, максимально свободных от существующей застройки и имеющих значительный потенциал в своем развитии.

Основные направления экстенсивного развития уличной дорожной сети города предусматривают строительство:

- объездных магистралей города;
- дорог – дублеров магистралей, проходящих через центр города;
- хордовых связей, соединяющих отдаленные промышленные территории города и отдельные жилые районы.

## Социальные потери от дорожно-транспортных происшествий

Мазаник И. Г.

Белорусский национальный технический университет

В обстановке высокой интенсивности движения автомобильного транспорта, в которое вовлечены миллионы людей и большое число транспортных средств, аварийность становится одной из серьезнейших социально-экономических проблем.

Все виды потерь имеют две составляющие - экономическую и социальную. Экономическая составляющая - это та часть потерь, которая имеет однозначный денежный эквивалент, например, стоимость поврежденных машин или грузов при аварии или оплата листов нетрудоспособности из-за экологических воздействий на человека и т.д. Социальную составляющую потерь невозможно прямо оценить денежным эквивалентом. Она проявляется в виде упущенной выгоды общества вследствие дорожно-транспортных происшествий.

Размер социальных потерь напрямую зависит, в частности, от уровня тяжести демографических последствий, выражающихся в сокращении доходов бюджетной системы из-за снижения средней продолжительности жизни в стране и экономической активности граждан трудоспособного возраста из-за смерти. Гибель и травматизация граждан в дорожно-транспортных происшествиях приводят к снижению материального положения семей, в течение многих лет ложатся дополнительной нагрузкой на бюджеты всех уровней по выплатам различного вида социальных пособий.

Экономическая оценка социальных потерь, может быть выполнена различными способами: стоимости социальных потерь по величине «упущенной выгоды», по возмещению «морального ущерба» и т.д. И хотя эти оценки приблизительные, поскольку эти потери только начинают исследоваться, они все же позволяют сопоставить между собой различные виды потерь.

Социальные потери можно рассматривать как одну из причин непроизводства части внутреннего валового продукта. Социальные отношения трудно «привязать» к какой-либо области деятельности - они формируются и проявляются во всех сферах. Поэтому социальные потери в какой-либо одной отрасли, например, дорожном хозяйстве, можно рассматривать как часть потерь внутреннего валового продукта, пропорциональную вкладу этой отрасли в общий объем внутреннего валового продукта. Социальные потери можно рассматривать как одну из причин непроизводства части внутреннего валового продукта.

## Повышение коррозионной стойкости железобетона транспортных сооружений

Гурбо Н.М., Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

В дорожной сети Республики Беларусь эксплуатируется большое количество инженерных сооружений из железобетона, которые в значительной степени определяют бесперебойное функционирование автомобильных дорог – комфортность, безопасность и эффективность работы автомобильного транспорта. Под воздействием механической нагрузки, (транспорт, собственный вес), агрессивности внешней среды (твердых, жидких и газообразных веществ) они постоянно теряют свои эксплуатационные качества.

Разрушение железобетона происходит из-за коррозии арматуры и бетона вследствие химических, физико-химических и физических внешних воздействий. Коррозия арматурной стали, в конструкциях транспортных сооружений является наиболее частой причиной разрушения. В результате коррозии арматуры, под недостаточным надежным защитным слоем бетона, происходит разрушение последнего. Ликвидация таких разрушений требует больших материальных затрат. В этой связи важным моментом создания долговечных железобетонных сооружений является понимание и обеспечение условий, которые уменьшают или препятствуют возникновению коррозии арматуры.

Акцент должен быть сделан не на ремонт разрушающихся под воздействием коррозии конструкций, а на ее недопущение. Это может быть сделано в рамках профилактических работ, при своевременном и качественном содержании искусственных сооружений, а также на стадии заводского производства железобетонных изделий.

Необходимо создавать условия повышающие прочность и стойкость бетона, защищенность стальной арматуры. А именно: применять низкое водоцементное отношение, пластифицирующие и воздухововлекающие добавки; запрещение установки арматуры с коррозионными повреждениями и загрязнениями ее поверхности; назначение «мягких» режимов тепло-влажностной обработки с увеличенным периодом предварительной выдержки; организация надлежащего ухода и твердеющим бетоном (пленочное укрытие открытых поверхностей бетона до и после тепло-влажностной обработки); назначение больших (по сравнению с существующими в настоящее время) величин защитного слоя бетона или дополнительная защита арматуры коррозионно-стойкими покрытиями.

## Материалы для разметки дорог

Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для разметки применяют различные материалы: специальные устойчивые краски, термопластики, спрей-пластики, термопластичные краски, холодные пластики, а в отдельных специальных случаях - керамическую и клинкерную брусчатку, фарфоровую крошку, штучные формы из белого полимеро- или цементобетона, цветного асфальтобетона, разметочные блоки и плиты, металлические кнопки и другие материалы. Однако наибольшую долю в общем объеме применяемых для этой цели материалов составляют краски и термопластики.

Дорожная разметка проезжей части стала необходимым и привычным элементом дизайна автомобильных дорог. Состояние разметки, ее долговечность определяются как свойствами материала, из которого она выполнена, так и условиями эксплуатации: интенсивностью движения, шириной проезжей части, наличием искривлений и разворотов на автодороге, назначением линий разметки (т. е. положением линий или рисунков разметки), а также климатическими условиями.

Эффективность работы разметки определяется ее хорошей видимостью в любое время суток, в любую погоду независимо от времени года и обеспечением необходимого сцепления с колесом автомобиля, т. е. состоянием разметки в течение всего срока функционирования, который, по зарубежным стандартам, должен быть не менее одного года.

Маркировочные дорожные материалы различаются не только по химическому составу, но также по технологии нанесения и продолжительности службы разметки. Но именно химический состав определяет как технологию нанесения, так и долговечность разметки. Как правило, маркировочный материал — сложная система, содержащая от 4 до 6 и более компонентов, в числе которых — пигмент, наполнители, полимеры, пластификаторы, специальные добавки, растворители. Каждый из компонентов играет свою важную роль, но самым главным из них, определяющим устойчивость, прочность структуры и, в конечном счете, долговечность разметки, является полимер-связующее.

Являясь важным средством организации, упорядочения автомобильного движения автотранспортных потоков, дорожная разметка позволяет без больших финансовых затрат увеличить скорость движения автомобилей и пропускную способность автомобильной дороги, а также более чем на 20 % уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП).



## Свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе торфоактивированных минеральных заполнителей

Ковалев Я.Н., Будниченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

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

Установлено, что эксплуатационная долговечность асфальтобетона в значительной мере зависит от прочности его структуры, которая определяется в основном величиной адгезионной связи, осуществляемой на границе раздела фаз между поверхностью каменных материалов и битумом.

Исследованиями, ранее проведенными в БНТУ, показано, что эффективным средством, направленным на увеличение адгезионной связи между структурными компонентами асфальтобетона является активация. В качестве нового метода активации минеральных заполнителей в асфальтобетоне впервые предложена возможность использования торфяной крошки, как эффективной активирующей добавки.

Экспериментальные исследования, проведенные в данном направлении, позволили сделать заключение о существенном влиянии продуктов термического распада торфяной крошки на адгезионные свойства обрабатываемого минерального материала с битумом и на физико-механические характеристики асфальтобетона, а именно:

- материал, не прошедший обработку, показал наихудший результат по адгезии с битумом по сравнению с остальными образцами, которые подвергались активации;

- анализ физико-механических характеристик образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона показал положительное влияние активации продуктами термической деструкции торфа на его свойства, установлены устойчивая тенденция улучшения всех прочностных показателей и улучшение коррозионной стойкости асфальтобетона.

Проведенные исследования предполагают получение отечественной активирующей добавки для приготовления более качественных асфальтобетонных смесей. Исследования в данной области будут продолжены.

## Исследование влияния формы зерна щебня на долговечность асфальтобетона

Вербило Н.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на территории Республики Беларусь, согласно действующим ТНПА, в составе крупного заполнителя (щебня), применяемого для приготовления асфальтобетонной смеси, принимается процентное содержание зерен щебня пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, т.е. зерен, соотношение максимального и минимального размеров которого соотносится как 1:3 и выше.

Оптимальной формой зерна щебня, применяемого для приготовления асфальтобетонной смеси, считается тетраэдрическая либо кубовидная. Однако стоимость такого щебня гораздо выше, чем обычного. Это вызовет дополнительные затраты при изготовлении щебня.

Целью данного исследования являлось более обоснованное определение как формы зерен щебня пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, так и их допустимое содержание в составе асфальтобетонной смеси для конкретных дорожных условий. Для теоретических исследований применялись специализированные программные комплексы, расчеты в которых основывались на методе конечных элементов.

В ходе проведения исследования был произведен теоретический расчет модели верхнего слоя покрытия под воздействием различных видов нагрузок. При построении различных моделей варьировалось как форма, так и содержание различных по форме групп зерен щебня. Целью теоретического исследования являлось определение более точного допустимого содержания как формы, так и содержания зерен щебня пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в асфальтобетоне верхнего слоя покрытия автомобильных дорог различных категорий.

В ходе проведения экспериментальной проверки полученных результатов были приготовлены серии цилиндрических образцов из асфальтобетонных смесей с различным содержанием зерен щебня пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, и различными параметрами формы зерна. Далее определялись физико-механические свойства данных образцов.

В заключение производится анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, их сопоставление, разработка рекомендаций по применению зерен щебня пластинчатой (лещадной) и игловатой формы.

## Влияние температуры на кинетику твердения бетона

Суходоева Н.В.

РУП «Институт БелНИИС»

Поскольку отсутствуют аналитические зависимости, учитывающие температурно-влажностные условия и иные влияющие на кинетику твердения бетона факторы, причем доведенные до возможности практической реализации, автор данной работы приводит формулу для расчета прочности бетона ( $f_6$ ) с учётом этих факторов. Поскольку  $f_6$  на любой стадии твердения является функцией степени гидратации цемента ( $\alpha$ ), то если знать  $\alpha$ , можно рассчитать  $f_6$ . Автор, видоизменив формулу И.В.Волфа, ввёл в нее не стабильную величину химически связанной воды, а изменяющуюся в соответствии с изменением  $\alpha$ . Приняв, по Пауэрсу, что при полной гидратации цемента химически связанная вода составляет около 23 % от массы цемента, и введя также такие влияющие факторы, как водоцементное отношение бетонной смеси (В/Ц) и качество заполнителей (коэффициент  $k_3$ ) была получена зависимость

$$f_6 = k_1 \cdot k_r \cdot k_n \cdot \frac{f_u}{0,23 \cdot \alpha - 1}, \text{ МПа,}$$

где  $k_r$  – коэффициент, учитывающий процесс «старения» цементного геля (суммарный объем продуктов гидратации цемента с микропорами) в процессе тепловой обработки бетона;

$k_n$  – коэффициент перехода от прочности бетона в горячем состоянии к прочности через 4 (и более) часов после тепловой обработки;

$$k_r = k_u \cdot \sqrt{\frac{\alpha_1}{\alpha_n}}$$

Сопоставив расчет по полученной формуле с фактическими данными, получено, что коэффициент вариации стал 12,1 % (был 32 %). Проведена проверка модели в целом, учитывая как время твердения, так и температуру. Для этого рассчитаны  $\alpha$  и последующая  $f_6$  на сжатие для бетона двух классов: В20 и В35. Фактические данные были взяты из справочника по производству сборных железобетонных изделий для сроков твердения от 1 до 28 суток и температуры от 0 до 30 °С. Сопоставив расчет по приведенной формуле с фактическими данными, получили, что коэффициент вариации для класса бетона В20 при температуре 0, 5, 10, 20, 30 °С равен 10,9, 3,4, 3,3, 4,2, 9,7%, а для В35 при температуре 0, 5, 10, 20, 30 °С - 16,4, 8,3, 10,2, 7,0, 6,1% соответственно, что показывает достаточную для практических расчетов точность и может быть положено в основу методики проектирования состава бетона, в том числе для дорожных и мостовых конструкций.

## Размещение производственной базы по выпуску асфальтобетонных смесей

Вербило И.Н., Дерман И.В.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы в строительстве и содержании автомобильных дорог в Республике Беларусь преобладающее значение получило применение асфальтобетонных и органоминеральных смесей на основе битумных вяжущих, поступающих к местам укладки непосредственно с асфальтобетонных заводов или баз.

Ввиду довольно развитой дорожной сети, в настоящее время вопросы строительства новых дорог возникают довольно редко, то основное внимание дорожных служб обращено последовательно на содержание и текущий ремонт, капитальный ремонт и реже реконструкцию автомобильных дорог.

В 2006 году департаментом «Белавтодор» утверждена «Концепция оптимизации расположения асфальтобетонных производств системы дорожного хозяйства Республики Беларусь», которая регламентирует решение четырех основных задач, которые направлены на перспективное размещение современным оборудованием географически выгодно расположенных центральных асфальтобетонных заводов (ЦАБЗ) с зоной влияния до 50 км, а из действующих 258 смесительных установок предлагается демонтировать 111 с превышенным сроком амортизации, а остальные используются до истечения срока в рабочем состоянии.

В имеющейся специальной литературе по данному вопросу высказываются предложения, которые базируются на других принципах (МГУ (бывший МАДИ), ГипродорНИИ и др.) по перспективному размещению и размещению производственной базы дорожного строительства.

На наш взгляд развитие и размещение производственной базы по выпуску асфальтобетонных смесей должно базироваться с учетом выделения сосредоточенных зон потребления продукции на основе расчета плотности потребления, учитывающий состояние дорожной сети и перспектив ее развития.

С этой целью нами неоднократно при выполнении хозяйственной тематики и в дипломном проектировании выполнялись расчеты по оптимизации мощности и места дислокации асфальтобетонных заводов высокой производительности с расчетом фактических радиусов обслуживания, которые варьируются как в областях, так и в районах Республики в значительных пределах от 20 до 60 км.

## Теоретические основы технологической надежности производства строительных материалов

Вербило И.Н., Дерман И.В.

Белорусский национальный технический университет

Уровень надежности автомобильной дороги в значительной степени определяется качеством и надежностью дорожно-строительных материалов. Главное требование к исходным материалам – это высокая однородность их свойств, отвечающих требованиям нормативных документов, которую можно оценивать величиной коэффициента вариации  $C_v$  как отношение среднеквадратичного отклонения  $S$  к среднеарифметическому значению результатов измерения свойств материалов  $\bar{X}$

$$C_v = S / \bar{X}.$$

Среднеквадратичное отклонение представляет собой положительное значение квадратного корня дисперсии

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n-1}}; \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – результаты измерения;  $n$  – количество измерений.

Надежность искусственных дорожно-строительных материалов (асфальтобетон, цементобетон) определяется качеством перемешивания, т.е. однородностью зернового состава.

Поэтому одной из задач технологии является такое регулирование процесса перемешивания, при котором обеспечивается необходимая однородность смеси. В качестве основного параметра процесса перемешивания обычно принимают концентрацию  $C$  одного из компонентов смеси, желательного того, который имеет большое численное значение. Закон развития таких процессов состоит в том, что изменение основного параметра в единицу времени пропорционально величине самого параметра. В дифференциальной форме это запишется в виде

$$dc/dt = -mc.$$

Интегрирование с учетом начальных и конечных условий позволит получить следующую закономерность перемешивания

$$C = C_0 (1 - e^{-mt}),$$

где  $C_0$  – концентрация исходного материала при абсолютно однородном его распределении;  $m$  – коэффициент, характеризующий интенсивность процесса перемешивания;  $t$  – время перемешивания.

Их выражения можно определить время перемешивания, которое обеспечивает уровень надежности исходных материалов  $C_v$ .

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

## Температурные деформации дорожных цементобетонных покрытий

Бабаскин Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет

Цементобетонные покрытия работают в условиях сложного напряженного состояния под действием повторных динамических нагрузок транспортных средств и изменяющихся температурных и влажностных сред. В летний период в дневное время солнечная радиация нагревает поверхность плиты, а в ночное, температурная амплитуда меняется. Кроме того, при выпадении осадков (дождя) бетон имеет разную степень насыщения пор водой, что отражается на внутренних напряжениях. Кривая напряжений изменяется от выпуклой кривой, стремящейся выгнуть бетонную плиту, до вогнутой, причем абсолютные значения напряжений в ночное время в несколько раз меньше, чем напряжения в дневное время.

За зимний период дорожное покрытие переходит через нулевую отметку около 100 и более раз. В зимний период плита находится в зоне промерзания. При отрицательных температурах линейные размеры плиты сокращаются и внутреннее напряжение меняет знак на противоположный. Опорная часть плиты в зоне контакта с соседними плитами ослабевает и ее деформация приближается к деформации одиночной плиты, лежащей на упругом основании. Такое состояние плиты усугубляется проникновением в поры плиты жидкого соляного раствора, из-за которого начинается коррозия бетона.

Механизм разрушения структуры бетона довольно сложен и включает в себя разнообразные процессы, происходящие в бетонной плите:

- 1) возникновение температурных деформаций между поверхностями цементобетонной плиты (основание и поверхность);
- 2) возникновение температурных деформаций в контактных зонах между компонентами бетонной плиты;
- 3) увеличение в составе бетона свободной воды, сопровождающееся коррозией трех видов.

Под воздействием колеса автомобиля работа отдельных частей плиты неодинакова. Это отражается на накоплении остаточной деформации в основании жесткого покрытия, что свидетельствует о неоднородном контакте плиты с основанием.

Воздействие температуры, влажности, неоднородности контакта плиты с основанием приводит к тому, что под воздействием подвижной нагрузки начинают возникать разного рода трещины, являющиеся первичным элементом любого вида разрушения.

## Нахождение оптимального решения при назначении ремонтных мероприятий в системе управления состоянием покрытий

Богданович С.В.

РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр»

В условиях бюджетных ограничений при ремонте дорог особое значение приобретает оптимизация вложения выделяемых средств.

Существует два подхода к оптимизации: подлинная оптимизация и эвристическая оптимизация.

Подлинная оптимизация основана на использовании достаточно сложного вычислительного аппарата, относящегося к специальному разделу математики «методы оптимизации». Ввиду значительного количества и трудоемкости вычислений подлинная оптимизация используется в системах управления сравнительно редко.

Наибольшее распространение получила эвристическая оптимизация. Метод достаточно простой в применении, однако является только приближением к реальности. Наиболее популярным во всем мире способом эвристической оптимизации, является метод, основанный на определении стоимости дополнительной прибыли или создании фронта эффективности.

Подход к оптимизации изменяется в тех случаях, когда целью является увеличение эффективности ремонта дорог. Эффективность измеряется путем анализа различия в состоянии дороги при отсутствии ремонта и в результате проведения программы ремонтов. Основным показателем для такого анализа является значение так называемой «площади под кривой». Иногда в качестве показателя используется значение наклона прямой, аппроксимирующей состояние участка дороги за период анализа.

Еще один способ определения оптимальной стратегии предоставляет теория статистических решений или как ее еще называют теория статистических игр.

К таким играм относятся игры, в которых в качестве одного из игроков выступает природа. При этом практические ситуации бывают таковы, что отказаться вообще от принятия какого-либо решения бывает невозможно. К тому же решение отказаться от принятия решения также есть решение, и оно может иметь столь же нежелательные последствия, как и другие решения.

Выходом из создавшейся ситуации является выработка человеком такой стратегии в отношении принятия решений, которая хотя и не исключает возможность принятия неправильных решений, но сводит к минимуму связанные с этим нежелательные последствия.



**Экологическая безопасность автомобильных дорог**

Бурова О.В., Лопатина С.Н., Лясковская Л.П.,  
Государственное предприятие «БелдорНИИ»

В рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь государственное предприятие «БелдорНИИ» с 2000 г. проводит наблюдение за комплексным воздействием автомобильных дорог на состояние окружающей среды.

Контролируется состояние атмосферного воздуха, почвы, шумовая нагрузка от транспортного потока на территориях, прилегающих к автомобильным дорогам.

Экологическая безопасность автомобильных дорог оценивается путем сопоставления полученных результатов с нормативными или фоновыми показателями.

Концентрации диоксида азота, формальдегида и оксида углерода в большинстве образцов атмосферного воздуха ниже предельно допустимой концентрации.

Результаты измерений шумовой нагрузки от транспортных потоков показали, что на пунктах мониторинга, расположенных на участках машинистральные автомобильных дорог со сравнительно высокой интенсивностью движения, акустический режим не соответствует нормативам во всех точках измерений в дневное и ночное время. Практически во всех пунктах мониторинга при проведении всех замеров не соблюдался гигиенический норматив по шуму в ночное время.

Превышение ориентировочно допустимой концентрации (далее ОДК) нефтепродуктов зарегистрировано в большинстве проб почвы, отобранных на расстоянии 10 м от автомобильных дорог. Практически для всех пунктов мониторинга наблюдается снижение содержания нефтепродуктов в почве при удалении от полотна автомобильной дороги.

Анализ полученных данных по pH в почвенных образцах показал защелачивание почв в контролируемой зоне автомобильных дорог, что связано с использованием в качестве противогололедных материалов отходов Солигорского калийного комбината.

Наблюдается прямая зависимость уровня содержания хлорид-ионов и ионов натрия в почвах, от количества распределенных за зимний сезон противогололедных материалов. Результаты анализа проб почв показали превышение ОДК по содержанию кадмия (Cd) в большинстве проб почв. Концентрации свинца (Pb), меди (Cu) и цинка (Zn) не превышают ОДК.

## Анализ изменения ровности покрытия на участках дорог с просроченными межремонтными сроками

Буртыль Ю.В.

РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр»

Существующая система оценки ровности покрытия предполагает сравнение измеренных значений ровности покрытия дороги с нормативными требованиями. После капитального ремонта требования к ровности, определяемые международным показателем ровности IRI, в зависимости от категории дороги должны находиться в пределах  $IRI_0 = 1,5-2,5$  м/км. Максимальные допускаемые значения ровности в процессе эксплуатации находятся в пределах  $IRI_t = 4,5-7,9$  м/км.

Наблюдения за участками дорог после проведения капитального ремонта показали, что изменение ровности покрытия подчиняется закону нормального распределения, для уровня надежности 0,5. Требования к ровности определяют среднее значение на участках дорог и не закладываются предполагаемый запас надежности 0,9.

Изменение ровности покрытия на дорогах с просроченными сроками службы разделяется условно на два этапа: интенсивное ухудшение ровности и текучее ухудшение, представляющее собой несущественное изменение ровности в процессе дальнейшей эксплуатации.

В условиях ограниченного финансирования необходимо определить первоочередные участки, где требуется проведения ремонтов. Дорожные покрытия оцениваются в расчетном году по измеренным значениям и не отражают основных процессов изменения ровности с течением времени. Накопление пластических и остаточных деформаций в покрытии характеризует процессы формирования профиля дороги и в тоже время определяет прочностное состояние дорожной одежды.

Предлагается проводить анализ ровности покрытия по измерениям проводимым в 2000-2001 годам и по измерениям в момент назначения ремонтных мероприятий.

Полученные функции регрессии ровности сравнивать с нормативными функциями построенными по  $IRI_0$  и  $IRI_t$ . Точка пересечения двух функций определяет две стадии состояния покрытия по ровности и по накопленным деформациям. Первая - точка пересечения перед начальными измерениями ( $IRI_0$ ) является признаком назначения ремонтных мероприятий. Вторая точка пересечения по времени до фактически измеренного значения ровности ( $IRI_t$ ) характеризует стабильное состояние конструкции не требующее ремонтных мероприятий.

**Исследование возможностей снижения температуры при производстве асфальтобетонных смесей**

Аудрюс Вайткус

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс

Технологии по производству асфальтовых смесей теплового смешивания и добавок различаются. Неодинаково также число исследований, выполненных для внедрения каждой из технологий. Некоторые добавки исследованы особенно тщательно, они получают коммерческим способом, а в других добавках данных недостаточно. Оборудуются испытательные дорожные участки, на которых внедряются технологии по тепловому смешиванию асфальта.

В начале 2009 г. в научной лаборатории автомобильных дорог кафедры дорог Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса был проведен экспериментальный лабораторный опыт. С использованием гранитных, доломитных и гравийных минеральных материалов и добавок, способствующих снижению температуры при производстве асфальтовых смесей, были изготовлены и исследованы асфальтовые смеси. Для снижения температуры готовящегося асфальта были применены следующие добавки: природный цеолит, цеолит Aspha-min, Iterflow T и Cecabase RT Bio. Асфальтовые смеси перемешивались, и опытные образцы Маршала формовались при температуре 150°C и 120°C без добавки и при температуре 120°C с применением 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и 0,6% добавок.

Технологии по производству асфальтовых смесей теплового смешивания и их использования способствуют экономии топлива для асфальтосмесительных установок, уменьшению количества выбрасываемых в окружающую среду продуктов сгорания газа, улучшению условий труда дорожников, возможности укладывать асфальтовое покрытие при низкой температуре (0–5)°C и перевозить асфальтовые смеси на дальние расстояния.

Лабораторные исследования, проведенные в научной лаборатории автомобильных дорог кафедры дорог Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса, показали, что постоянство изготовленного в лаборатории асфальта теплового смешивания по сравнению с постоянством горячего асфальта по Маршалу уменьшается (на 10–20)%, а пластичность и количество воздушных пустот соответственно увеличиваются.

Рекомендуется исследовать в лаборатории возможность применения технологии по производству асфальтовых смесей теплового смешивания для производства асфальтовых смесей с применением гранул использованного асфальта.

## Теория и практика регулирования водно-теплового режима земляного полотна

Вырко Н.П.

Белорусский государственный технологический университет

При проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных лесовозных дорог в различных природных условиях необходимо решать вопросы, связанные с прочностью и устойчивостью дорожных одежд и земляного полотна (расчет толщины одежды, обоснование возвышения бровки полотна, расчет толщины противопучинных, термоизоляционных, гидроизоляционных и дренажных слоев, обоснование норм плотностей грунта полотна, анализ деформированности одежды в процессе службы и др.). На все вышеперечисленные факторы существенное влияние оказывает водно-тепловой режим земляного полотна [1].

Особенно актуальной является проблема водно-теплового режима земляного полотна лесовозных автомобильных дорог, так как земляное полотно лесовозных дорог, обычно возводится из грунтов различного гранулометрического состава, взятого непосредственно из боковых резервов. Грунты земляного полотна не уплотняются до требуемой плотности, кроме этого при проектировании не учитывается глубина промерзания и уровень залегания грунтовых вод. Все вышеперечисленные факторы связанные с водно-тепловым режимом влияют как на устойчивость земляного полотна, так и всей конструкции дорожной одежды, особенно в периоды весеннего и осеннего увлажнения.

В БГТУ исследования водно-теплового режима земляного полотна лесовозных дорог выполнены в семидесятые годы прошлого века, которые требуют уточнения с учетом изменений климатических условий. Поэтому изучение водно-теплового режима земляного полотна лесовозных дорог в различных лесозаготовительных районах имеет большое практическое значение для проектирования, строительства и эксплуатации лесовозных дорог. Лесопромышленный комплекс Республики Беларусь неразрывно связан с транспортным освоением лесных территорий, созданием постоянно действующих и временных лесовозных дорог. Протяженность их исчисляется многими тысячами километров. Эффективное использование транспортных средств с каждым годом выдвигает в число важнейших проблему качества дорог.

### Литература

1 Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. проф. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сидоренко. – М.: Транспорт, 1971. – 413 с.

## Оптимальные стратегии зимнего содержания республиканских автомобильных дорог

Жилинский В.И.

РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр»

Важнейшей задачей зимнего содержания автомобильных дорог, является предотвращение образования или устранения уже возникшей зимней скользкости на покрытии автомобильной дороги.

Первоначально определяется основной вид и характер зимней скользкости на автомобильных дорогах, и очередность проводимых обработок покрытия песчано-гравийными материалами.

Трудоемкость работ по борьбе с гололедицей зависит от частоты, интенсивности и продолжительности снегопадов, метелей и обледенения дорог, а также температуры воздуха при таких явлениях.

При зимнем содержании автомобильных дорог применяют химический, химико-фрикционный и фрикционный способы борьбы с зимней скользкостью в соответствии с СТБ 1158.

При каждом случае прогнозирования или образования зимней скользкости осуществляют: профилактическую (превентивную) обработку покрытий ПГМ до образования гололеда; плавление снежно-ледяных образований с помощью химических материалов; удаление снежных и ледяных образований с покрытий дорог и обочин; обработку снежно-ледяного наката фрикционными материалами для повышения коэффициента сцепления.

В первую очередь борьбу с зимней скользкостью необходимо проводить на участках с необеспеченной видимостью, крутыми уклонами и кривыми малого радиуса, на пересечениях в одном уровне, искусственных сооружениях и подходах к ним, в населенных пунктах, на остановочных площадках и во всех других местах, где особенно часто возможно экстренное торможение.

Технология работ по предотвращению образования снежно-ледяного наката во время снегопадов предусматривает следующие этапы: выдержку по отношению к выпадающему снегу, после чего производят обработку свежеснегавпавшего снега песчаными гравийными материалами, интервал и очистку покрытия автомобильной дороги от снега.

Не допускается проводить работы по борьбе со скользкостью при температуре воздуха, близкой к температуре замерзания применяемого химического вещества.

**Вопросы нормативного обеспечения современных методов измерений на основе спутникового позиционирования.**

Клибашев С. М.

РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр»

В настоящее время всё больше и больше находит применение измерительное оборудование на основе технологий глобальных спутниковых навигационных систем.

Спутниковым геодезическим оборудованием принято считать оборудование, обеспечивающее сантиметровую, а при использовании определённых методов измерения, миллиметровую точность измерения, как в плане, так и по высоте.

В Республике Беларусь не многие организации используют спутниковое геодезическое оборудование. Однако даже те, кто использует данное оборудование, параллельно ведут контроль данных при помощи тахеометрии. К сожалению именно отсутствие нормативной базы, регламентирующей методику применения данного оборудования в дорожной отрасли в Республике Беларусь и затормаживает его внедрение.

Посему была поставлена и реализована задача по созданию дорожно-геодезического документа (ДМД) «Рекомендации по применению GPS-оборудования для координатной привязки объектов автомобильных дорог».

В данном ДМД представлена технология использования GPS-оборудования для координатной привязки объектов при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и сооружений на них. В документе выделены основные положения и принципы спутниковой технологии выполнения съёмочных работ, методы относительных спутниковых определений, факторы, влияющие на точность при этих определениях, условия использования, хранения оборудования. В документе предусмотрен раздел о порядке выполнения работ, где даны рекомендации по выбору метода для измерений, его использованию, рекомендации по подготовке и производству полевых работ и т. д. Даны приложения, в которых приведены схемы съёмочного обоснования временной геодезической сети.

В подготовке ДМД участвовали все автодоры дорожной отрасли, а также УП «Белазрокоосмогеодезия», которое занимается построением государственной геодезической сети в Республике Беларусь на основе новой системы координат. Следует также отметить, что с 1 января 2010 года в Республике Беларусь вводится новая система координат СК-95.

**Климатический фактор в эксплуатации автомобильных дорог**

Лауринавичюс А., Юкневичюте Л., Бертулене Л.  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса,  
г. Вильнюс, Литовская Республика

В северо - восточной Европе климатический фактор играет большую роль в эксплуатации дорог. Зимний период может продолжаться до 5 месяцев, которые самые сложные при обеспечении безопасности дорожного движения и эксплуатации дорог. Соотношение осадков в летнее и зимнее время в Литве состоит 60/40 процентов. Последние годы зимы стали мягче и с меньшим количеством снега, но переходов температуры через ноль градусов стало больше и они составляют до 75 раз в зимний период.

**Таблица 1 – Риск дорожных происшествий зависимости от состояния дорожного покрытия**

Состояние дорожного покрытия	Условный риск
Сухое чистое покрытие	1,0
Мокрое чистое покрытие	1,3
Мокрый снег	1,5
Твердый снег	2,5
Легкий снег и ледяное покрытие	4,4

Наибольшее трудности представляют гололед, метель, осадки в виде дождя и снега, туман и ветер. В такой последовательности они могут быть расположены по степени их воздействия на условия движения.

Анализируя вероятность появления опасных и особо опасных метеорологических факторов, необходимо отметить, что наиболее неблагоприятен зимний период, когда трудные условия могут сложиться под влиянием семи метеорологических факторов (табл.2) и их сочетаний. Весной и осенью такие условия могут быть под влиянием шести метеорологических факторов, а летом только четыре метеорологических фактора.

**Таблица 2 – Метеорологические факторы, создающие трудные условия движения**

Зима	Осень-весна	Лето
1.Метель	1.Гололед	1.Дождь
2.Гололед	2. Дождь	2.Туман
3.Снегопад	3.Туман	3.Ветер
4.Туман	4.Ветер	4.Высокая температура
5.Низкая температура воздуха	5.Отрицательная температура	
6.Ветер	6.Высокая влажность	

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Дорожная сеть Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2009 г. включала 15 476 км автомобильных дорог республиканского значения и 10 192 км – местных дорог. С твердым покрытием протяженность дорог 14 266 км, что составляет 86,7 % от общей протяженности (85 668 км). На 1000 кв.м. территории дорог с твердым покрытием составили 357,7 км, а на 1000 жителей – 7,7 км. На автомобильных дорогах общего пользования эксплуатируется 5 276 мостов, общей протяженностью 177,2 км и 94 428 водопропускных труб, суммарная длина которых равна 1 361 691 пог. м. Главная задача дорожных организаций на современном этапе заключается в поддержании дорожной сети в надлежащем эксплуатационном состоянии при рациональном расходовании выделяемых финансовых и материально-технических ресурсов. Успешно решать эту задачу можно лишь при использовании новых эффективных технологий, машин и материалов, оптимальных способов организации труда на всех стадиях проектно-строительно-эксплуатационного дорожного комплекса.

При содержании и ремонте автомобильных дорог новейшими принципами и технологиями можно считать:

1. Широкое применение при ремонте дорог холодных органоминеральных композиций на основе катионных битумных эмульсий.
  2. Внедрение и практику использования щебнемостичных асфальтобетонов при капитальном ремонте и реконструкции дорог.
  3. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств дорог в результате применения мембранных технологий для устройства замыкающего слоя дорожного покрытия.
  4. Устройство поверхностной обработки по синхронной технологии.
  5. Применение геосинтетиков, мастик и термопластиков при ликвидации дефектов на асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях.
  6. Устройство тонкослойных защитных асфальтобетонных покрытий по технологии Novo Chip.
  7. Использование комплекса машин и механизмов, обеспечивающих новейшие технологии при ямочном ремонте, устранении колеиности, ликвидации трещин, при профилактике коррозионной стойкости конструкции.
- Наши исследования связаны с проблемами повышения надежности и долговечности дорожных покрытий. При этом совершенствуется система диагностики дорог, раннего выявления причин возникновения дефектов с обоснованием профилактических мер по их устранению.



## Анализ скоростных режимов транспортных средств на автомобильных дорогах Республики Беларусь

Леонович И.И., Богданович А.С.

Белорусский национальный технический университет

Характеристики транспортного потока, такие как интенсивность движения транспортных средств, состав транспортного потока, скоростные режимы транспортных средств являются важнейшими показателями, характеризующими как транспортную работу, так и состояние дороги. От их значений зависят многие решения при проектировании, строительстве и содержании автомобильных дорог. В то же время внимание этим показателям уделяется явно недостаточно.

Нами проводятся исследования характеристик транспортного потока на республиканских автомобильных дорогах Республики Беларусь, и в частности исследования скоростных режимов.

В качестве исходной информации использованы данные учета, полученные в 2008 году 21 автоматическим счетчиком интенсивности движения, расположенным по всей территории республики.

Автоматические счетчики работают круглогодично и круглосуточно и выделяют в потоке 6 классов транспортных средств: мотоциклы, легковые автомобили, легковые автомобили с прицепом, грузовые автомобили, автопоезда, автобусы.

В данном исследовании нас интересовал скоростной режим движения. Скорость движения автомобилей разбивалась на 8 диапазонов: до 20 км/ч, 20-40 км/ч, 40-60 км/ч, 60-80 км/ч, 80-100 км/ч, 100-120 км/ч, 120-140 км/ч, более 140 км/ч.

При обработке результатов установлено, что распределение скоростей по диапазонам в течение года в целом близко к нормальному. Похожая картина наблюдается на всех рассмотренных участках.

Среднее значение скорости движения на большинстве рассмотренных дорог составляет 90 км/ч, что соответствует Правилам дорожного движения для загородных дорог. На дорогах I категории значительное количество транспортных средств движется со скоростями в диапазоне от 100 до 120 км/ч. Отмечено значительное снижение средней скорости движения на участках дорог, находящихся в плохом состоянии.

Распределение скоростей по часовым интервалам в течение суток примерно одинаково. Не подтвердилась гипотеза о том, что в ранние часы, когда общая интенсивность движения снижена, может наблюдаться увеличение доли транспортных средств, движущихся с высокими скоростями.

## Влияние дорожных условий на безопасность движения

Финтас Чигас, Юрате Виткене, Корнелия Ратквявичюте, Вильма Ясюниене  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

Дорожные условия сильно влияют на безопасность дорожного движения. Частыми причинами происшествий является неудачное проектирование отдельных элементов дорог, плохое состояние и качество покрытия, плохое ограждение отдельных участков дорог от пешеходов и животных, наличие коротких участков, требующих резкого снижения скорости и др.

Одним из основных факторов, влияющих на безопасность движения, является расстояние видимости дороги и ее освещенность, особенно опасны закрытые, плохо просматриваемые дороги. Наиболее опасными местами на дорогах являются перекрестки, на которых ограничена видимость. Безопасность движения на перекрестках дорог повышают путем введения регулирования, с помощью знаков приоритета, кругового движения на перекрестках и установки светофоров. Наибольшей безопасности и высокой пропускной способности достигают выполнением пересечений на разных уровнях.

На безопасность движения влияют и дефекты дорог. К дефектам дорог относятся: плохо оборудованные перекрестки, покрытие дорог с малым коэффициентом сцепления, плохое состояние дорожного покрытия, неудовлетворительная обеспеченность дорожными знаками и дорожной разметкой, опасные придорожные препятствия, отсутствие ограждений дорог. Наибольшую опасность для водителя представляют скрытые дефекты дорог, которые водители могут не заметить, тем более если нет предупреждающего знака. К таким участкам относятся волнистость и гребенки. При высокой скорости автомобиль теряет управляемость, сцепление с дорогой уменьшается и возможны не только заносы, но и опрокидывания автомобилей.

Одной из целей проектирования и содержания дорог, а также регулирования дорожного движения является безопасность дорожного движения. Этого стараются достичь путем построения проектирования дорог и дорожных сооружений на знании о том, как проектирование влияет на риск происшествий.

Литература

1) Ольвик, Р.; Мюсен А. Б.; Ваа, Т. *Справочник по безопасности дорожного движения*/Пер. с норв. Под редакцией проф. В.В.Сильянова. М.: МАДИ (ТУ), 2001. 754 стр. ISBN 5-7962-0015-1.

## Повышение безопасности дорожного движения

Донатас Чигас, Юрате Виткене, Корнелия Раткявичюте,

Вильма Ясюниене

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса

Для обеспечения высокого уровня безопасности дорожного движения планирование дорог должно строиться на доступном знании о взаимосвязи между проектированием дороги и безопасностью движения. Формальное планирование дорог как мера по повышению безопасности дорожного движения должно:

- размещать дороги и другие объекты хозяйственной деятельности таким образом, чтобы интенсивность движения была по возможности наименьшей;
- создать иерархию дорог таким образом, чтобы движения с различными свойствами и потребностями отличались друг от друга;
- проектировать дороги таким образом, чтобы в них предусматривалась максимально возможная безопасность, исходя из совокупной оценки значения проектирования дороги для безопасности дорожного движения, пропускной способности и охраны окружающей среды;
- обеспечить, чтобы не было внутренних опасностей для движения которых легко можно избежать на новых дорогах до открытия по ним движения;
- идентифицировать места, в которых особо требуются мероприятия по повышению безопасности дорожного движения и установить приоритетных действенных мероприятий в таких местах.

Значительное влияние на количество дорожно-транспортных происшествий оказывает интенсивность и состав движения.

Улучшение дорожной сети и совершенствование навыков водителя при критической оценке реальных дорожных условий и выборе безопасных приемов управления помогают повысить безопасность движения на дорогах.

### Литература

1. Elvik, R.; Vaa, T. The handbook of road safety measures. 1<sup>st</sup> edition. Amsterdam: Elsevier. 2004. 1090 p. ISBN 0080440916 .
2. Сафронов, Э. А. Транспортные системы городов и регионов. Издательство Ассоциации строительных вузов, М., 2005. 272 стр.
3. Slinn, M.; Matthews, P.; Guest, P. Traffic Engineering Design, Second Edition: Principles and Practice. 2<sup>nd</sup> edition. Amsterdam: Elsevier. 2005. 240 p. ISBN 0750658657.

## Применение геосинтетики в дорожном строительстве

Лыщик П.А.

Белорусский государственный технологический университет

В последние годы геосинтетические материалы стали активно внедряться в практику дорожного строительства. Они широко используются во многих странах мира при строительстве дорог, городских улиц как дренажи и фильтры, гидроизоляционные материалы, разделительные и армирующие прослойки, которые повышают несущую способность грунтов земляного полотна и упрочняют дорожную одежду. Широко применяются геосинтетические материалы для стабилизации эрозионных процессов поверхностей откосов и склонов, берегов рек, прудов, озер, водоотводных каналов, конусов мостов и т.д.

Экономический эффект от применения геосинтетических материалов достигается за счет уменьшения стоимости строительства дорог, увеличения срока службы сооружений, возможности повышения нагрузок на конструктивные слои дорожных одежд, устроенных с использованием этих материалов.

Анализ литературных источников показывает, что имеются противоречия в оценке эффективности применения геотекстиля в качестве армирующих прослоек. Геотекстиль повышает несущую способность дорожных одежд, но при осадках более значительных, чем обычно допускаются, он начинает работать только при значительном его удлинении, чем выше модуль упругости, тем быстрее достигается армирующий эффект.

Чтобы материал включился в работу его надо предварительно натянуть до определенной величины. Натяжение материала позволяет ему быстрее включаться в работу. Простая укладка геотекстиля для армирования вообще не дает результатов, особенно, если основание подготовлено некачественно. Кроме того, для геотекстилей характерна более высокая деформативность при начальных, весьма небольших растягивающих напряжениях. Следовательно, применяя натяжение, можно повысить жесткость геотекстиля. Такое натяжение можно выполнить на стадии производства работ при его раскладке.

Наряду с геотекстильными материалами в дорожном строительстве достаточно широкое распространение имеют геосетки. Они бывают двойной- и моно-ориентации. Наши исследования подтверждают эффективное их использование как на автомобильных дорогах общего пользования, так и на лесных дорогах, прокладываемых на местности со слабыми грунтами.

**Закономерности изменения температуры воздуха  
в г. Вилейке за 1966-1996 гг.**

Наливайко Л.В.

Белорусский национальный технический университет

В последние два-три десятилетия на естественные климатические процессы всё заметнее влияют колебания, связанные с антропогенным воздействием. В настоящее время учёные всего мира пришли к единому мнению, что изменение климата обусловлено человеческим фактором и это доказано на «модели климата». Она представляет собой систему дифференциальных уравнений и предусматривает возможность прогнозирования на 100-й период изменения климата.

Возникают разногласия в оценке, что ожидает человечество в будущем: потепление или похолодание. В настоящее время специалисты пришли к выводу, что прогнозы, согласно которым жителей Земли ожидает глобальное потепление и заявление учёных, предрекающих ледниковый период, не противоречат друг другу - потепление ожидает нас в ближайшие сотни лет, тогда как похолодание наступит через тысячи. За последние 140 лет средняя температура на Земле увеличилась примерно от 0,74 °С до 2,4 °С.

Ведущие специалисты отдела климата Республиканского гидрометеорологического центра отмечают, что период потепления начался в конце 80-х годов прошлого века и за последнее десятилетие эти изменения достигли приблизительно 0,6 °С.

Прогнозируется, что среднегодовая температура в нашей стране через 30 лет предположительно увеличится на 1 °С, через 60 лет – на 2 °С, а концу столетия - на 3-4 °С. Много это или мало? Увеличение температуры на 1 °С вызывает смещение природной зоны на 150-200 км.

Имея достоверную информацию, которую предоставил мне мой дедушка – Штанюк Геннадий Иванович из своих многолетних наблюдений (с 1966г по 1996г) за температурой атмосферного воздуха, а именно г. Вилейка Минской обл., я решила провести собственный анализ изменения климата в данном регионе.

Для анализа я использовала среднесуточную и среднегодовую температуру, на основании которой построила графики «Изменения температуры». Из графика изменения среднегодовой температуры следует, что минимальные значения среднегодовой температуры постепенно увеличиваются (≈ на 1 °С), а следовательно, происходит постепенное повышение температуры.

## Повышение работоспособности лесных дорог путем имплантации в их конструкции упрочняющих элементов

Насковец М.Т.

Белорусский государственный технологический университет

На данном этапе транспортного освоения лесов, в целях более эффективного проектирования и строительства лесных дорог, необходимо решить такую немаловажную задачу, как улучшение их работоспособности. В этой связи, одним из приоритетных направлений может являться усиление дорожных конструкций, устраиваемых на лесных территориях, посредством введения в конструктивные слои различного рода упрочняющих элементов.[1].

Анализ, применяемых в настоящее время на лесных автомобильных дорогах такого плана технических решений, показывает, что они не всегда обладают достаточной прочностью для проезда по ним лесовозных автомобилей. К примеру, использование в конструкциях лесных дорог геосинтетических материалов для разделения и армирования слоистых дорожных одежд не препятствует снижению возникновения сдвигающих напряжений в процессе воздействия подвижной нагрузки.

Следовательно, наряду с традиционными подходами, необходимо разрабатывать новые направления проектирования дорог для повышения их прочности, которые позволяли бы придавать иные функциональные возможности применяемым, стабилизирующим работу конструкций, элементам. Так, для упрочнения дорожных одежд с грунтовыми покрытиями, в их состав можно вводить жесткие объемные, позволяющие уплотнять в стороны грунт, клиновидные или конусообразные элементы. Одним из решений должна стать и имплантация в дорожные слои вертикальных геотекстильных прослоек, предотвращающих боковое смещение слагающих их частиц.

Для проверки конструкции дорожных покрытий лесных дорог с использованием имплантаторов были проведены лабораторные испытания, а опытно-промышленная проверка была организована на действующих автомобильных дорогах в Осиповичском лесхозе. Эти испытания подтвердили необходимую работоспособность предложенных дорожных конструкций.

### Литература

1. Леонович, И.И. [и др.] Куда ведут нас все дороги / И.И. Леонович, М.Т. Насковец, С.П. Мохов // Лесная промышленность Беларуси, 2005, № 4. — с. 4-5.

**Сравнительный анализ использования профилометрического оборудования и прибора ПКРС при приемке дорог в эксплуатации**

Нестерович И.В., Богданович С.В.  
РУП «Белдорцентр»

В последние годы в дорожной отрасли Республики Беларусь особое внимание уделяется повышению качества дорожных работ. Одним из основных показателей качества является ровность покрытия, обеспечиваемая при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Нормативными документами предусмотрено измерение ровности по шкале IRI.

Несмотря на широкое распространение в дорожной отрасли страны использования показателя IRI, его физический смысл и особенности использования остаются понятыми не до конца среди специалистов. Ниже рассмотрены некоторые вопросы, касающиеся использования индекса IRI при приемке дорог в эксплуатацию.

Оборудование по измерению ровности можно разделить на 3 группы по точности. К первой и второй группам относятся профилометрические устройства, а к третьей – приборы типа ПКРС-2у, которые в состоянии оценивать IRI после проведения корреляции с приборами 1 или 2 группы.

Такой порядок действий закреплен в нормативном документе – ТК 1140-2008 (02191) «Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики». И хотя документом четко определена область его применения – диагностика дорог – периодически среди специалистов появляются вопросы о возможности использования установок 3 класса точности для измерений при приемке дорог в эксплуатацию.

Были проведены сравнительные измерения ровности профилометрической установкой «Лазерпроф» и прибором ПКРС-2у. Анализ полученных данных показал, что имеется общая тенденция занижения ровности у прибора ПКРС-2у относительно показаний установки «Лазерпроф».

В среднем, в 51% измерений показания ПКРС-2у оказались заниженными относительно показаний установки «Лазерпроф». При этом значение занижения колеблется от 0.01 м/км до 0.98 м/км. Наибольшее значение заниженных показаний (88%) зафиксировано в диапазоне более 1.8 м/км и пределах значений до 1,8 м/км только 30% показаний занижены, остальные – завышены.

Ввиду значительной неточности приборов типа ПКРС-2у на покрытие с ровностью 2 м/км и менее, недопустимо их использование для приемки работ после строительства или ремонта автомобильных дорог.

## Дорожная сеть Литовской Республики

Петкявичюс К.

Вильнюсский технический университет, г. Вильнюс

Дорожная сеть сухопутных дорог Литвы создавалась начиная IX–X веком и совершенствовалась под влиянием различных исторических, политических, экономических и других условий. Характерными являются 6 периодов формирования дорожной сети Литвы: первый – со старейших времен до конца XII века, второй – с XIII века до середины XVI века (до волоковой реформы в 1557 году), третий – с середины XVI века до середины XIX века (до созрания волоковой реформы – примерно до 1864 года), четвертый – с середины XIX века до середины XX века (до 1940 года – до советской аграрной реформы), пятый – с 1940 года по 1991 год (до восстановления независимости) и шестой – с 1991 года до настоящего времени (период совершенствования автомобильных дорог при надлежащем учете условий движения транспортных средств). Автомобильные дороги в Литве начали строить в 1934 году: в течение 5 лет (1934 – 1939 годы) была построена первая автомобильная дорога „Жемайčiu плянтас“.

Густота дорожной сети (км на 100 км<sup>2</sup> территории по переходам соотношает): I – 20-30 (грунтовые дороги); II – 30 (естественные и улучшенные грунтовые дороги); III – 170 (шоссе со щебеночным покрытием, основные тракты с гравийным покрытием, улучшенные и естественные грунтовые дороги); IV – 58,7 (автомобильные дороги) и 0,2 (автомобильные дороги с асфальтобетонным покрытием); V – 74,6 (все автомобильные дороги) и 15,9 автомобильные дороги с асфальтобетонным покрытием); VI – 123,6 (все автомобильные дороги), 32,6 (государственные автомобильные дороги), 20,1 (автомобильные дороги с асфальтобетонным покрытием).

Данные о сети государственных дорог Литовской Республики представлены в таблице.

Автомобильные дороги и их характеристики	Годы			
	2000	2003	2005	2007
Длина всех дорог, в км	21313	21333	21328	21320
Длина магистральных дорог, в км	1724	1734	1750	1749
Длина краевых дорог, в км	4864	4879	4948	4947
Длина районных дорог, в км	14724	14721	14630	14625
Длина международных дорог „Е“ категории, в км	1490	1496	1510	1510



**Отечественный и зарубежный опыт диагностики  
автомобильных дорог**

Ходан Е. П.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в мировой практике распространены различные системы по определению дефектов.

В Российской Федерации наблюдается повышенный интерес к «видео системам». Но, подавляющее их большинство направлено на паспортизацию автомобильных дорог и представляет собой набор видео (или фото) камер позволяющих производить видео, фото съемку автомобильной дороги или ее элементов.

Перечисленные лаборатории разработаны в ФГУП СНИЦ «РОСДОРТЕХ» г. Саратов и в НПО «Регион» г. Москва.

В России разработана экспериментальная установка Васильевым Ю.М. МАДИ (ГТУ) – «Лаборатория видеокomпьютерного сканирования». Система позволяет снимать и распознавать дефекты в автоматизированном режиме. Разрешение данной системы составляет 1 см.

В Дании разработана измерительная установка по идентификации дефектов дорожных покрытий «LineScan», позволяющая распознавать дефекты размером до 2\*2 мм в ручном или автоматизированном режиме.

В целях повышения безопасности движения при проведении диагностики состояния автомобильных дорог, а также усовершенствования метода измерения прочности дорожной одежды, Датским автодорожным институтом была разработана конструкция дефлектографа, позволяющего при скорости движения 90 км/ч производить мониторинг конструктивного состояния дорожной одежды. Такой дефлектограф (HSD). Принцип измерений HSD основан на современной лазерной технологии, запатентованной компанией Greenwood Engineering A/S.

Обобщая выше изложенное можно сделать вывод:

1. Визуальная фиксация дефектов покрытия – трудоемкий процесс, имеющий определенную степень субъективности.
2. Для определения дефектности покрытия следует применять автоматизированные системы их идентификации и распознавания.
3. Наиболее распространенное оборудование для определения прочностных характеристик дорожных одежд имеет низкую производительность.
4. Зарубежные передвижные лаборатории для определения транспортно-эксплуатационных показателей имеют высокую производительность и многие другие преимущества.

Ходан Е. П.

Белорусский национальный технический университет

Много новых технологий появилось в дорожном строительстве благодаря улучшению битумов добавкой небольшого количества полимера. Как известно, полимеры – это химические соединения, состоящие из больших молекул, образованных большим количеством повторяющихся малых молекул (мономеров), химически присоединенных друг к другу в виде цепей или кластеров («гроздей»). Физические свойства полимеров определяются последовательностью звеньев цепи и химической структурой мономеров, из которых она состоит.

Полимеры, используемые в сочетании с битумом, делят на 4 группы в зависимости от их механических свойств и поведения при нагревании:

- **Эластомеры.** Являются упругими. При нагревании до температуры плавления деградируют (полибутадиен, полиуретан, полиизопрен).

- **Термопласты.** В нагретом состоянии становятся пластичными (пластмассы). Их можно разогреть до перехода в жидкое состояние, а после остывания – снова нагревать и формовать. Добавлением термопласта в битум можно увеличить вязкость (полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и этиленвинилацетат).

- **Термоэластопласты** (термопластичные эластомеры). Сочетают свойства как эластомеров, так и термопластов. Благодаря этому находятся в пластичном состоянии в битуме во время приготовления и уплотнения смеси, но при температурах эксплуатации готового покрытия проявляют свои упругие свойства, придавая вяжущему эластичность.

- **Терморезактивные смолы.** Они представляют собой сшитые полимеры, которые обычно формуются и обрабатываются до того, как производится их сшивание. После того, как завершено сшивание, изменить форму предмета уже невозможно (эпоксидная смола).

Основная цель введения полимера в битум – понижение температурной чувствительности вяжущего, т.е. увеличение его жесткости летом и уменьшение зимой.

Другая цель – придание вяжущему эластичности (способности к восстановлению первоначальных размеров и формы при разгрузке после большой деформации). Если эти цели достигнуты, то дорожно-строительный материал на основе ПБВ обладает повышенной устойчивостью против образования остаточных деформаций (колеи) летом, поперечных температурных трещин зимой и обладает повышенной устойчивостью к трещиноустойчивостью (выносливостью) при повторном изгибе.

# **Транспортные сооружения**



**Жизнеспособность бетонных смесей с использованием золы-уноса**

Ляхевич Г.Д., Долгов А.В., Булва Д.М.

Белорусский национальный технический университет

**Цель:** повышение жизнеспособности бетонной смеси, предложения по использованию золы-уноса в бетонных смесях.

**Задачи:** исследовать бетонную смесь, определить сроки схватывания, выяснить характер изменения сроков схватывания бетонной смеси при введении в неё золы-уноса.

**Исходные материалы:**

- цемент серый, марка М400; ГОСТ 10178-85;
- чистый кварцевый песок, ГОСТ 6139-78;
- вода;
- зола-уноса Жлобинского металлургического комбината (высокодисперсный наполнитель).

Целью испытаний является определение влияния количества высокодисперсного материала на сроки схватывания цементного теста, т.е. на жизнеспособность бетонной смеси. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Результаты испытаний

Показатель	Значение показателя, ч.мин			
	Содержание высокодисперсной добавки, % масс от цемента			
	0	0,5	2,5	5,0
Время затворения цемента водой	13.30	14.10	16.45	14.10
Начало схватывания теста	14.30	15.30	19.00	16.10
Время до начала схватывания теста	1.00	1.20	2.15	2.00

Из результатов испытаний видно, что оптимальное содержание в бетонной смеси высокодисперсной добавки равно 2,5% масс от цемента. При таком её содержании наблюдается существенное увеличение временного промежутка от момента затворения водой до начала схватывания. Согласно таблице 3, происходит увеличение в 2,5 раза. Таким образом, введение в бетонную смесь золы-уноса Жлобинского металлургического завода повышает её жизнеспособность.

## Эффективный способ регулирования усилий сталежелезобетонного пролётного строения в стадии монтажа

Жихарев Д.В., Черешко А.Е., Свиридович С.Н.  
Белорусский национальный технический университет

После исследования состояния моста через реку Муховец на южном обходе г. Бреста в 2003г. было принято решение о полной реконструкции сооружения, так как данный мост не соответствовал современным требованиям по пропускной способности, грузоподъемности и долговечности.

Новый мост выполнен шестипролетным по схеме 24+2х33+55+33+24 (м). Для каждого из направлений назначено по 3 полосы для движения транспорта.

Габарит каждой из полос 12,5м Проектная нагрузка в соответствии с требованиями современных норм на момент проектирования была принята А11 и НК80.

Русловое пролетное строение длиной 55м индивидуальной проекции разработано в НИЛ мостов и инженерных сооружений БНТУ.

Конструкция руслового пролетного строения принята сталежелезобетонной. Высота металлической части конструкции в середине пролета составляет 1850мм. Плита проезжей части – монолитная железобетонной толщиной в средней части 20см.

Особенностью конструкции является максимальное снижение усилий в балках от 1-й стадии постоянных нагрузок и в максимальном использовании возможностей 2-й стадии. Для этого сооружение руслового пролетного строения производилось на специальных подмостях с регулированием усилий в металлических балках.

Регулирование усилий осуществлялось путем выдомкрачивания пролетных строений на 2 временных опорах расположенных на расстоянии 16 м от оси опорных частей с решением преимущественной задачи обеспечения строительного подъема и получения резерва грузоподъемности.

Во время строительства изменились нормативные требования по вертикальной временной нагрузке. В связи с этим было принято решение об усилении пролетного строения до класса нагрузок А14 и НК112. Усиление производилось на стройплощадке путем добавления дополнительных элементов со стыками на высокопрочных болтах.

Строительство моста начато в 2005 г и закончено в ноябре 2007 г.

В настоящее время мостовое сооружение успешно функционирует и эксплуатируется без ограничений.

## Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния ребристых плит

Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Ребристые плиты широко используются в гражданском и транспортном строительстве. Из ребристых плит выполняют пролетные строения, гаражи, стоянки и т.п. Наряду с массовым внедрением в строительную практику монолитного строительства, сборные конструкции выполняются гарантировано высокого качества, их отличает быстрый монтаж, высокая трещиностойкость, а также возможность повторного применения. Однако вследствие факторов, влияющих на долговечность, а следовательно и несущую способность происходят изменения напряженно-деформированного состояния ребристых плит. Изучение данного вопроса, особенно сложных конструктивных решений, невозможно без современных программных комплексов позволяющих определять напряжения в пространственных стержневых и объемных системах, однако одной теории недостаточно для точной оценки фактического состояния, необходимо выполнение ряда экспериментальных измерений высокоточными приборами нового поколения.

Для данного доклада было выбрано исследование предварительно напряженной треугольной ребристой плиты установленной в цилиндрическом сооружении для выявления ее напряженно деформированного состояния и работы под нагрузкой после длительного нахождения в незащищенном состоянии от внешних воздействий окружающей среды.

В задачи исследования входило:

- освидетельствование испытываемой конструкции, находящейся в незащищенном состоянии;
- выполнение пересчета треугольной плиты по действующим нормативным документам с учетом действительного состояния испытываемой конструкции;
- разработка методики испытания;
- получение экспериментальных данных статических испытаний треугольной плиты в натуральную величину;
- провести сопоставление опытных и теоретических данных.

Для пространственного расчета плитно-балочной конструкции перекрытия принят метод конечных элементов и расчетная схема, отвечающая реальной конструкции. В основу расчленения ребристой конструкции на конечные элементы положено требование обеспечения соответствия в поведении конструкции и ее дискретной модели.

**Физические основы технологии  
новоавстрийского способа строительства тоннелей**

Кузьмицкий В. А., Сквернюк А. Е., Сквернюк А. К.  
Белорусский национальный технический университет

Разработанный австрийскими учеными в 70-х годах прошлого столетия, новоавстрийский способ строительства тоннелей (NATM) является наиболее совершенным развитием горного способа работ. Он эффективно применяется при строительстве тоннелей в неоднородных слабостойких грунтах. Основопологающим принципом технологии NATM является максимальное использование несущей способности грунтового массива благодаря совместной работе системы «крепь - массив».

В случае неподкрепленной выработки на её контуре будут происходить деформации сдвига, отслоения грунта, распространяющиеся внутрь массива до пределов, ограниченных известным контуром сводообразования. Если же немедленно после раскрытия выработку подкрепить податливой временной крепью и поверхность ее покрыть слоем более прочного и плотно прилегающего к грунту строительного материала, то предельное состояние первоначально наступит не на контуре выработки, а в массиве грунта.

В технологии NATM эта задача решается немедленным нанесением на поверхность выработки слоя набрызгбетона (армированного или фибрированного набрызгбетона), который характеризуется высокой прочностью, хорошим сцеплением с грунтом и регулируемым сроком схватывания. Такой слой на поверхности калоттной части выработки, в силу постепенного набора прочности, образует элемент податливой крепи, не препятствующий дальнейшему перемещению контура и деформациям грунта в массиве.

Однако в процессе продолжающегося перераспределения напряжений может произойти так называемое руинное разрушение и расслоение грунта в этой зоне.

В связи с этим возникает следующая задача: сохранить напряженно-деформированное состояние в стадии запредельного, когда грунт еще обладает несущей способностью. Эту непростую задачу решают установкой малых анкеров, длина которых не превышает пороговую толщину зоны неупругих деформаций. Последующая установка в сводовой части больших анкеров предназначена для стабилизации деформированного состояния. После того как наступает стабилизированное состояние системы «крепь - массив» - первичной части обделки, устраивают вторичную часть из набрызгбетона или монолитного бетона.

## Эффективность применения высокопрочного бетона в колоннах станций метрополитена

Яковлев А.А.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире метрополитен является центральной городской артерией мегаполиса. Наиболее распространенной являются станции колонного типа. Строительство занимает значительный период времени и большое количество затрат. Сечение колонн различны и имеют значительные геометрические размеры, в связи с действующими выше лежащими нагрузками.

В ходе данного исследования были выполнены теоретические расчеты типовой центрально сжатой железобетонной колонны станции метрополитена мелкого заложения, с использованием различных современных многофункциональных программных комплексов с использованием метода конечных элементов. Применялись действующие нормативные документы и существующие нагрузки.

Создана объемная расчетная модель напряженно-деформированного состояния типовой центрально сжатой железобетонной колонны станции метрополитена.

В расчетах была принята арматура класса АIII ( $R_b = 365,0$  МПа), обычный бетон - класса В30 ( $R_b = 15,5$  МПа) - В60 ( $R_b = 30,0$  МПа), высокопрочный бетон - класса В80 ( $R_b = 40,0$  МПа) – В100 ( $R_b = 50,0$  МПа). Расчетная длина колонны принята  $l_p = 5,0$  м. Сечение рассматриваемого элемента 500х500 мм.

Поэтапно выполнены загрузки с различной интенсивностью. Выявлены места концентрации напряжений, замоделировано разрушение элемента. Были построены зависимости увеличения несущей способности, которые показали, что при использовании различных классов бетона несущая способность возрастает при увеличении класса бетона (класс В30 -  $N_d = 4721$  кН, класс В100 -  $N_d = 11298$  кН). В данной работе не учитывалась совместная работа всех элементов колонной станции метрополитена мелкого заложения, огнестойкость и устойчивость при значительной высоте колонны.

При использовании высокопрочных бетонов в колоннах станций метрополитена мелкого заложения и исследования влияния огнестойкости и других факторов, можно сделать вывод, что железобетонное сечение уменьшится, соответственно уменьшатся затраты на строительство транспортного комплекса в целом.



## О расчете железобетонных балочных пролетных строений по деформационной модели сечения

Пастушков Г.П. , Булавский М.В.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь основным нормативным документом по проектированию строительных конструкций мостовых сооружений является СНиП 2.05.03-84\*. В 2002 году введены в действие строительные нормы проектирования Республики Беларусь СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции».

В настоящее время совершенно очевидна необходимость гармонизации между нормативными документами СНиП 2.05.03-84\* и СНБ 5.03.01-02 в пределах Республики Беларусь, а также с зарубежными нормами (в первую очередь европейскими). Для сопоставительной оценки результатов расчетов по двум нормативным документам по проектированию железобетонных конструкций, действующим в Республике Беларусь, необходимо выполнение большого количества сравнительных расчетов различных типов железобетонных пролетных строений в зависимости от величины пролетов, габаритов проезда и ряда других конструктивных факторов.

Объектом настоящего исследования являлись железобетонные балки пролетами 12,15,18,21,24 и 33 м по типовым проектам серии Б 3.5011 армированные пучками из высокопрочной проволоки диаметром 5 мм.

Расчеты нормальных сечений по прочности и трещиностойкости выполнены в соответствии со СНиП 2.05.03-84\* и СНБ 5.03.01-02 с использованием программного комплекса «Beta» (таблица 1).

Таблица 1

Длина балки, м	Mu1, кН.м	Mu2, кН.м	Ku	Mсrс1, кН.м	Mсrс2, кН.м	Kсrс
	СНиП	СНБ	Mu2/Mu1	СНиП	СНБ	Mсrс2/Mсrс1
12	1210,45	1179,39	0,97434	722,86	805,07	1,11373
15	1581,29	1593,73	1,00787	1012,68	1113,55	1,09961
18	3255,78	3242,48	0,99591	2161,38	2430,73	1,12462
21	3979,05	3974,20	0,99878	2696,37	3081,70	1,14291
33	8602,08	8818,48	1,02516	5854,28	6634,71	1,13331

На основании сопоставления полученных данных можно сделать вывод, что результаты расчета по прочности сечений, нормальных к продольной оси элементов, по двум методикам практически не отличаются, однако при расчете трещиностойкости методика СНБ завышает усилия приблизительно на 10-16%.

## Использование микрокремнезема в бетонных смесях

Пикун Д.С., Звоник С.А.

Белорусский национальный технический университет

В середине 80-х годов в мировой строительной практике появились бетоны с высокими эксплуатационными свойствами, обозначаемые термином High Performance Concrete. Для них характерно то, что высокая (55-80 МПа) и сверхвысокая (выше 80 МПа) прочность на сжатии, низкая проницаемость, повышенная коррозионная стойкость и долговечность достигаются с применением высокоподвижных бетонных смесей. Ключевым фактором технологии производства таких бетонов являлось комплексное использование высокоактивной минеральной добавки – микрокремнезема.

Микрокремнезем (микросилика, silica fume) — представляет собой ультрадисперсный материал, состоящий из частиц сферической формы, получаемый в процессе газоочистки печей при производстве кремнийсодержащих сплавов. Основным компонентом материала является диоксид кремния аморфной модификации. Микросилика является важнейшим компонентом при производстве бетонов с высокими эксплуатационными свойствами. Микрокремнезем обладает уникальной способностью позитивно влиять на свойства бетона, улучшая его качественные характеристики: уменьшает водопоглощение, увеличивает прочность, морозоустойчивость, химическую стойкость, сульфатостойкость, износостойкость и др. Позволяет увеличить долговечность и сопротивляемость внешним воздействиям. Использование микрокремнезема в сборном бетоне позволяет уменьшить сечения некоторых элементов, облегчая их транспортировку и монтаж, обеспечивает более длительную жизнеспособность жидких растворов, облегчает перекачивание смеси, придает коррозионную стойкость.

Микрокремнезем активно используется в производстве сухих строительных смесей, бетона, пенобетона, цемента, керамик, облицовочных плит, черепицы, огнеупорных масс. Применяется в мостостроении, дорожном строительстве, при возведении жилых и производственных объектов, плотин и дамб, буровых платформ и скважин, коллекторных трасс.

РУП «Мостострой» поставил перед кафедрой БНТУ задачу разработать составы и технологию приготовления бетонных смесей с повышенными физико-механическими свойствами. Первые предварительные исследования показали, что использование микрокремнезема в составе бетонных смесей обеспечило увеличение предела прочности бетона на сжатие в 1,8--1,4 раза.

## **Влияние высокодисперсных наполнителей на физико-механические свойства бетонов**

Звонник С.А., Юшкевич Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной публикации является изучение механизма влияния минеральных наполнителей высокой дисперсности на структуру и свойства цементного камня. Теоретическое исследование проводилось для изучения факторов положительного влияния добавок на состав и физико-механические свойства цементных композиций, таких как:

- снижение общей пористости цементного камня в бетоне при увеличении объемной концентрации и дисперсности наполнителя;
- связывание гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  кристаллогидратной связью аморфизированным кремнеземом  $\text{SiO}_2$  пуццолановых наполнителей, повышение активности наполнителя при его тонком измельчении;
- ускорение начальной стадии химического твердения цементных систем частицами наполнителя, служащими центрами кристаллизации;
- образование кластеров «вяжущее-наполнитель» за счет высокой поверхностной энергии частиц наполнителя;
- упрочнение контактной зоны между цементным камнем и заполнителями в бетонах;
- снижение водопотребности бетонных смесей рядом наполнителей различной минералогической природы и дисперсности;
- упрочнение бетонов путем снижения дифференциальной пустотности исходной водовяжущей пасты в сторону меньших по размеру пустот при размещении гранул наполнителя между частицами цемента, что обуславливает формирование цементного камня с меньшими размерами капиллярных пор.

Как показали исследования, что введение дисперсных частиц минеральных добавок, имеющих размеры 1...20 мкм, уменьшает пористость бетонной смеси, снижая потребность в воде. Прочность таких бетонов в возрасте 28 суток достигает 150-180 МПа, а в возрасте одних суток 70-100 МПа, морозостойкость - 800-1100 циклов. Конструкции из высококачественного железобетона имеют предполагаемый срок службы до 500 лет

Высокая прочность, коррозионная стойкость, водонепроницаемость позволили реализовать такие строительные проекты как мост через пролив Акаши в Японии с центральным пролетом в 1990 м, тоннель под Ля Маншем, 110-этажный небоскреб высотой 443 м в Чикаго, а также Курловский тоннель Третьего транспортного кольца в Москве.

## Трещиностойкость железобетонных элементов с применением современных высокопрочных материалов

Яковлев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Задачи исследования трещиностойкости железобетонных элементов с применением современных высокопрочных материалов, используя диаграмму Берга, проанализировать ширину раскрытия и характер развития трещины, определить нижнюю и верхнюю границу микротрещинообразования.

Ширина раскрытия трещин зависит от двух основных факторов: расстояние между трещинами и деформации по нормали к трещине. Сначала образуется трещина по одной из площадок, на которой бетон по какой-либо причине является ослабленным. Затем образуется смежная трещина, далее разрушение происходит более интенсивно.

Выполнено объемное моделирование железобетонного армированного элемента, с использованием многофункционального программного расчетного комплекса.

Выполнены теоретические расчеты. В расчетах была принята арматура класса АIII ( $R_b = 365,0$  МПа), обычный бетон - класса В30 ( $R_b = 15,5$  МПа), В60 ( $R_b = 30,0$  МПа), высокопрочный бетон - класса В80 ( $R_b = 40,0$  МПа), В100 ( $R_b = 50,0$  МПа).

Расчетная длина колонны принята  $l_p = 5,0$  м. Сечение рассматриваемого элемента  $500 \times 500$  мм.

С помощью объемной модели было выполнено нагружение и замоделировано образование трещины в железобетонном элементе. Исследован характер развития трещины, величина раскрытия, выявлены места концентрации напряжений, определены величины нижней и верхней границы микротрещинообразования.

Подтверждена характерная криволинейность диаграммы Берга. Построены зависимости с использованием величины нижней и верхней границы микротрещинообразования, которые показали, что при использовании высокопрочного бетона границы микротрещинообразования железобетонных элементов уменьшаются.

В настоящее время существует значительное количество современных высокопрочных материалов. Использование данных материалов приведет к уменьшению параметров трещинообразования, что способствует увеличению долговечности железобетонных элементов и строительного комплекса в целом.

**Строительство моста методом надвигки**

Пастушков Г.П., Булис В.Д.

Белорусский национальный технический университет

Для современных условий все большее распространение получают сталежелезобетонные пролетные строения, для которых характерно сочетание стальной конструкции с монолитной плитой проезжей части.

Мостовые сооружения из сталежелезобетона целесообразно сооружать методом продольной надвигки, который обычно применяют при пролетах от 40 до 100 м.

Надвигка разрезных и неразрезных пролетных строений возможна только при их постоянной высоте с использованием или без использования промежуточных опор. При продольной надвигке конструкции собираются на насыпи подхода к мосту из отдельных коротких блоков и выдвигаются в проектное положение системой лебедок или толкающими домкратными установками. Для уменьшения вылета консоли к головной части надвигаемой конструкции закрепляют стальной аванбек, длину которого принимают не более 0,6-0,8 длины пролета.

При достаточной глубине воды целесообразно накатывать пролетное строение, поддерживая передний край консоли плавучей опорой.

При всех разновидностях метода надвигки работа пролетного строения на стадии монтажа и эксплуатации значительно отличается.

Следует стремиться к тому, чтобы сечения стальных элементов назначались из расчета в стадии эксплуатации, а если сечения в корне консоли или в месте сопряжения пролетного строения с аванбеком оказываются недостаточно прочными, то в стадии монтажа устанавливаются временные устройства, обеспечивающие необходимую прочность и устойчивость пролетного строения.

Постановка специальных монтажных шпренгелей позволяют уменьшить расход дорогостоящей стали, хотя и усложняет конструкцию во время монтажа. Важную роль при сооружении моста играет учет изменения напряженно-деформированного состояния при различных воздействиях.

Использование в расчете диаграмм деформирования, связывающих напряжения и деформации материалов в процессе нагружения, позволяет приблизить расчетные модели к действительной физической работе элементов.

Впервые в практике строительства в Республике Беларусь была применена продольная надвигка стальных конструкций сталежелезобетонного неразрезного пролетного строения без промежуточных опор при главном пролете 126 м.

## Коррозия бетона

Грачёв М.Л. Максименко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Строительные конструкции и сооружения, в том числе и подземные, в процессе эксплуатации часто подвергаются воздействию агрессивных сред.

При этом происходит преждевременное их разрушение, называемое коррозией.

Растёт общее загрязнение атмосферы, значительная доля выбросов приходится на сернистый газ, окись углерода, окись азота, так же необходимо учитывать электрокоррозию и биологическую коррозию, которые активно воздействуют на конструкции метрополитенов и других сооружений, а так же разрушения связанные с температурными режимами сооружений, в частности циклы замораживания-оттаивания.

Коррозия наносит огромный экономический ущерб, к примеру, в строительстве средства, затрачиваемые на ремонт и обслуживание мостовой конструкции, зачастую превышают средства, затраченные на само строительство, и вместо 50 лет мост служит 18-25 лет.

В химической промышленности эти затраты ещё больше.

Известно, что ежегодные потери металла от коррозии арматуры превышают 1,5 млн. тонн, нетрудно посчитать убытки.

Легче предупредить коррозию, чем бороться с ней в процессе эксплуатации, защитные меры следует вводить в процессе проектирования и строительства.

Из всего вышеперечисленного следует сделать выводы, что основной задачей в современном строительстве является обеспечение долговечности сооружений, а сделать это можно только создавая новые, более совершенные методы защиты от различных видов коррозии, что повлияет на сроки службы и затраты на эксплуатацию, и принесёт должный экономический эффект.

Эта задача актуальна для всех типов конструкций.

# **Строительные и дорожные машины**

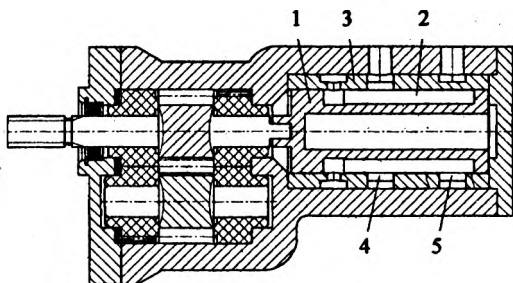
## Создание многопоточных насосных агрегатов

Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

Мобильные технологические машины характеризуется наличием единого силового агрегата, и ряда гидравлических приводов ходового и рабочего оборудования. Компании – производители гидроаппаратуры разрабатывают технические решения, позволяющие осуществлять деление потока мощности по контурам различных потребителей. Данные разработки проводятся в направлении создания многонасосных агрегатов, связанных общим приводом, тандемирования гидромашин с разнообразной конфигурацией.

Одним из возможных направлений создания многопоточных насосных агрегатов могут быть решения, предполагающие объединение насоса и дискретного гидрораспределителя в едином агрегате. При реализации шестеренной гидромашин насос и дискретный гидрораспределитель могут быть выполнены в одном корпусе (рис. 1), либо, дискретный гидрораспределитель может быть съемным.



1 – ротор; 2 – продольный паз; 3 – распределительная втулка; 4, 5 – отводящий канал

Рисунок 1 – Шестеренная гидромашина

При работе шестеренного насоса рабочая жидкость поступает в полость продольных пазов 2 ротора 1, и далее, периодически через отводящие каналы 4, 5 распределительной втулки – в напорные магистрали потребителей.

Дискретный гидрораспределитель позволяет создавать образцы гидромашин с различным числом потоков и параметрами подачи рабочей жидкости по магистралям потребителей. Дискретным гидрораспределителем может быть оснащена базовая гидромашин, позволяющая создавать многопорный привод заданной конфигурации.



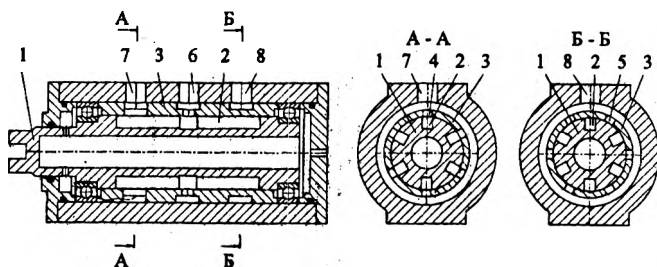
## Стендовые испытания двухпоточного агрегата дозирования

Котлобай А.Я., Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

Формирование структуры гидравлических приводов ходового и технологического оборудования многофункциональных машин большой единичной мощности возможно с использованием агрегатов дозирования обеспечивающих объемное деление потока рабочей жидкости насоса. Судан и проходит стендовые испытания агрегат дозирования дискретного действия.

Ротор 1 (рис. 1) приводится во вращение электродвигателем с заданной частотой вращения. Рабочая жидкость через канал 6 поступает в полость продольных пазов 2, откуда, периодически, через каналы 4, 5 распределительной втулки 3 – в магистрали потребителей, подключенные к каналам 7, 8 корпуса.



1 – ротор; 2 – продольный паз; 3 – распределительная втулка; 4, 5 – канал; 6 – подводящий канал; 7, 8 – отводящий канал

Рисунок 1 – Агрегат дозирования

Для снижения динамичности работы в напорных магистралях установлены гидропневматические аккумуляторы.

Испытания проводятся при различной частоте вращения ротора 1 агрегата дозирования, и подаче рабочей жидкости насоса. Нагрузка в магистралях подключения потребителей создается дросселированием каналов. На первой стадии экспериментальных исследований в обеих магистралях создается одинаковая нагрузка. На второй стадии исследуется работа агрегата дозирования при различной нагрузке в магистралях потребителей.

В процессе испытаний определяются параметры потоков рабочей жидкости, поступающей от насоса гидросистемы стенда в подводящий канал 6, и через отводящие каналы 7, 8 – в магистрали потребителей. Оценивается неравномерность подачи жидкости по магистралям потребителей.

### Кантователь труб

Кобыренков В.М.\*, Шавель А.А.

ЗАО «Белспецэнерго»\*,

Белорусский национальный технический университет

При ремонте существующих или монтаже новых металлических дымовых труб тепловых энергетических объектов возникает необходимость перевода металлических труб, из которых составляется дымовая труба, с горизонтального положения в вертикальное и дальнейшего их подъема. В зависимости от мощности энергетических объектов эти трубы имеют диаметры 1200-2500 мм, длину 12...12,5 м и массу около 13 т. По концам таких труб на расстоянии около 100 мм от торцов приваривают фланцы, через отверстия в которых проходят соединительные болты. При зачаливании трубы с ее торца и дальнейшем подъеме противоположный торец трубы под действием силы тяжести деформируется, что затрудняет дальнейшую сборку секций дымовой трубы.

Белорусский национальный технический университет совместно с ЗАО «Белспецэнерго» разработал кантователь труб, который предназначен для перевода металлических труб с горизонтального положения в вертикальное с сохранением геометрической формы концов труб.

Кантователь включает в себя основную и вспомогательную траверсы, захваты и цапфы. Основная траверса сварной конструкции состоит из двух продольных швеллеров, между которыми по концам установлены два блока. По середине траверсы приварена площадка, к которой перпендикулярно продольной оси болтами крепится вспомогательная траверса. Основная траверса имеет навесное устройство, при помощи которого она навешивается на крюк грузоподъемного крана. Вспомогательная траверса выполнена по аналогии с основной траверсой. К поднимаемой трубе снаружи со смещением от центра тяжести трубы, в одной диаметральной плоскости привариваются две цапфы. На цапфы с возможностью свободного вращения на них одеваются захваты. Захваты, в виде пластин с отверстиями, крепятся на концах каната, огибающего блоки основной траверсы. К фланцу трубы наиболее удаленному от цапф в плоскости перпендикулярной оси цапф приварено ребро, в отверстие которого входит крюк вспомогательной лебедки, канат которой охватывает блоки вспомогательной траверсы. При выводе с горизонтального положения в вертикальное труба находится в подвешенном состоянии. Под действием собственного веса, из-за смещения центра тяжести трубы относительно оси подвеса, при натяжении каната вспомогательной лебедки труба на цапфах проворачивается в захватах и выводится в вертикальное положение.

## Подвесная тележка

Шавель А.А.

Белорусский национальный технический университет

Для ограничения сближения мостовых и консольных кранов, работающих на одном крановом пути, краны снабжаются взаимными ограничениями хода механизмов передвижения, включающих концевые выключатели и выключающие линейки. Конструкция и размеры выключающей линейки должны соответствовать типу и места положению концевого выключателя механизма передвижения крана.

Для крепления рельсов подвесных путей, проходящих внутри зданий, обычно используют несущие части перекрытий и покрытий зданий, но как устройство дополнительных стоек для поддержания подвесных путей лишает их главного преимущества – освобождения площади пола обслуживаемых помещений для производственных нужд. Двухтавровый рельс при помощи жесткого болтового соединения крепится, при стесненных вертикальных габаритах, к железобетонным или металлическим балкам несущих частей зданий. При недостаточной несущей способности перекрытий зданий краны работающие на рельсах подвесных путей не могут сближаться ближе определенного расчетного расстояния, которое может достигать 3-4 метра. По этой причине требуется установка на краны соответствующих длинных выключающих линеек. Выключающие линейки крепятся к элементам металлоконструкции кранов консольно. Для обеспечения гарантированного наезда на концевые выключатели механизмов передвижения соседних кранов, выключающие линейки должны быть жесткими, что может быть достигнуто за счет увеличения размеров их поперечных сечений. Такие линейки массивные, что является их недостатком, и создают дополнительную нагрузку на краны. В Белорусском национальном техническом университете разработана подвесная тележка, представляющая собой балку в виде трубы с четырьмя роликоопорами от электрической грузоподъемностью 0,5 т, которая подвешивается на крановый путь и свободно перекатывается между соседними кранами. По торцам балки установлены пружинные буферные устройства и короткие выключающие линейки, которые воздействуют на концевые выключатели механизмов передвижения кранов. Длина балки выбирается конструктивно в зависимости от величины допустимого сближения кранов. Концевые выключатели кранов срабатывают при одновременном наезде буферных устройств подвесной тележки на упоры кранов, обеспечивая надежное отключение механизмов передвижения. Подвесная тележка снабжена опорными деталями на случай поломки роликоопор.

## О необходимости реконструкции грузоподъемных кранов

Гарост М.М.

Белорусский национальный технический университет

В связи с тем, что в эксплуатации находится большое количество поврежденных грузоподъемных кранов (ГПК), а также из-за высокой стоимостью изготовления новых кранов работа по обновлению парка в сложившихся условиях должна идти, главным образом, по пути оценки их действительного состояния и реконструкции на новой технической основе.

Основные тенденции в современном краностроении - повышение надежности и обеспечение безопасной эксплуатации ГПК. Эти проблемы решаются путем применения новых конструктивных решений, современных материалов, в том числе сталей повышенной прочности, прогрессивных систем управления.

Во многих случаях при решении вопроса о реконструкции крана основная проблема – электрооборудование. Большинство крановых электроприводов, выполненных на основе асинхронных двигателей с фазным ротором, имеют ряд существенных недостатков. Более прогрессивно с точки зрения управления применение тиристорных преобразователей, которые широко используются в мировой практике на башенных и мостовых кранах. Хотя это и создает определенные трудности. Один из недостатков такого привода – искажение тиристорными преобразователями питающей сети.

Наиболее оптимальным вариантом реконструкции является использование частотно-регулируемого асинхронного электропривода. При реконструкции электроприводов ГПК могут использоваться преобразователи частоты французской компанией Schneider Electric. Наиболее современными являются преобразователи серии Altivar 71. Преобразователи этой серии обеспечивают простое и быстрое программирование при помощи макрофункций, соответствующих различным видам применения. Диапазон регулирования скорости может достигать 100:1. Для большинства кранов мостового типа максимально допустимый диапазон не превышает 20:1. Функция подъема с повышенной скоростью необходима для кранов с большой высотой подъема (башенные и некоторые мостовые краны). Максимальная скорость подъема и опускания определяется автоматически в зависимости от массы груза. При этом легкие грузы и пустой крюк перемещаются с большей скоростью, чем грузы близкие к номинальному.

## Совершенствование технологии восстановления крановых колес

Гарост М.М., Гарост А.М.

Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации крановых колес поверхности катания и внутренние поверхности реборд, работающие в условиях ударных нагрузок и истирания, быстро изнашиваются. Для продления срока службы колес изношенные рабочие поверхности восстанавливают наплавкой. После наплавки колесо обрабатывается на номинальные размеры и подвергается термообработке (сорбитизации).

Прерывистая закалка с отпуском (сорбитизация) позволяют получить закаленный слой большой толщины (50...70 мм) с постепенным плавным изменением твердости металла в глубь колеса. Твердость рабочих поверхностей находится в пределах 320...400 НВ. По требованиям ГОСТ 28648 твердость поверхности катания и реборд должна быть от 320 до 390 НВ. Для наплавки крановых колес в основном применяли проволоки ПП-30ХГСА и Св-18ХГС, обеспечивающие твердость материала наплавленной поверхности 260 НВ. Известна наплавка колес порошковой проволокой ПП-30Х10Г10, повышающая износостойкость до 10 раз.

Недостаток проволоки ПП-30Х10Г10 заключается в том, что она многократно замедляет не только изнашивание, но и процесс механической обработки резанием наплавленного слоя. По этой причине уменьшают площадь наплавленного слоя, нанося его только на верхнюю часть реборд. Наплавка крановых колес порошковой проволокой ПП-30Х10Г10 не нашла широкого применения. Значительное повышение твердости и износостойкости колес достигается применением проволоки ПП-АН120 (18Х1Г1М). Твердость наплавленного слоя (280 – 380 НВ) увеличивается до твердости материала сорбитизированного колеса. Однако наплавка этой проволокой часто сопровождается поробообразованием, особенно при наплавке реборд, и требуется термообработка после наплавки для предотвращения образования трещин. В результате наплавки крановых колес проволокой ПП-АН120 также не нашла широкого применения.

На ФГУТ «ПО Уралвагонзавод», г. Нижний Тагил (Россия) исследовали наплавочную проволоку Нп-18Х2Г2, увеличивающую твердость наплавленного металла до твердости сорбитизированного колеса. Износостойкость крановых колес, наплавленных проволокой Нп-18Х2Г2, при испытаниях на трение почти в 2 раза выше, чем наплавленных проволокой Нп-30ХГСА, и в 10 раз выше износостойкости сорбитизированной стали 65Г.

**Дэфармаванне разгортак для атрымання рэзальна-транспартавальных шнэкаў**

Скарабагаты У.А.

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт

З пабудовай разгортак вінтавых паверхняў прыходзіцца мець справу пры вырабе шнэкаў, вінтавых транспарціраў, лопасцей вінталятараў і т.п. Выкраіўшы з ліста патрабуемую колькасць аддзелных вітоў, можна ўтварыць з іх вінтавую паверхню, расцягнуўшы кожны віток на неабходную велічыню шага. Спосабы злучэння і далучэння вітоў да цыліндра залежаць ад прынятай тэхналогіі. Прыбліжаная разгортка аднаго вітка вінтавой паверхні кальцавага вінтавага каноіда (шнэка) уяўляе сабой частку плоскага кальца, заключанага паміж двума канцэнтрычнымі дугамі. Даўжыня большай дугі раўна даўжыні аднаго вітка знешняй вінтавой лініі, даўжыня меншай дугі раўна даўжыні вітка ўнутранай вінтавой лініі. радыусы і вугал выразу могуць быць вызначаны аналітычна або графічна.

Для вызначэння перамяшчэнняў разгорткі пры дэфармацыі на

велічыню шага на падставе [2] можам запісаць 
$$S = \lambda = \frac{P\pi D^3}{4GI_k}$$

дзе  $GI_k$  – жорсткасць вітка пры кручэнні;

$D$  – сярэдні дыяметр вітка;

$P$  – восевая сіла неабходная для дэфармацыі вітка.

Для вітка прамавугольнага сячэння  $I_k = I_p = \beta b^3 a$  ;  $S = \frac{P\pi D^3}{4G\beta b^3 a}$  ,

дзе  $a$  – вышыня прамавугольнага сячэння разгорткі, роўная рознасці радыусаў ( $R-r$ );

$b$  – таўшчыня сячэння ліца разгорткі.

Пры расцяжэнні вітка ён працуе ў асноўным на кручэнне

$$\tau_{\max} = \frac{M_k}{W_k} = \frac{PD}{2\omega_k} = \frac{PD}{2\alpha b^2 a}$$

і для выпадка прамавугольнага сячэння вітка.

Падставіўшы прэзел цякучасці сталі Ст. 3 – 5 з атрыманага выражэння падлічваем сілу дэфармацыі разгорткі  $P$ .

1. Технические развертки изделий из листового материала / Н.Н. Высоцкая [и др.]; . – 2-е изд. доп. и перераб. – Ленинград: Машиностроение, 1968. – 171 с. 2. Феодосьев, В.И. Соппротивление материалов / В.И. Феодосьев. – 4-е изд. – М: Наука, 1986. – 512 с.

**Применение средств автоматизации**

Антоневич А.И.

Белорусский национальный технический университет

Пользователи средств автоматизации предъявляют все более высокие требования к гибкости и адаптируемости систем управления. Данное требование исходит в первую очередь из потребности снизить затраты во всех областях автоматизации. Правильно запроектированная система управления приводит к уменьшению требований по инженерной деятельности, облегчает эксплуатацию и ремонт оборудования. Такой подход, естественно, предполагает соблюдение высоких требований надежности, простоты обслуживания и несложного сервисного обслуживания.

Один из наиболее значимых элементов, которые содействуют простоте и удобству внедрения средств автоматизации – это программное обеспечение, прикладные программы. Главную роль в данном процессе играет стандартизация в соответствии с ИЕС 61131-3. При разработке новых решений важно выполнять требование по совместимости с действующими средствами автоматизации. Принципиально важно сохранение единого подхода к программированию, управлению и техническому обслуживанию. На существующем этапе развития средств автоматизации пользователь имеет возможность приложения приобретенных ранее знаний и опыта при внедрении самых современных автоматов. Современное программное обеспечение предоставляет выбор из пяти разных стандартизованных наборов записи программ. Любой пользователь быстро найдет для себя набор записи программы, который наилучшим образом соответствует его предыдущему опыту и требованиям по простоте и наглядности. В распоряжении пользователя имеется также и расширенная система справки. Прямо в программном обеспечении можно провести визуализацию переменных и тем самым упростить формирование прикладных программ, налажку и запуск технологии в работу.

При выборе средств автоматизации в зависимости от задачи также следует правильно выбрать центральный процессор, модули ввода – вывода, панель оператора и т.д. Использование концепции комплексной интегрированной автоматизации позволяет создавать системы автоматического управления любого назначения и любой сложности на основе стандартных компонентов. Это становится возможным благодаря унификации систем управления данными, унификации проектирования, унификации программирования, а также унификации коммуникаций. Данной концепция автоматизации является новым путем решения задач автоматизации.

**Выбор комплектов машин для заготовки топливной щепы  
из удаляемой нежелательной растительности с объектов  
строительного комплекса**

Вавилов А.В., Пашковский М.Н., Соколовский Ю.В.  
Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь действует целый ряд программ направленных на использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Одним из их видов является древесное топливо, которое можно получать из древесных отходов, образующихся в строительном комплексе и коммунальном хозяйстве, путем переработки их в топливную щепу.

Для эффективной заготовки топливной щепы требуются современные технические средства и их комплекты, а также методика для их выбора.

Методика выбора оптимального комплекта машин включает в себя ряд последовательных шагов, позволяющих выбрать эффективные комплекты машин: анализ объекта строительства, выбор вариантов механизации, определение технико-экономических показателей технических средств, определение потребности в технических средствах по рассматриваемым вариантам, выбор оптимального комплекта машин.

Анализ объекта строительства позволяет определить вид, объем и параметры древесного сырья, его возможных поставщиков, условия и расстояния поставки древесного топлива.

Выбор вариантов механизации служит для определения возможных к применению комплектов машин с учетом среды и условий работы, а также возможных и возможных к применению технологических процессов заготовки древесного топлива.

Определение технико-экономических показателей технических средств выполняется для выявления взаимосвязей и количественных закономерностей в комплектах машин для последующего сравнения вариантов механизации по нескольким критериям.

На этапе определения потребности в технических средствах осуществляется решение транспортно-логистической задачи, с определением количества машин по рассматриваемым вариантам.

Выбор оптимального комплекта машин осуществляется на основании сравнения их технико-экономических показателей с учетом выбранного способа оптимизации.

Данная методика позволяет выбрать комплект машин для эффективной заготовки древесного топлива на объектах строительного комплекса.



## Исследование и выбор параметров роторных бетоносмесителей

Гирко М.Д.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее сложными вопросами при разработке роторного смесителя являются- определение сил лопасти и потребной мощности их вращения для выбора двигателя. Сила на лопасть и мощность подсчитываются методом интегрирования по переменному радиусу лопасти  $r$  от  $r_1$  до  $r_2$ :  $\alpha$

$$P = qh \ell_{\wedge} \cos \alpha, \text{ н}; N_{\text{дв}} = \frac{qh\ell Z\omega R_{\text{ср}}}{3}, \text{ вт},$$

где  $q = (2,5 \dots 7,5) \cdot 10^4 \text{ Па}$ - эффективное давление смеси;  $h$ -высота лопасти,  $M$ ;  $\ell = r_2 - r_1, m = \ell_{\wedge} \cos \alpha$ ;  $\ell_{\wedge}$  - фактическая длина лопасти,  $m$ ;  $\alpha$  - угол атаки;  $Z$ -число лопастей;  $\omega$  - угловая скорость;  $\frac{\text{рад}}{c}$ ;  $\eta$ -к.п.д.

средний радиус,  $m = \frac{r_1 + r_2}{2}$ .

По рекомендуемой средней скорости

$V_{\text{ср}} = 2,2 \dots 2,6$  м/с требуемая частота вращения

$$n = \frac{V_{\text{ср}}}{2\pi R_{\text{ср}}} = \frac{0,35 \dots 0,41}{R_{\text{ср}}}, \text{ об/с.}$$

Коэффициент эффективности  $\lambda = \frac{F_a V_{\text{ср}}}{V_c} = 0,5 \dots 0,6$  с.

Отсюда активная площадь лопастей

$F_a = (0,20 \dots 0,27) V_c, m^2$ ;  $V_c$  - объем разгрузки,  $m^3$ ;

$$V_c = \frac{\pi D^2 h_c}{4}.$$

$h_c$  - высота смеси;  $D$  - наружный диаметр чаши,  $m$  рекомендуется

$R_{\text{ср}} = d = 0,33D$ , где  $d$  - внутренний диаметр чаши,  $m$ .

## Пневмоконтейнерный транспорт сыпучих материалов по трассам трубопроводов

Савицкий В.П.

Белорусский национальный технический университет

Проектирование пневмоконтейнерных установок с целью получения оптимальных технико-экономических показателей связано с необходимостью более точного определения интервала движения контейнерных составов. Одной из составляющих этого интервала является время разгрузки емкости. В первую очередь, с учетом угла естественного откоса материала рассчитывается коэффициент подвижности транспортируемого груза. Далее находится давление слоя материала в капсуле с учетом его плотности и затем рассчитывается скорость истечения груза в зависимости от угла внутреннего трения перемещаемого материала.

Итогом является определение времени опорожнения контейнера, которое не должно быть больше времени поворота капсулы на разгрузочной станции. Апробация программы реализована для пневмоконтейнерной установки по перемещению щебня плотностью  $1,75 \text{ т/м}^3$ , для которого угол естественного откоса материала принят  $0,77$  радиан, угол внутреннего трения, -  $0,4$  радиана. Размеры контейнера назначены на основании существующих рекомендаций в зависимости от диаметра трубопровода,  $d_{\text{тр}}$ , а именно, - диаметр патрона  $d_{\text{к}} = 0,85 \cdot d_{\text{тр}}$ ; длина контейнера  $l_{\text{к}} = 2,8 \cdot d_{\text{тр}}$ .

С учетом коэффициента заполнения  $0,85$  находилась масса груза в контейнере.

На основании вышеизложенного получено, см. таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета времени разгрузки контейнера.

Диаметр трубопровода, м	Масса груза в контейнере, кг	Время разгрузки, с
0,4	150	0,73
0,5	295	0,81
0,6	510	0,89
0,7	810	0,95
1,22	3801	1,27

Приведенные данные необходимы для совершенствования программы оптимизации параметров пневмоконтейнерных установок, в которой, исходя из технического задания, включающего производительность, транспортируемый материал, характеристику трассы находится себестоимость грузопереработки.

## Повышение уровня автоматизации управления объемными гидроприводами строительных машин

Смоляк А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Создание автоматизированных систем управления гидроприводами строительных машин является одним из преимущественных направлений решения проблемы повышения производительности при рациональном использовании энергоресурсов, что является гарантом конкурентоспособности строительной техники Беларуси.

В течение рабочего цикла машины оператором осуществляется непрерывная сенсорно-вычислительная деятельность, связанная с определением положения рабочего органа, анализа ситуации и принятия решения о дальнейшей алгоритме движений элементов рабочего оборудования и машины в целом. Поэтому, наряду с конструктивными усовершенствованиями мобильных строительных машин необходимо самое пристальное внимание уделять повышению уровня автоматизации систем управления.

В вопросе усовершенствования автоматизации объемных гидроприводов строительных машин просматриваются следующие проблемные направления:

- разработка методики определения оптимальных схемотехнических решений автоматических систем управления на основе элементов гидроавтоматики, электроники и микропроцессорной техники;

- определение наиболее подходящих конструкций элементов гидроавтоматики с целью создания модульного типоразмерного ряда для применения в многоконтурных системах управления многофункциональных мобильных машин;

- определение рациональных сочетаний элементов гидроавтоматики и электроники в условиях высоких давлений при характерных нагрузочных режимах современных гидроприводов.

Для гидроприводов, работающих в условиях запыленности, переменных нагрузочных режимах и вибрации, необходимы разработка и отладка специализированного типоразмерного ряда элементов гидроавтоматики, обеспечивающих надежную работу строительной техники.

Эффективность повышения уровня автоматизации приводов мобильных машин может быть достигнута только при комплексном подходе к созданию и внедрению в производство соответствующего оборудования на базе элементов гидроавтоматики и цифровой микроэлектроники отечественных производителей и передовых зарубежных фирм.

**Исследование траектории движения потока воздуха в циклоне**

Новиков А.А., Новиков Д.П., Скоробогатый В.А.  
 Белорусский национальный технический университет

Устройство циклон используется в промышленности для очистки агрессивных и высокотемпературных газов и газовых смесей от взвешенных частиц под действием центробежной силы. Устройство предназначено для защиты от загрязнений атмосферного воздуха, технологической подготовки газов и извлечения из них ценных продуктов. Степень очистки в циклоне зависит от дисперсного состава частиц пыли в поступающем на очистку газе. Отделение частиц от попавшего в бункер газа происходит при перемене направления их движения на  $180^\circ$  под действием сил инерции. По мере движения данной части газа в сторону выхлопной трубы к ним присоединяются порции газа, не попавшего в бункер. Такое явление носит название эжекторного всасывания, что позволяет увеличить эффективность степени очистки на 20% - 30%.

В рассматриваемом устройстве движение потока частиц обуславливается винтовой поверхностью циклона и осуществляется за счет использования центробежной силы, развивающейся при вращательно-поступательном движении воздушного потока, которая прижимает частицы к стенке циклона. Такое движение можно описать законом Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + P = const.$$

Этот закон позволяет рассматривать поток как единую трубку тока, составленную из линий тока, проходящих через точки небольшого замкнутого контура. Касательные к линиям тока совпадают с направлением скоростей движения частиц, находящихся на этих линиях. Исходя из условия относительности частиц в трубке тока, имеется возможность вычислить линии тока, которые помогают определить положение любой точки вещества, движущегося по циклону в любой момент времени. Дифференциальные уравнения линии тока имеют вид:

$$\frac{dx}{P_1} = \frac{dy}{P_2} = \frac{dz}{P_3}$$

Сгущение линий тока прямо пропорционально площади живого сечения трубки тока. На основании этого было проведено исследование движения веществ, и составлена траектория движения потока воздуха в циклоне.

**Регистраторы параметров грузоподъемных кранов**

Передня Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Регистратор параметров представляет собой электронный прибор, способный принимать входящие в него сигналы от различных датчиков, обрабатывать их с помощью входящего в его состав микропроцессора по соответствующей программе и сохранять в памяти. Записанная информация может считываться с помощью специального устройства и переноситься на персональный компьютер.

Современные регистраторы информируют владельца о параметрах состояния крана в течение некоторого времени, определяет группу режима работы крана и выработанный краном ресурс. Первое необходимо заводу-изготовителю крана для выявления нарушений правил эксплуатации грузоподъемного крана, приведших к авариям или отказам каких-либо узлов и устройств крана, произошедших в гарантийный период его работы, а также надзорным органам для выявления и анализа причин этих аварий. По фактической группе режима работы и наработке крана предполагается оценка выработанного ресурса за срок эксплуатации крана и определение возможности его дальнейшей эксплуатации.

Кроме того, зарегистрированный прибором объем выполненной краном работы позволяет планировать регламентные работы по техническому обслуживанию и ремонту. Необходимость оснащения кранов регистраторами параметров их работы была определена Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

Регистратор параметров, как техническое устройство, является информационным прибором. Исходя из этого и следует устанавливать к нему требования. Основные из них – достоверность информации и ширина спектра информации. При большой погрешности регистратор параметров для владельца превращается в ненужную принадлежность крана, а сам регистратор как прибор – в свою противоположность – в дезинформатор.

Основным направлением в развитии регистраторов параметров следует считать повышение информативности и достоверности данных регистраторов параметров. Для повышения качественного уровня регистраторов параметров требуется проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Погрешность регистрируемых параметров должна нормироваться подобно тому, как нормируется ширина коридора срабатывания ограничителя грузовой моменты. Характеристика регистратора параметров приводится в паспорте, должна содержать сведения о достоверности регистрируемых величин.

## Причины аварий башенных кранов

Передня Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Грузоподъемные машины являются узловым звеном в цепи транспортных технологий современных производств. От их технического состояния зависит нормальное функционирование технологических процессов. По данным Госпромнадзора РБ большинство грузоподъемных кранов отработало нормативный срок службы. Как правило, аварии происходят на объектах с предельным сроком эксплуатации. В условиях старения подъемно-транспортных машин идет интенсификация производства, нагрузки на стареющее подъемно-транспортное оборудование возрастает.

Аварии башенных кранов в общем парке грузоподъемных кранов республики составляет наибольший процент. Подавляющее число аварий башенных кранов связано с падением. От других типов кранов их отличает конструкция, частая перебазировка с одного места работы на другое, удаленность от баз обслуживания.

Конструирование башенного крана требует достаточно сложных расчетов. В силу этого допускаются ошибки при проектировании. При производстве кранов тоже встречаются случаи нарушения технологических регламентов. В первую очередь это некачественная сварка, которая может вызвать трещины в процессе эксплуатации.

Большая высота башни и длина стрелы обуславливают значительную ветровую нагрузку, высокое расположение центра масс крана и поднимаемого груза и, как следствие, значительный опрокидывающий момент. Холодная кольцевая рама крана представляет собой относительно сложную конструкцию, требующую не только сложных расчетов, но и строгого выполнения технологических регламентов при изготовлении. Низкое качество кранового пути и монтажа крана также могут привести к аварии. Организационные недоработки пополняют аварийную статистику башенных кранов.

Несовершенство приборов и устройств безопасности, которыми оснащен кран, а также их неудовлетворительное состояние во многих случаях являются причиной аварий.

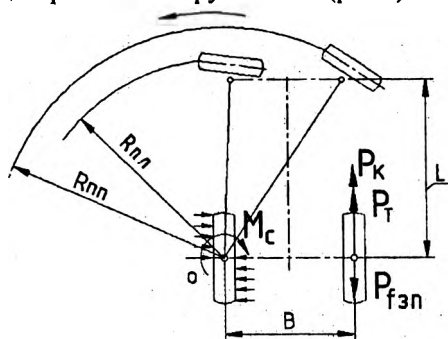
С учетом того, что большинство башенных кранов выработало нормативный срок службы на первый план безопасной эксплуатации выдвигается проблема качественного технического освидетельствования и диагностирования, технического обслуживания и ремонта.

## Определение момента сопротивления повороту колеса\*

Яцкевич В.В., Щербакова О.К.

Белорусский национальный технический университет

Минимизация радиуса поворота является актуальной проблемой, особенно в купе с уменьшением непроизводительных затрат времени на его осуществление. Одним из способов минимизации радиуса поворота является затормаживание одного из задних колес трактора. Одновременно передние управляемые колеса устанавливают в положение для движения по концентрическим окружностям (рис.1).



O – центр поворота;  
B – ширина колеи;  
L – продольная база

Рис. 1 – Кинематическая схема поворота трактора

Для определения момента сопротивления ( $M_c$ ), заторможенного колеса в процессе его разворота, проводились полевые испытания на определение крутящего момента штампа в виде сегмента колеса размером 11,2-20 с шириной профиля 284 мм и высотой 238мм на супесчаной почве. Штмпм ведущего колеса был залит внутри раствором бетона. Вес штампа составил 60 кг. На данный штамп прикладывалась нагрузка. В результате обработки данных получилась линейная зависимость (рис.2).

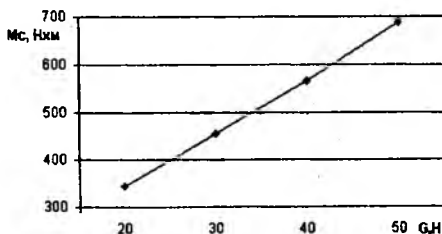


Рис.2 – График зависимости момента сопротивления  $M_c$  от нагрузки ( $G_H$ )

\* Работа проводилась под руководством канд. техн. наук Зеленого П.В.

**Повышение маневренности длиннобазовых колесных машин**

Яцкевич В.В., Зеленый П.В., Щербакова О.К.

Белорусский национальный технический университет

В дорожном строительстве широко используются длиннобазовые землеройно-транспортные машины – автогрейдеры. Их особенностью является расположение рабочего оборудования в межбазовом пространстве. Продольная колесная база грейдеров составляет 4700...6100 мм, что приводит к снижению их маневренных качеств. Для новых моделей тяжелых грейдеров эту проблему пытаются решить за счет шарнирно-сочлененной схемы поворота, однако такому решению имеется альтернатива.

Конструкция автогрейдеров выполнена по трехосной схеме с передними управляемыми колесами. Кроме того, привод задних мостов не содержит дифференциальных механизмов. Такой блокированный привод повышает их тягово-сцепные качества и устойчивость прямолинейного движения, но снижает показатели поворачиваемости. В результате этих конструктивных особенностей радиус поворота грейдеров достигает 11...18 м, а время поворота до 60...90 с. Это является недостатком конструкции автогрейдера.

Для минимизации радиуса поворота и времени на разворот в конце рабочего участка предложено балансиры связать с основной рамой гидроцилиндрами двухстороннего действия, управляемыми золотниковым четырехходовым распределительным устройством, имеющим два рабочих, нейтральное и плавающее положения.

При движении грейдера с тяговой нагрузкой на прямолинейной траектории золотниковый распределитель установлен в плавающем положении. Под влиянием неровностей дороги ведущие колеса колируют рельеф местности, поршень гидроцилиндра не препятствует их перемещению. Балансирное крепление обеспечивает равенство нагрузок на колеса средней и задней оси.

При развороте с минимальным радиусом для движения в обратном направлении золотник распределителя устанавливаются в рабочее положение «подъем». При этом поршень гидроцилиндра перемещается вверх, а его шток, шарнирно связанный с корпусом балансира, поворачивает последний относительно оси его качания до упора или же до заданного положения обеспечивающего вывода колес задней оси из контакта с опорной поверхностью. Это приводит к уменьшению продольной базы примерно на  $\frac{1}{2}$  длины балансирной тележки, а следовательно, к уменьшению радиуса поворота.



# **Организация дорожного движения и перевозок пассажира и грузов**

УДК 656

## Проблематика исследования реальных логистических систем города

Алпеева А.В.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

В настоящее время проблема городских грузовых перевозок становится во главу угла по таким объективным причинам, как перегруженность транспортных сетей, в частности грузовым транспортом с одной стороны, и неадекватность распределения грузовых потоков – с другой. Характерными признаками современной экономики развитых стран является создание глобальных, региональных, государственных, корпоративных (торговых, транспортных, дистрибьюторских, телекоммуникативных) и других логистических систем.

Для организации более эффективного транспортного обслуживания предлагается проводить исследование реальных систем города: изучать по плану структуру улично-дорожной сети, тип логистических систем, для каждой логистической системы выявить характер размещения промышленных предприятий, железнодорожных и автомобильных грузовых станций, баз торговой и снабженческой сети, мест и районов массового жилищного и культурно-бытового строительства и т.п. Одновременно с этим анализировать улично-дорожную сеть с точки зрения выбора наиболее рациональных направлений для движения грузового транспорта, обслуживающий одну из логистических систем города, а также устанавливать возможное совмещение с движением грузового транспорта, который обслуживает другую логистическую систему в том же городе.

УДК 656.13

## Выбор стран заправки транспортных средств топливом при международных автомобильных перевозках

Седюкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Оптимальное количество заправляемого топлива в каждой из стран (в регионах стран)  $V_{зп, i}$ , с различными ценами на топливо предлагается производить на основе следующих исходных данных:

число стран (регионов)  $n$ , по территории которых последовательно приходит маршрут перевозки;

объем топливного бака (баков)  $V_6$  автомобильного транспортного средства в литрах;

минимально допустимый объем  $V_{\text{бмин}}$  топлива в баке (баках) в литрах, остаток топлива в баке (баках)  $V_{\text{ост}}$  в начале работы на маршруте; по каждой  $i$ -й стране (региону) расход топлива  $V_{\text{рх}i}$  в литрах и цена топлива  $C_i$  в €/литр;

допускаемое количество топлива  $V_{\text{д},i+1}$ , которое может ввозиться без пошлинно из страны нахождения  $i$  в следующую страну  $i + 1$  на маршруте перевозки.

Задача оптимизации заправок имеет следующую постановку:

$$\text{целевая функция } Z = \sum_{i=1}^k C_i V_{\text{зп}i} = \min_{\{V_{\text{зп}i}\}};$$

$$\text{ограничения: } \sum_{i=1}^k V_{\text{зп}i} \geq \sum_{i=1}^k V_{\text{рх}i} + V_{\text{бмин}} - V_{\text{ост}};$$

$$\sum_{i=1}^k V_{\text{зп}i} \leq \sum_{i=1}^k V_{\text{рх}i} + V_{\text{д},k,k+1} - V_{\text{ост}}; \quad \sum_{i=1}^k V_{\text{зп}i} \leq \sum_{i=1}^k V_{\text{рх}i} + V_{\text{б}} - V_{\text{ост}};$$

$$V_{\text{зп}i} \geq 0; \quad k = \overline{1, n}.$$

Ограничения первого вида запрещают снижение остатка топлива в баках ниже допустимого минимума, второго – ввоз топлива в последующую страну в количестве сверх установленной нормы, третьего – переполнение топливного бака.

Поставленная задача является задачей линейного программирования и может быть решена симплекс-методом.

УДК 656

## Обзор существующих ограничений движения грузового транспорта

Бугаев Ю.В.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Несмотря на рост цен газосмазочных материалов, все больше растет количество автотранспорта в городе и особенно заметно увеличение грузового транспорта. Это связано с развитием рынка и логистикой. Повышение грузопотоков города сильно сказывается на транспорте в целом, так как грузовому автомобилю, доставляющему груз, необходимо остановиться для разгрузки, что не предусмотрено инфраструктурой города. Одной из основных проблем мегаполиса – это «пробки», которые могут полностью парализовать движение на дорогах. Такая ситуация сильно усложняет доставку груза потребителю и работу логистических или транспортных компаний. Данную проблему принято решать просто запретом на въезд грузового транспорта в центр города.

ного транспорта в центр города. Примером служит Франция, Россия, а также Украина и др. данное мероприятие приводит к тому, что появляется проблема доставки груза к потребителю. Для того чтобы решить данную проблему доставки можно осуществлять ночью или использовать малотоннажные машины. В данный момент каждая конкретная компания решает для себя сама, чем и когда возить груз. Самый массовый вид транспорта не может обойтись без госрегулирования, без действенной правовой базы, увязки своей работы с деятельностью логистических и распределительных центров. Одним словом, грузовые перевозки в рамках города требуют к себе внимания, которым они до сих пор обделены. Отсутствие организации и контроля за процессом перевозки грузов не дает ответа на следующие вопросы: Кто из владельцев грузовых автомобилей перевозит основные виды грузов – продукты питания (в т.ч. хлеба и молока), а кто возит многостепенные (техника, одежда и т.д.). Для конкретного изучения существующих противоречий организации дорожного движения грузового транспорта целесообразно дифференцировано проанализировать существующие способы организации дорожного движения с разбиением транспортного потока на составляющие.

УДК 656.11.021.2

### **Определение рациональной длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта**

Давидич Ю.А.

Харьковская национальная академия городского хозяйства  
Калужный М.В.

Донецкий институт автомобильного транспорта

При росте темпов жизни городского населения каждая минута экономии времени при пользовании городским транспортом приобретает особую ценность, так как затраты времени на переезды происходят по счет сокращения свободного времени пассажиров. Поэтому, чем больше времени экономит пассажир при пользовании транспортом, тем полнее и лучше будет выполнена задача, поставленная перед городским транспортом. Показателем, который наиболее обобщенно выражает интересы пассажиров, являются суммарные затраты времени на передвижение. Именно длина перегона существенным образом влияет на этот показатель. Оптимальное расстояние между остановочными пунктами должно выбираться с учетом различных факторов. С одной стороны, небольшие перегоны обеспечивают наименьшие затраты времени пассажиров на подход к остановочному пункту, с другой стороны, при таких перегонах скорость сообще-

ния снижается, а продолжительность самой поездки увеличивается. Оптимальная длина перегона, которая обеспечивает минимальные затраты времени на передвижение, находится в пределах 0,4–0,5 км. Целесообразные расстояния между остановочными пунктами выбирают после тщательного изучения пассажирооборота и реальных возможностей с учетом планирования уличной сети города и системы организации перевозок. Существующие методы оптимизации длины перегона определяют оптимальную длину перегона при учете следующих ограничений: техническая скорость, время стоянки городского пассажирского транспорта на остановочном пункте и интервал движения транспортных средств – постоянные величины. Однако более целесообразно определять длину перегона, обеспечивающую минимальные затраты времени пассажиров на передвижение, без учета этих ограничений.

УДК 656

### Диагностирование работы транспорта в логистической системе

Горяинов А.Н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Согласно мировым тенденциям в экономике, специализация на рынке товаров становится все более ярко выраженной. Производители постоянно в поиске новых видов товаров, что отражается на характеристиках материальных потоков в логистических системах. Также увеличивается количество потребителей продукции (количество жителей на Земле увеличивается). Все это приводит к еще большему усложнению самих логистических систем и, соответственно, усложняются процедуры управления такими системами. Одной из подсистем логистической системы является транспортная подсистема. Существующий подход к планированию и организации работы транспорта основывается на рассмотрении отдельно взятого транспортного предприятия либо же на рассмотрении территориально ограниченной системы с одним или несколькими видами транспорта. При этом недостаточно изученным остается вопрос интеграции такого подхода с логистическим подходом. Ситуация такова, что происходит наложение так называемых логистических систем и транспортных систем. Ввиду того, что логистическая система – это экономическая система (с позиций макроуровня) и объектом выступает поток (материальный), а транспортная система – это технико-технологическая система, и объектом, зачастую тоже выступает поток (транспортный), можно говорить о своего рода общем начале таких систем. Это становится более очевидным, если рассматривать логистическую систему с позиций среднего или микроуровня – как

технологическую и частично техническую системы. Осознавая сложность логистических систем – наличие различных подсистем, которые в свою очередь являются сложными системами, необходимо разрабатывать новые методы, которые позволили бы более эффективно оценивать состояние отдельных логистических систем. Также в будущем – как закономерный этап развития систем – потребуются ранжирование существующих логистических систем с последующим отбором тех или иных для оптимизации функционирования отдельных экономических регионов или определении перспектив развития таких регионов.

В качестве подхода к изучению работы транспорта в логистической системе перспективным видится подход, основанный на диагностических методах. Сейчас данные методы широко используются в технических и медицинских системах. Все больше начинают их использовать в экономических системах. Остаются недостаточно изученными диагностические методы при анализе транспортно-технологических систем, к которым можно отнести транспортную подсистему логистической системы. Изучение опыта использования диагностических методов в различных сферах деятельности человека (других системах) позволит синтезировать методы для решения проблем работы транспорта.

УДК 656.132.072

### **Проблемы перевозок пассажиров в центре города Луганска и возможные пути их решения**

Кравченко А.П., Боженко Д.В.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Дала

Пассажирский транспорт в крупных городах занимает особое место в силу того, что он обеспечивает жизнедеятельность и эффективность функционирования всей агломерации. Рост количества личных автомобилей и городского транспорта общего пользования привело к частому возникновению заторов на дорогах Луганска не только в часы «пик», но и в межпиковое время. Это в свою очередь приводит к росту количества вредных веществ в городской атмосфере и увеличения уровня шума. Особенно острой эта проблема сложилась для центральной части города, значительно перегруженной транспортом.

Для решения данной проблемы научными методами необходима разносторонняя и объективная информация (о потоках транспорта по видам и объёму, их распределение во времени), получаемая в результате комплексных обследований.

Обследования подобного рода неоднократно инициировались управлением транспорта и связи Луганска, но не были проведены должным образом из-за отсутствия утверждённой программы.

За основу такой программы предлагается принять, после тщательной обработки, результаты предшествующих обследований. Так, очевидно является необходимость развития вторичных центров; реформирование и расширение транспортной сети центра города; замена маршрутных такси (микроавтобусы осуществляют до 75 % перевозок, из-за этого на остановках выстраиваются очереди в два-три ряда) автобусами средней и большой вместимости, сохранив «маршрутки» лишь в качестве вспомогательного элемента транспортной системы. Для эффективного управления сложившейся ситуацией на маршрутах города необходим постоянный мониторинг пассажирских и транспортных потоков и скорейшая разработка и внедрение комплексной программы по совершенствованию системы пассажирского транспорта общего пользования города.

УДК 656.11

### Анализ аварийности в Луганской области

Кравченко А.П., Боженко Д.В.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Одними из основных показателей экономического потенциала и уровня благосостояния граждан в современных условиях являются данные о дорожно-транспортной аварийности и ее изменении во времени. Установлено, что чем больше рост относительных показателей ДТП, тем ниже уровень социальной защищенности и транспортной дисциплины населения. В текущем году на территории Луганской области зарегистрировано 2213 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибло 300 (2006 год – 259) и травмировано 2790 (2006 год – 2353) лиц. Эти показатели по сравнению с аналогичным периодом в прошлом году составляет рост на 17,8 %, по числу погибших – на 15,8 % и травмированных – на 18,6 % соответственно.

По категориям участников дорожного движения совершены ДТП по вине: водителей всех видов транспортных средств – 80,2 %; водителей предприятий, учреждений и организаций – 4,5 %; водителей автобусов всех форм собственности – 1,9 %; водителей индивидуального транспорта – 52,9 %; водителей мототранспорта – 11,0 %; велосипедистов – 2,0 %; пешеходов – 11,1 %; детей – 10,6 %.

Прогрессирующий рост ДТП предопределён стремительным ростом количества автотранспорта всех форм собственности; низким уровнем дорожной сети; недостаточным уровнем водительского мастерства; фактиче

ским отсутствием системы организационно-планировочных и инженерных мероприятий обеспечения безопасности дорожного движения и рядом других факторов.

Для решения отмеченных проблем требуется применение программно-информационного подхода, который позволит обеспечить использование научного потенциала во время планирования и реализации мероприятий в сфере обеспечения БД, а также реализации комплекса мероприятий профилактического характера, которые позволят снизить количество ДТП с гибелью и тяжёлыми травмами людей.

УДК 656

### **Параметры качества транспортного обслуживания потребителей и показатели качества грузовых перевозок**

Ольхова М.В.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Категория «качество» становится все более важной составляющей для потребителей различных услуг, в том числе транспортных. Все большее значение начинают приобретать вопросы повышения уровня транспортного обслуживания потребителей, которые в рыночных условиях хозяйствования тесно связаны с проблемой сервиса и качества предоставляемых услуг. За качественной составляющей в большей степени следят потребители услуг и в меньшей степени – производители. Это может приводить к дисбалансу отношений между потребителями и производителем услуг, в том числе транспортных.

К параметрам качества транспортного обслуживания потребителей относятся: время от выполнения заказа на доставку, цена доставки, надежность, гибкость системы обслуживания, доступность, информативность, комплексность.

Другой подход существует при оценивании качества транспортного обслуживания производителем, а именно: понятие «качество» почти не рассматривается в теории и мало представлено на практике. Транспортные предприятия в большинстве случаев оценивают свою деятельность по технико-эксплуатационным и экономическим показателям. В литературе достаточно широко представлены вопросы оценки эффективности транспортного процесса и практически не встречается оценка качества транспортного обслуживания. Показатели качества грузовых перевозок можно встретить лишь в ГОСТ Российской Федерации Р51005-96, которым рекомендуются следующие показатели качества: своевременность, экономичность, сохранность.



Поэтому актуальным является вопрос, касающийся качества транспортного обслуживания с позиции потребителя услуг, в данном случае – логистической системы, и с позиции производителя транспортных услуг, в данном случае – транспортного предприятия. Необходимо детально проанализировать показатели качества грузовых перевозок и параметры качества транспортного обслуживания потребителей, определить соответствие предложенных показателей качества грузовых перевозок требованиям, которые выдвигают потребители транспортных услуг (параметры качества транспортного обслуживания потребителей).

656:658

### **Учет дорожной составляющей при реализации логистических проектов в городе**

**Горяинов А.Н.**

**Харьковская национальная академия городского хозяйства**

Современный город представляет собой сложную субстанцию, в которой переплетенными оказываются различные системы – экономические, социальные, технические и др. Одним из подходов к рассмотрению таких совокупностей систем является геоинформационный подход, который позволяет разделять отдельные системы между собой, разбивая их на отдельные «слои». Использование такого подхода для решения задач в области логистики является интересным и перспективным направлением исследований.

Реализация большинства логистических проектов в городе производится на текущий момент без соответствующей серьезной проработки вопросов организации дорожного движения. И, наоборот, задачи, решаемые в сфере дорожного движения, очень редко учитывают потребности логистики в городе.

Современное использование городского транспорта позволяет констатировать, что основной упор в организации дорожного движения делается на автомобильный транспорт. Само название (организация дорожного движения) акцентирует на дороге, на движении по дороге. При этом все остальные аспекты остаются, как бы на втором плане (стоянки, организация движения электрического транспорта и др.). Независимо от территории города (за исключением отдельных моментов - ограничения движения грузового транспорта в отдельных частях города) подход к организации практически одинаковый. Хотя структура города разнородна по отдельным составляющим (центр города, спальня район, промышленная зона и т.п.)

Сейчас созданы ряд предпосылок для пересмотра существующего подхода к организации работы транспорта в городе. Во-первых, развитие рыночных отношений во все большей степени основывается на принципах логистики, что требует вовлечение большого количества факторов для принятия решения (в том числе факторов, которые учитывают дорожную составляющую города). Во-вторых, интенсивное развитие автомобильной промышленности приводит к постоянной трансформации характеристик отдельных транспортных средств, которые, в своей совокупности, изменяют характеристики транспортных потоков. Это требует постоянного пересмотра и корректировки решений в области организации дорожного движения. В-третьих, социальные и градостроительные изменения города вносят коррективы в изменения пассажирских и грузовых центров тяготения, что также отражается на загрузке магистралей города. В-четвертых, достаточно явно прослеживается тенденция поиска и перехода на принципиально новые виды энергии. Это требует разработки новых видов транспортных средств и соответствующей инфраструктуры.

Подытоживая, можно говорить о достаточно большом пласте новых исследований, которые необходимо проводить в сфере дорожного движения с позиций логистического подхода развития города. Данный подход в зарубежной литературе формируется как City Logistics. В рамках данного подхода и должны проводиться указанные исследования.

УДК 621.129

### **Моделирование процессов управления качеством технического регулирования в области автомобильного транспорта**

Рудзинский В.В.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

В Украине создана и действует система законодательных и нормативно-правовых актов, которые регламентируют деятельность автомобильного транспорта всех форм собственности. Однако, анализ особенностей организации автомобильных перевозок, где работает больше ста тысяч перевозчиков не государственной формы собственности, показал что законодательная база не определяет ряд важнейших правовых положений, которые касаются организации безопасного предоставления перевозчиками услуг, развития и усовершенствования автомобильного транспорта.

Реализация политики государственного регулирования в условиях формирования рынка транспортных услуг, наличия конкуренции между предприятиями, невозможно без внедрения системы управления качест-

вом. Законодательная инициатива указывает на то, что необходимо делать, а система качества – как делать.

Основы эффективных управленческих подходов можно сформулировать как – суверенитет потребителя; ориентация на сотрудников; нововведения; открытость и интеграция; сотрудничество; скорость и гибкость, поддержка в отношении наилучших характеристик.

Разработана система управления качеством, в основе которой лежат несколько моделей управления процессами. Процесс рассматривается как набор работ, которые составляют услугу. Модели учитывают особенности автотранспортных услуг, которые заключаются в том, что охватывают одновременно несколько функциональных подразделений и успех организации определяется эффективным управлением процессами, которые функционально пересекаются.

Внедрение моделей процессов, при реализации современных правовых норм, обеспечило улучшение безопасности перевозок, создание эффективных рыночных отношений на автомобильном транспорте, результативное обновление парка транспортных средств, развитие международных автомобильных перевозок пассажиров и грузов.

УДК 656.13.072:629.114.001.45

### **Повышение технологической конкурентоспособности проектов международных грузовых перевозок**

Хабутдинов Р.А., Гусев А.В., Хмелёв И.В.  
Национальный транспортный университет (г. Киев)

Современный этап развития рынка международных грузовых перевозок характеризуется, с одной стороны, ежегодным увеличением объёмов перевозок, а с другой – недостаточной конкурентоспособностью отечественных автоперевозчиков вследствие их низкой платежеспособности и высокой степени износа парка подвижного состава. В этих условиях, приоритетным направлением развития технологий перевозок должно быть обновление подвижного состава.

Кроме того, вследствие увеличения разнообразия конструкций автопоездов, а также подорожания технических и энергетических ресурсов, актуальным для автотранспорта является новационный подход к обоснованию проектов перевозок с точки зрения повышения их технологической конкурентоспособности, то есть соответствия конструктивных параметров автомобилей концепции энерго- и ресурсосбережения.

Для оценки технологического уровня перевозок разработана методика транспортно-технологического обоснования автопоездов в соответствии с

энергетической схемой преобразования ресурсов в транспортном процессе. Показателем технологического уровня перевозок является отношение выполненной транспортной работы к соответствующим энергозатратам (или затратам топлива). Критериями этого показателя являются показатели энергетической эффективности и результативности технологических воздействий автомобиля.

На основе теории энергоресурсной эффективности автомобиля предложены математические модели энергоэквивалентных показателей производительности и себестоимости перевозок, которые используются для оценки эффективности работы подвижного состава.

УДК 656.13.05

### **Система видеодетектирования и оптимального управления транспортным потоком в узлах дорожной сети города**

Шуть В.Н., Касьяник В.В.

Брестский государственный технический университет

Оптимальное управление транспортным потоком – ключевое направление улучшения функционирования дорожной сети государства. Оптимальное управление позволяет: сократить пробки в узлах дорожной сети; уменьшить транспортные расходы; согласовывать движение пешеходов и транспортных средств. Использование видеодетектирования для оптимального управления позволяет применять более точные методики реагирования на дорожную обстановку, проводить классификацию транспортных средств, осуществлять ведение статистики движения транспортных средств и пешеходов. Для решения задачи видеодетектирования и получения оптимального управления светофорным объектом существуют готовые разработки от крупнейших производителей дорожного оборудования, как Tupa & Waga. Однако такие системы являются дорогостоящими и сложными в эксплуатации разработками для конкретных задач. Они не имеют необходимой масштабируемости и универсальности. В Беларуси для управления дорожным движением используется контроллер собственной разработки «ДУМКА». Поэтому внедрение готовых решений иностранных производителей не является оптимальным решением. Разработка собственного модуля видеодетектирования максимально упростит внедрение и использование его в условиях белорусской дорожной сети.

Решение задачи видеодетектирования основывается на использовании цифровых видеокамер, закрепленных на перекрестке и связанных с модулем обработки и управления по информационному каналу. Использование различных алгоритмов распознавания объектов в модуле обработки позволяет анализировать как различные виды транспортных средств, так и пе-

шеходов. Основными итерациями для распознавания используются: порог движения; выделение области анализа движения; определение вектора движения. Анализируя полученные данные, модуль управления передаст оптимальные параметры управления светофорным объектом дорожному контроллеру. Видеоряд снимаемый камерой система сможет сохранять или передавать в центр управления движением для более глубокого анализа.

Развитие системы видеодетектирования автотранспортных средств и оптимального управления перекрестком заключается: в использовании камер высокого разрешения; применении видеодетектирования для контроля скоростного режима в окрестностях перекрестка; предупреждения аварийных ситуаций; распознавания машин специального назначения и обеспечения их беспрепятственного проезда.

УДК 656.13.05

### Создание моделей регулируемого перекрёстка на GPSS

Шуть В.Н., Анфилец С.В.

Брестский государственный технический университет

Прежде чем начать разработку, создание и внедрение любой дорожной системы, необходимо удостовериться в её необходимости. Для этого применяется моделирование. Моделирование производится для выявления свойств объектов, прогнозирования будущего состояния или поведения объекта, нахождение зависимостей между характеристиками и параметрами, определение оптимальных значений параметров объектов.

При построении модели на основе теории массового обслуживания перекрёсток можно представить как систему с четырьмя обслуживающими приборами и четырьмя потоками заявок.

Время задержки в обслуживающих устройствах зависит от длительностей фаз светофора, а также времени переходного процесса. Интенсивность потоков на дорогах меняются не только в течение суток, но и носят случайный характер в целом.

Но для того, чтобы наиболее точно и разработать модель можно ввести аналог дорожного контроллера: блок управления фазами. Таким образом, поступающие заявки в систему первым делом анализируют текущую фазу и в зависимости от неё либо ожидают в очереди, либо проходят далее в обслуживающее устройство. Именно в блоке управления фазами закладывается логика работы светофорного объекта. Если это жесткое регулирование, то задаётся количество фаз и их длительности. Если гибкое регулирование, то задаются основные параметры алгоритма. Возможна реализация смешанной схемы регулирования, когда гибкое управление охватывает не полное число направлений.

Имитация – наиболее мощный и универсальный метод исследования систем, поведение которых зависит от случайных факторов. Такая модель – это формальное описание логики функционирования исследуемого объекта, характера взаимодействия его элементов во времени, учитывающее существенные причинно-следственные связи объекта. Объект воспроизводится с максимальной адекватностью с сохранением состава и структуры элементов, внутренних процессов и характера их протекания во времени. Имитационные модели обычно реализуются в виде программ в терминах универсальных языков или языков моделирования.

Одним из языков имитационного моделирования, выбранного для разработки данной модели, является GPSS (General Purpose Simulation System). Он относится к числу проблемно-ориентированных языков моделирования, предназначенных для описания и имитации дискретных объектов. Все стандартные задачи имитационного моделирования автоматизированы (скрыты в интерпретаторе GPSS). Система включает входной язык для описания моделей и задания режимов моделирования и соответствующее программное обеспечение, обеспечивающее интерфейс, моделирование и статистическую обработку результатов. Кроме того, для реализации блока управления фазами использовался язык PLUS (Programming Language Under Simulation). Это простой, но мощный язык программирования, являющийся важной частью языка GPSS. Он даёт возможность использовать подпрограммы, написанные на специальном синтаксисе PLUS, в моделях и получить программисту контроль над выполнением моделирования, что делает язык ещё более гибким. Можно изменять параметры системы и выполнять некоторые блоки языка GPSS в глобальном контексте модели.

06:611:512

## **Транспортные проблемы белорусских городов**

**Борисик И.С.**

**УП «БелНИИПградостроительства»**

УП «БелНИИПградостроительства» за последние 4 года были разработаны «Схемы развития городского пассажирского транспорта и магистрально-уличной сети» для областных центров Республики. Работа выполнялась совместно со специалистами БНТУ. Большую помощь оказали специалисты ГАИ на местах. В составе этих работ были проведены комплексные натурные обследования, результаты которых дали большой материал для анализа состояния транспортной инфраструктуры городов. Состояние транспортной инфраструктуры населённых мест Республики Беларусь,

особенно крупных городов, на настоящем этапе можно охарактеризовать как предкризисное. На общем фоне скачкообразного роста парка легковых автомобилей за последние 15 лет основные элементы транспортной инфраструктуры, такие как улично-дорожная сеть, маршрутный пассажирский транспорт, практически не развивались. В последние 3-4 года намечались положительные тенденции в развитии транспортной инфраструктуры городов, однако темпы этих изменений недостаточно высоки, поэтому не позволяют делать оптимистический прогноз на ближайшую перспективу особенно на фоне резкого роста автомобилизации населения за последние 3 года. Здесь мы, честно, говоря ошиблись в прогнозах.

Основу транспортной системы населенных мест составляет улично-дорожная сеть города. При росте уровня автомобилизации населения за последние 15 лет в 3,0–3,5 раза и интенсивности движения по основным магистральным улицам в среднем в 2,4–3,0 раза, прирост протяженности магистральных улиц составил всего от 5 до 10 %.

Крайне низкие объемы дорожного строительства за этот период не позволили сформировать в городах, особенно больших и крупных, единую логически завершенную сеть магистральных улиц, способную обеспечить пропуск возросших потоков городского транспорта. Значительное отставание дорожного строительства в городах привело к возникновению транспортных заторов в «пиковые» часы на основных транспортных магистралях. Причем, надо отметить, что уровень автомобилизации в Республике в настоящее время в 2–2,5 раза ниже, чем в развитых европейских странах.

Ожидалось, что при достижения уровня автомобилизации порядка 220–240 единиц на 1000 жителей темпы роста должны снизиться, однако на последнем данным количество приобретаемых населением автомобилей за последние 3 года даже увеличилось. Следовательно, автомобилизация наших городов продолжает расти даже более высокими темпами. В этих условиях, без существенного увеличения объемов финансирования дорожного строительства транспортная сеть не сможет обеспечить пропуск транспортных потоков в городах уже в ближайшие 5–7 лет, что приведет к кризису транспортной системы. Особенно в тяжелом положении оказались центры больших и крупных городов. Отсутствие обходных магистралей привело к перегрузке улиц центров городов транзитными по отношению к ним транспортными потоками. По своим габаритам улицы центров, особенно в исторической части, больше соответствуют параметрам жилых улиц или магистралей низшей категории.

К сожалению, в большинстве случаев транспортную проблему центров городов пытаются решить путем реконструкции центральных улиц в месте возникновения транспортных заторов, что приводит к обратному эффекту,

## Мероприятия по комплексному развитию транспортной инфраструктуры городов

Борисик И.С.

УП «БелНИИПградостроительства»

Решение транспортных проблем центров городов требует комплексно-го подхода, который должен включать в себя: формирование мощных обходных магистралей с хорошими условиями движения, которые позволят отвлечь транспортные потоки из центральной части города; организация сети перехватывающих парковок на периферии центра, создание беспринципных пешеходных зон, совершенствование организации движения транспорта. Строительство обходных магистралей также существенно увеличит надежность транспортной сети города. Отсутствие в настоящее время дублирующих направлений у основных транспортных магистралей в случае возникновения кризисных ситуаций (аварии, ремонтные работы и т.д.) приводит в большинстве случаев к параличу движения городского транспорта.

Организация маршрутного пассажирского транспорта еще одна серьезная проблема. Ведь от уровня организации, комфорта поездок и регулярности движения зависит и уровень загрузки улиц. За период с 1990 года объем перевозок пассажиров в городах упал в среднем на 20 %. Численность подвижного состава снизилась в среднем на 20–30 %. Исключительно высока степень изношенности подвижного состава. Следует обратить серьезное внимание еще на один вид пассажирского транспорта – велосипедный. Многие страны, достигшие исключительно высокого уровня автомобилизации (400–600 автомобилей на 1000 жителей) активно развивают велосипедное движение. В отдельных странах доля велосипеда в пассажирских перевозках достигает до 20 %. В Беларуси до настоящего времени велодвижение не получило значительного развития. В транспортной сети городов и вдоль автодорог общего пользования практически отсутствует сеть велодорожек. Для развития велодвижения необходима большая работа по популяризации этого вида транспорта среди населения и особенно молодежи.

Резкий рост автомобилизации населения привел к большим проблемам в организации мест хранения автомобилей и размещении парковок для кратковременного отстоя автомобилей в жилых районах и в общественных центрах городов. Проблема состоит в том, что отчасти из-за градостроительных просчетов, а так же необоснованного уплотнения застройки в жилых районах выполненных в последнее время практически отсутствуют резервы территорий для размещения мест хранения автомобилей принад-



лежащих гражданам. Наиболее остро проблема размещения парковок стоит в центрах городов. Высокая плотность застройки и отсутствие свободных территорий для размещения парковок усугубляется в настоящее время бессистемным, часто без детального градостроительного анализа, размещением объектов общественного назначения большой вместимости. Без детального анализа и четкой политики в этом вопросе организация хранения и парковок автомобилей может стать неразрешимой проблемой.

Следующим важным шагом по реализации предложений «Схем развития городского пассажирского транспорта, магистрально-уличной сети» должна стать разработка целевой республиканской программы строительства первоочередных объектов магистрально-уличной сети в областных центрах Республики, как наиболее проблемных городах, с определением источников и объемов финансирования. Это предусмотрено «Основными направлениями государственной градостроительной политики Республики Беларусь на 2007–2010 годы», утвержденной Президентом Республики Беларусь. Дополнительно в составе программы необходимо выделить локальные мероприятия (расширение перекрестков, строительство карманов на остановочных пунктах, совершенствование систем регулирования дорожного движения).

УДК 656

### **Закономерность целостности транспортных систем**

Ларин О.Н., Смолин В.Н.

Южно-Уральский государственный университет

Целостность транспортной системы, с учетом сложного видового и многоуровневого состава ее структурных компонентов, обеспечивается как за счет организации взаимодействия видов транспорта, так и за счет согласованного функционирования подсистемных образований различных функциональных уровней.

Взаимодействие видов транспорта – это «механизм», посредством которого отдельные виды транспорта объединяются в систему для повышения общей эффективности транспортной деятельности за счет рационального использования их преимуществ. Методологические аспекты взаимодействия видов транспорта включают формы, уровни и параметры взаимодействия. Взаимодействие на экономическом уровне реализуется в двух формах: альтернативного замещения и взаимного дополнения. Сущность взаимодействия на технологическом уровне состоит в координации работы различных видов транспорта.

Целостность транспортной системы возрастает при четком разграничении и согласованном выполнении интеграционных функций транспор-

ными подсистемами федерального, регионального и местного уровней. Это позволяет говорить о научной концепции согласованного функционирования транспортных систем различных функциональных уровней. Основу концепции составляют следующие методологические принципы: функциональная структура транспортных систем должна быть ориентирована на обслуживание транспортных связей; объекты транспортных подсистем различных функциональных уровней должны быть функционально обособлены и интегрированы; ресурсы транспортных систем должны использоваться в соответствии с их функциональным назначением; конфигурация транспортных сетей не должна приводить к образованию транзитных функций.

УДК 656.2.08

### **Анализ аварийности в г. Гомеле**

Ходоскин Д.П.

Белорусский национальный технический университет

Для принятия оптимального решения по организации дорожного движения необходимо располагать полной и достоверной информацией, которая может быть получена только в результате соответствующих исследований. Был произведен сравнительный анализ аварийности по г. Гомелю за 2007-2008 годы по ДТП с пострадавшими. Основой данного анализа явились натурные исследования, а также разного рода документы и статистики ГАИ за этот период. Эта работа состоит из двух частей: определение наиболее аварийных участков г. Гомеля и анализ влияния причинно-следственных факторов ДТП 2008 года по сравнению с 2007 г.

Оценка качества дорожного движения за 2007-2008 годы по городу Гомелю производится по числу учетных аварий, то есть аварий с пострадавшими, которые составляют менее 7 % от общего числа аварий. Правда, потери от них составляют более 55 % от общих потерь по аварийности.

УДК 656.13:658

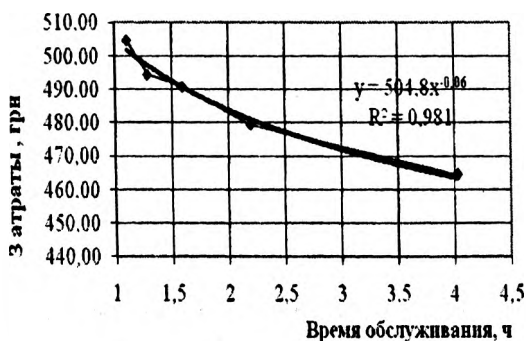
### **Влияние требований логистической системы на затраты транспортного предприятия при ее обслуживании**

Ольхова М.В.

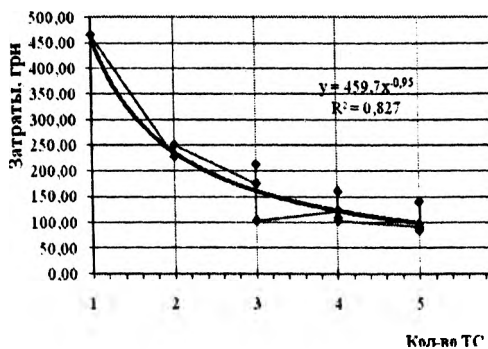
Харьковская национальная академия городского хозяйства

Логистическая система может выдвигать требования к транспортному обслуживанию по времени выполнения заявки, надежности, затратам на обслуживание и др. Транспортное предприятие, являясь участником логистической системы стремится выполнять ее требования. Рассмотрим тре-

бование логистической системы – время выполнения заявки. Заявка представляет собой один или несколько развозочных маршрутов. Для того чтобы выполнить требования логической системы, транспортному предприятию необходимо рассмотреть все возможные варианты выполнения данного требования, а именно: количество транспортных средств, тип и марка транспортных средств, необходимость прибегать к использованию наемных транспортных средств и др. Поэтому на первом этапе предварительного эксперимента было проанализирована взаимосвязь затрат логистической системы на транспортное обслуживание (рис. 1 а, б – ось ординат) и временем обслуживания транспортным предприятием (рис. 1 а – ось абсцисс), количеством транспортных средств (рис. 1 б – ось абсцисс).



а)



б)

Рисунок 1 – Результаты предварительного эксперимента влияния количества транспортных средств на затраты при транспортном обслуживании логистической системы

Время обслуживания состоит из времени подготовки и подачи транспортного средства, времени на нулевой пробег, времени движения на маршруте, времени, затрачиваемым на погрузку-разгрузку, времени на холостой пробег. Предварительный эксперимент проводился со следующими допущениями. Участниками логистической системы является производитель и потребители продукции. Заявка логистической системы на транспортное обслуживание состоит из одного развозочного маршрута. Маршрут имеет 17 пунктов заездов, с необходимым объемом груза 0,5 т в каждый. Расстояния между пунктами рассчитывались исходя из их географического расположения. Время обслуживания зависит от количества транспортных средств. Рассмотрено обслуживание 1, 2, 3, 4, 5 транспортными средствами соответственно с грузоподъемностью 1 т, 5 т, 2 т и 2×2,7 т, 2,7 т, 2,7 т.

Данные зависимости необходимо подтверждать проведением полного факторного эксперимента. Но уже предварительный эксперимент позволяет подтвердить гипотезу о существовании взаимосвязи между показателями качества транспортного обслуживания (в данном случае, временем) и затратами транспортного предприятия на обслуживание логистической системы. В дальнейшем планируется определить зависимости между показателями качества транспортного обслуживания логистической системы и технологией работы транспортного предприятия: технологией работы транспортных средств, технологией работы водителей, технологией работающих обеспечивающих подсистем.

V/ДК 368/656.13

### **Риск-менеджмент в страховании на транспорте**

Андреев А.Я.

Белорусский национальный технический университет

*Специальные риски* (имеют место, например, при перевозке особо ценных грузов); *технические риски* (аварии из-за выхода из строя машин и оборудования, сбой в технологии производства и пр.) и т.д. *Регистрация риска* – процесс его наблюдения и учета. Факторы, которыми она определяется для данной рискованности – *рисковые обстоятельства*. Они присущи данному объекту страхования и рассматриваются как компоненты или признаки риска. Любой риск можно рассматривать как совокупность рискованных обстоятельств. Выделяют объективные и субъективные рискованные обстоятельства.

*Объективные рискованные обстоятельства* отражают объективный подход к действительности и не зависят от воли и сознания людей. *Субъек-*

*тивные рисковые обстоятельства* отражают тип связи, игнорирующий объективный подход к действительности, и зависят от воли и сознания людей в процессе познания объективной реальности. Где велик субъективный риск для усиления предупредительной функции страхования используют франшизу. Одно или несколько рисковых обстоятельств приводят к реализации риска, т.е. влекут наступление *страхового случая*. Каждое явление имеет взаимообусловленные причинно-следственные связи. Действия по ограничению или минимизации риска – *управление риском (риск-менеджмент)*. Оно направлено на предупреждение и минимизацию ущерба, обеспечение соответствия вероятности риска и размера страховых тарифов, создание фондов для гарантированного полного возмещения ущерба. Процесс управления риском может быть разбит на шесть этапов: *определение цели; выяснение риска; оценка риска; выбор методов управления риском и его применение выбранного метода; оценка результатов; предупреждение страхового случая и минимизация ущерба*.

В зависимости от страхуемых рисков по каждому виду страхования они разделяются: страховая сумма, страховая стоимость, резерв страхования, особые формы страховых отношений, место и время происхождения события и нахождения объекта страхования, методы определения взносов (премий) страхования и порядок их уплаты, условия освобождения от ответственности и порядок решения спорных вопросов.

УДК 368/656.13

### **Сюрьеверские услуги при страховании грузов**

Андреев А.Я.

Белорусский национальный технический университет

Договор страхования грузов может заключаться на следующих условиях: *с ответственностью за все риски, с ответственностью за частную аварию, без ответственности за повреждение, кроме случаев крушения*.

Договор страхования грузов может заключаться на срок разовой перевозки груза или на перевозку партий однотипных (однородных) грузов на сходных условиях в течение установленного периода.

При наступлении страхового случая страхователь (его представитель, выгодоприобретатель) незамедлительно должны сообщить страховщику об этом, а также обратиться в компетентные органы (милицию, полицию, пожарные, аварийные и др. службы) с целью официального подтверждения происшедшего события. После этого, в течение 30 дней страхователь должен в письменной форме заявить претензию страховщику с указанием времени, места и обстоятельств случившегося; предоставлением повре-

ленного (погибшего) и оставшегося неизменным груза, либо его останков, обеспечив их сохранность. По факту страхового случая страховщик производит расследование причин наступления страхового случая, определить размер ущерба, в том числе и подлежащего выплате в виде страхового возмещения. Приведен полный перечень данных, необходимых для урегулирования убытков.

УДК 656.13.11

### Оценка возможности обнаружения и распознавания дорожных знаков водителями

Шилов Д.А.

Академия МВД Республики Беларусь

Напряженное дорожное движение в городе при ограничении времени поиска дорожных знаков, по известным причинам, и постоянно меняющимися величинами их восприятия: контрастом с фоном, угловым размером, яркости фона, требует применения таких способов установки знаков, а может и соответствующих типоразмеров, цветового, контрастного решения, чтобы знаки были обнаружены без особого труда. Для визуального поиска объектов основными факторами, определяющими обнаружение объектов, когда прибором наблюдения служит невооруженный глаз человека, а средой – атмосфера, для протяженных объектов являются:

1) угловой размер объекта; 2) контраст объекта с фоном; 3) яркость фона; 4) угловой размер поля обзора; 5) время поиска; 6) прозрачность атмосферы; 7) скорость движения объекта; 8) вероятность обнаружения; 9) состояние адаптации наблюдателя. В то же время число параметров, влияющих на обнаружение объекта, конечно, не ограничивается приведенным перечнем. Еще оказывает влияние и наличие пестрого фона, и наличие других объектов в поле зрения и т.д. Так как каждый из указанных параметров поиска является случайной величиной, то закономерности обнаружения объекта должны изучаться с помощью математического аппарата теории вероятности.

Предлагается использовать модель прогнозирования вероятности различения при актуальном пространственном разрешении зрительной системы, в общем случае – системы формирования изображения.

Кроме влияния на обнаружения объекта количества пикселей в изображении исследована проблема влияния на вероятность различения целевого объекта фоновой помехи, обусловленной присутствием в наблюдаемой сцене нескольких «похожих» объектов, что также представляет интерес в части установки дорожных знаков в городских условиях, где наличие

различных геометрических форм фона (здания, другие сооружения) может привести к ложной тревоге – ошибочному восприятию или не восприятию конкретных дорожных знаков. Расчеты показывают, что при визуальном различении вида и класса объектов основным источником фоновой помехи является неравномерность фона, а при различении его подкласса и типа число «похожих» объектов.

656.13:11

### **Некоторые предложения по совершенствованию организационного обеспечения БДД**

Сушко А.А.

УГАИ МВД Республики Беларусь

Необходимо отметить следующие направления по совершенствованию сложившейся ситуации в принятии решений по обеспечению БДД.

Оформление аварий должно производиться на оборудованном автомобиле, который позволяет ему должным образом обозначить место ДТП и организовать временное движение; осветить место происшествия в темное время суток; сделать масштабную фотографию с верхней точки. Замеры производятся с помощью специального комплекта – рулетки, а записи должны производиться специальными аудиосредствами.

Карточка учета ДТП должна быть формализована и отражать причинно-следственные связи между дорожными условиями, организацией дорожного движения, условиями движения и ДТП.

Анализ аварийности проводится только по авариям с пострадавшими, составляющими около 10 % от общего числа аварий, поэтому он не отражает истинного положения вещей и часто искажает картину аварийности, особенно на отдельных объектах. Так, например, некоторые нагруженные кольцевые перекрестки, где за год происходит до 250 аварий с материальным ущербом, в подобных анализах предстают такими «безаварийными» объектами.

Топографический анализ должен производиться по всему широкому спектру происшествий.

Очаговый анализ, одной из важнейших задач которого является установление причин аварий на данном конкретном объекте УДС, должен проводиться на основе разработанной и утвержденной методики, результатом которого должно явиться оформление предписания, разработка технических условий на проектирование (реконструкцию, модернизацию) либо технического задания на установку ТСОДД в оперативном порядке.

Необходимо выполнять причинный и очаговый виды анализа, имеющие целью установление причин аварийности, и играющие особую роль в повышении безопасности дорожного движения. В анализе аварийности также использовать результаты многочисленных (судебных) экспертиз отдельных аварий, которые часто дают очень ценную информацию об аварийности.

УДК 656:565:448

### **Принципы разработки и содержание КСОД столичного города (на примере Минска)**

Ваксман С.А., Глик Ф.Г.\* , Капский Д.В.\*\*

Уральский экономический университет (Екатеринбург),

БелНИИПградостроительства\*,

Белорусский национальный технический университет\*\*

Разработка КСОД начинается с исследований условий движения транспортных и пешеходных потоков на магистральной улично-дорожной сети города (построение картограмм интенсивности движения, составление линграмм состава конфликтующих потоков в узловых пунктах; разработка линграммы суточной неравномерности интенсивности движения; исследование транспортной корреспонденции методом «шлагбаума»; исследование скорости движения транспортных потоков; исследование и анализ светофорного регулирования; исследование существующей организации дорожного движения по магистральной сети улиц). Отдельным направлением в разработке КСОД является анализ аварийности и разработка рекомендаций по совершенствованию организации движения на аварийно-опасных участках магистральной сети города. Перспективным направлением можно назвать разработку методики аудита безопасности дорожного движения. Отдельно можно выделить исследования перегруженных узлов и разработку мероприятий по устранению перегрузки, а также разработку координированного регулирования на некоторых улицах города. Анализ существующего положения в маршрутном ориентировании и информировании участников дорожного движения позволит выявить недостатки и разработать рекомендации по совершенствованию маршрутного ориентирования в центральной части г. Минска. Специальными параграфами являются: повышение эффективности трамвайного движения, совершенствование организации пешеходного движения; совершенствование организации велосипедного движения, а также разработка рекомендаций по развитию АСУ ДД и ее интеграции с другими общегородскими системами для создания Интеллектуальной транспортной системы «Город М»; алгоритмы



предоставления преимущества движения маршрутному пассажирскому транспорту; разработка концепции экологической безопасности в центральной части города, исследование стоянок транспорта и разработка мероприятий по совершенствованию их организации и т.д. Разработка мероприятий по совершенствованию ОДД на основе физических и психофизиологических мер по снижению скорости движения транспортных потоков способствует повышению БДД на малонагруженных улицах. Детальное проектирование осуществляется на основании разработанных решений. В последующем ведется мониторинг дорожного движения.

УДК 656.13.08

### Анализ аварийности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» в зоне пешеходного перехода

Коржова А.В., Капский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Аварии с участием пешеходов на регулируемых перекрестках можно разделить на следующие группы: с участием транзитного транспорта и пешеходов; с участием правоповоротного транспорта и пешеходов; с участием левоповоротного транспорта и пешеходов (рис. 1).

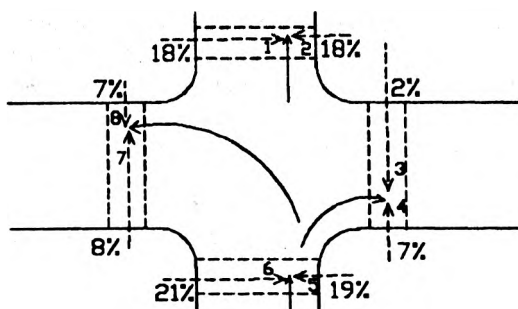


Рис. 1. Распределение по видам наездов на пешеходов на регулируемых перекрестках г. Минска за 2006–2008 гг.

Конфликт «поворотный транспорт–пешеход» является в подавляющей части внутрифазным конфликтом, и характеризуется тем, что транспорт движется без высоких скоростей. Такие аварии составляют примерно 25 % от всех, произошедших на регулируемых перекрестках с участием пешеходов. Наезды на пешеходов в данном случае в большинстве происходят

из-за недостаточной боковой видимости либо когда водители не уступают дорогу пешеходам. Конфликт «транзитный транспорт–пешеход» является межфазным конфликтом. Такие аварии составляют 75 % и характеризуются тяжелыми последствиями для пешеходов. В данном случае причинами являются неподчинение сигналам регулирования как пешеходов так и водителей, превышение скорости водителями, недостаточность переходных интервалов между фазами, ошибки пешеходов и водителей в период работы светофорного объекта в режиме «желтое мигание».

УДК 656:516

## **Выбор градостроительных и планировочных мероприятий для повышения БДД**

Ступенев А.М.

Белорусский национальный технический университет

В дорожном движении принимают участие миллионы транспортных средств, все население нашей страны участвует в перемещении людей и грузов. В нем непосредственно участвует человек, транспортное средство, дорога, технические средства регулирования. Они образуют динамическую систему «ВАДС»: водитель–автомобиль–дорога–среда. Успешное функционирование этой системы зависит от работы всех ее элементов и подсистем, их ритмичного взаимодополняющего взаимодействия. Как пишется транспорт в сложившуюся инфраструктуру города, какие функции он решает, чем одновременно мешает и помогает человеку, живущему или приехавшему погостить в этот город? Какие проблемы обна- жает город за плотным кольцом индивидуального и общественного транспорта?.. Водитель, пешеход, пассажир и т.д. являются пользователями услуги – перевозки грузов и пассажиров. А насколько качественно она будет выполнена, зависит от кратчайших оптимальных маршрутов и режимов движения, условий движения общественного транспорта, размещения и планировки улиц и многого другого. Поэтому выбор оптимальных решений должен основываться на комплексном показателе – потерях в дорожном движении. Это относится также и к мерам по сдерживанию скорости, которые могут применяться на улицах категорий Ж и З, а также проездах. На таких улицах возможно применение искусственных неровностей (за исключением основных жилых улиц), которые бы снижали скорость движения транспортных потоков, являлись бы элементом обустройства на- чальных пешеходных переходов. Устройство неровностей возможно в со- окупности с сужением ПЧ, прерыванием перспективы и т.д.

УДК 656:411

**Разработка компьютерной программы расчета потерь в дорожном движении на искусственных неровностях**

Капский Д.В., Мозалевский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Для формализации и упрощения производства расчетов потерь на алгоритмическом языке программирования «DELPHI» выполнена компьютерная программа по расчету экономических, экологических и аварийных потерь на искусственных неровностях. Программа выполняет следующие функции: возможность ввода данных, контроль за вводимой информацией, запись и корректировка информации; извлечение исходных данных для дальнейшей обработки и т.д. Результаты обработки данных представлены в виде, удобном пользователю – табличных данных (формируется отчет в формате **\*\*\*.xls**). Справочные данные и принятые коэффициенты. Обеспечивает информационную поддержку по расчетным формулам и используемым коэффициентам. Необходимо отметить, что все справочные коэффициенты хранятся отдельными файлами и подгружаются автоматически, в результате чего они могут изменяться расчетчиком самостоятельно при уточнении их отдельных значений. Запрашиваемый программой объем памяти – 0,6 Мбайт.

УДК 656.13.08

**Разработка мероприятий по БДД на основе данных автотехнических экспертиз ДТП**

Лукьянчук А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Исследование (экспертиза) отдельной аварии выполняется для решения задач юридического характера с целью воссоздания условий возникновения и механизма протекания аварии. Основными задачами являются установление положения и скорости движения участников до аварии, установление момента возникновения опасности и начала уклончивых действий (чаще всего, торможения) и т.д. На основании результатов исследования определяется, имели ли участники техническую возможность избежать аварии, а суд устанавливает степень виновности и ответственности каждого участника. Анализ отдельной аварии требует очень точных исходных данных, что, в свою очередь, требует аккуратного и профессионального составления первичных документов. Именно поэтому документы должны

составляться объективными профессионалами с максимальным использованием объемной фотографии, что, кроме сокращения сроков оформления документов (а это само по себе довольно важно, т.к. на месте аварии всегда создаются весьма дорогостоящие транспортные затруднения), еще позволяет фиксировать многие, казалось бы незначительные детали, которые затем оказываются чрезвычайно важными. Данные документа могут явиться исходными данными для разработки мероприятий по ОБДД.

УДК 656.11.05

### **Эффективность применения пассивного приоритета городского пассажирского транспорта**

Антонова А.А.

Иркутский государственный технический университет

Известные методы приоритетного пропуски городского пассажирского транспорта (ГПТ) через регулируемые перекрестки могут быть разделены на две группы: пассивные и активные. Методы, относящиеся к группе пассивных, отличаются отсутствием прямого воздействия со стороны ГПТ на работу средств светофорной сигнализации. Одним из способов обеспечения пассивного приоритета ГПТ является разнесение стоп-линий для общего транспортного потока и ГПТ с корректировкой режима регулирования на первом и втором светофоре или с выделением в светофорном цикле специальной фазы для пропуски транспортных средств городского пассажирского транспорта. В качестве критерия оценки выигрыша от внедрения пассивного приоритета ГПТ используется средняя задержка транспортных средств у перекрестка. Она позволяет в случае грузового транспорта, используя стоимость часа работы автомобиля, определить потери в стоимостном выражении от простоя транспортного средства у перекрестка, а в случае легкового транспорта и транспортных средств городского пассажирского транспорта найти потери от снижения производительности труда из-за транспортной заторности, связанной с затратами времени на ожидание у перекрестка. Численное значение средней задержки транспортных средств может быть найдено по формуле HCM 2000. В результате проведенного численного моделирования обнаружено, что при организации пассивного приоритета городского пассажирского транспорта на регулируемых перекрестках суммарные задержки транспортных средств снижаются в среднем на 30 %. На основании проведенного моделирования в средах Matlab и Maple, можно сделать вывод, что применение методов пассивного пропуски ГПТ через регулируемые перекрестки оправдано при интенсивности движения ТС ГПТ более 100 авт./ч; интенсивности движения прочих транспортных средств в расчете на одну полосу от 400 авт./ч; минимальном пассажиропотоке 3000 пасс./ч.

**Анализ транспортного коридора Рига – Минск**

Яцкив И.В., Саврасов М.М.

Рижский институт транспорта и связи

Географическое расположение Латвии выгодно отличает ее от других стран прибалтийского региона. Выражается это прежде всего в наличии незамерзающих портов и наличие сухопутной границы с такими странами как Россия, Литва, Белоруссия и Эстония. Эти факторы определяют высокие объемы транзита через страну, а также высокий уровень занятости населения в сфере перевозок. Одно из основных направлений движения транзита через Латвию – на восточной границе с такими странами как Россия и Белоруссия. При этом доля автотранспортных перевозок между этими двумя странами составляет порядка 20 % от общего объема перевозок. Учитывая наметившееся улучшение отношений между двумя странами, встает вопрос насколько транспортная инфраструктура обеих стран готова к увеличению грузового потока. Цель данной статьи это анализ транспортного коридора Рига-Минск на предмет наличия узких мест и проблемных зон. Для анализа используется моделирование на макроэкономическом уровне, которое позволяет проигрывать различные сценарии развития ситуации. Учитывая сложившееся политические и экономические тенденции между Латвией и республикой Беларусь можно предполагать, что товарооборот и транзит между странами будет возрастать. Однако, инфраструктура транспортного коридора на территории Латвии не готова к увеличению интенсивности движения. Поэтому стоит задача проработки различных сценариев развития ситуации. В работе для исследования была разработана макро-модель, которая включает в себя ряд транспортных зон, являющиеся основными поставщиками транзита на территорию Латвии и Беларуси.

УДК 656.142

**Оценка эффективности применения искусственных дорожных неровностей на пешеходных переходах, расположенных вне перекрестков**

Скульбеденко Н.А.

Иркутский государственный технический университет

В последние годы в городах Российской Федерации приступили к устройству искусственных дорожных неровностей (ИДН) так называемых «лежачих полицейских». Размещение этих искусственных неровностей выполнено бессистемно на улицах с разной интенсивностью движения,

мик транспорта, так и пешеходов. В некоторых случаях интенсивность движения транспорта превышает 1000–1500 ед./ч и на таких участках устройства ИДН в пиковые периоды отмечаются значительные очереди транспортных средств.

Единственный норматив на применение ИДН «Временные нормы и правила на устройство искусственных дорожных неровностей» (ВНИП 01-1000) утвержденный распоряжением Правительства Москвы N 265-РЗП от 10 апреля 2000 г., является документом московского пользования.

Предлагается определить эффективность применения ИДН на нерегулируемых пешеходных переходах, расположенных на перегонах улиц, путем сравнения различных вариантов организации дорожного движения (ОДД) на пешеходных переходах по величине суммарного ущерба от задержек транспортных средств и пешеходов.

Результаты численного моделирования задержек транспортных средств и пешеходов в широком диапазоне значений интенсивности движения и результаты натурального обследования пешеходных переходов г. Иркутска показали значительный суммарный ущерб от задержек транспортных средств и пешеходов при применении ИДН.

Учитывая вышеизложенное, можно говорить о целесообразности применения ИДН только в зонах успокоения движения.

УДК 656

### **Проблемы приграничного трафика в логистическом коридоре Латвия – Беларусь**

Баранова Л., Граковский А., Кожемякина Н., Медведев А.  
Рижский институт транспорта и связи

Объемы товарооборота между Латвийской Республикой и Республикой Беларусь из года в год неуклонно возрастают. Основной поток грузов перемещается в направлении латвийские порты (Рига, Вентспилс, Лиепая) – пограничный переход Патерниеки–Бигосово. Весь грузовой поток распределяется между двумя видами транспорта: железнодорожный и автомобильный.

Железнодорожный транспорт в основном используется для перевозки наливных (нефтепродукты) и насыпных (калийные удобрения, уголь и т.п.) грузов. Перевозка основной массы других грузов осуществляется автотранспортом. Как показали проведенные исследования, интенсивность транспортного потока грузовых автомобилей в приграничной зоне носит неравномерный характер. Это можно объяснить тем, что по направлению к границе ЛР–РБ существенную роль играет поток грузовых автомобилей движущихся с паромной линии Таллинн – Хельсинки. В течение суток в

порт Таллинна прыбывае 6 паромов. Один паром типа Star / Superstar мо- жет перевозить да 120 грузовых автомобилей. При условии соблюдения всех требований по организации труда и отдыха водителей, машины на Таллинна могут достигнуть пограничного перехода примерно через 12–13 ч. Изменение количества грузовых автомобилей, ожидающих выезда из Лат- вии на пограничном переходе Патерники хорошо коррелируется с расписи- нием движения паромов в Таллиннском порту. Если в общем транспорт- ном потоке в районе Даугавпилса количество грузовых автомобилей не превышает 20 %, то в очереди на границе в течение суток их удельный вес может достигать 70 %.

УДК 656

### Мадэляванне транспартных чэргаў у дарожным руху

Паўловіч А.

Беларускі нацыянальны тэхнічны універсітэт

У дарожным руху чарга ёсць зьяваю заканамернай. Яна ўзнікае пры немагчымасці працягваць рух праз пэўнае сячэнне аўтадарогі. У інжыне- рыі дарожнага руху асноўныя параметры чаргі выкарыстоўваюць як кры- тэры пры вызначэнні якасці рашэння шэрагу задач. Шматгадонны даследаванні дарожнага руху, што вядуцца на кафедры «Арганізацыя аўтамабільных перавозак і дарожнага руху» і ў навукова-даследніцкай лабараторыі дарожнага руху дазволілі вызначыць пэўныя заканамернасці ў працэсе фармавання і раз'езду чаргі.

Атрыманыя аналітычныя мадэлі дазваляюць істотна павысіць даклад- насць разлікаў. Так для вызначэння колькасці спыненых пры светлафор- ным рэгуляванні транспартных адзінак прапануецца наступны выраз:

$$N = \frac{SQ(C - t)}{(S - Q)(1 - Ql / \bar{v})},$$

дзе  $Q$  – інтэнсіўнасць транспартнай плыні;

$S$  – інтэнсіўнасць раз'езду чаргі;

$l_{\text{инт}}$  – даўжыня інтэрвалу паміж крайнімі пярэднімі пунктамі транспарт- ных сродкаў у чарзе;

$\bar{v}$  – сярэдняя хуткасць свабоднага руху транспартных сродкаў плыні;

$C$  – працягласць светлафорнага цыклу;

$t_d$  – працягласць перыяду дазволу руху ў светлафорным цыкле.

Дакладнасць разлікаў пры гэтым павышаецца да 40 %.

**Стенд для исследования гибридных силовых установок  
мобильных машин**

Белевич А.В., Адашкевич В.И., Коломиец М.А.

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

Современные мировые тенденции развития автотракторостроения характеризуются повышением топливной экономичности транспортных средств, использованием альтернативных топлив и снижением вредных выбросов. Опыт разработок энергоустановок на базе электрохимических источников тока показывает, что они хотя и позволяют экономить топливо и снижать вредные выбросы при эксплуатации, однако не обеспечивают необходимый запас хода. Поэтому, основной тенденцией развития является создание гибридных энергоустановок, позволяющих без перестройки инфраструктуры заправки автомобилей экономить порядка 30% топлива и обеспечить выполнение экологических норм на уровне Евро-3 и Евро-4 без применения катализаторов отработавших газов.

Для решения комплекса задач по разработке и натурному моделированию гибридных силовых установок и их отдельных компонентов, на базе ИИУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» создан исследовательский стенд, обеспечивающий широкие возможности задания режимов нагружения в соответствии с типовыми режимами эксплуатации автомобиля (трогание, разгон, торможение, движение с постоянной скоростью). Стенд состоит из трех основных частей: 1) механическая часть; 2) система питания; 3) контрольно-измерительная и управляющая часть.

**Механическая часть** стенда состоит из установочной платформы (стабилизатора), приводного электродвигателя – устройства силового нагружения, тормозного устройства, редукторно-мультипликаторной передачи, устройства присоединения объекта испытаний, элементов крепления, а также других устройств (датчики, технологическая оснастка), необходимых для проведения испытаний.

**Система питания** стенда состоит из первичного управляемого преобразователя напряжения питания, согласующего преобразователя, буферного накопителя и комплекса силовых преобразователей напряжения электроприводов стендовой установки.

**Контрольно-измерительная и управляющая часть** стенда является распределенной информационно-управляющей системой управления, сбора и обработки данных, включающей в себя локальную систему управления стендом; локальную информационную систему сбора и регистрации данных.



**Естественные и точные науки**

**Естественно-научные  
дисциплины**

**Использование новых информационных технологий в процессе преподавания математики на подготовительном отделении БНТУ**

Якимович В.С., Кленовская И.С.

Белорусский национальный технический университет

Анализ прошлогодней вступительной комиссии показал, что, несмотря на уменьшение количества часов, отводимых на преподавание математики, уровень требований предъявляемых к математической подготовке учащихся, постоянно растет. Недостаток времени приводит не только к формальному изучению многих вопросов, которые необходимы как при поступлении в вуз, так и для дальнейшего изучения высшей математики, но и вызывает сложность в проведении систематического учета и контроля знаний по каждой конкретной теме. Выходом из сложившейся ситуации может выступить внедрение в процесс обучения новых информационных технологий (НИТ). Под *новыми информационными технологиями* мы понимаем совокупность программных, технических, компьютерных и коммуникационных средств, а также способы и новаторские методы их применения. [1, ст.56] Известно, что новые информационные образовательные технологии (НИОТ) в учебном процессе в перспективе предполагают реализацию следующих специфических особенностей: видоизменение таких форм работ с обучаемыми, как лекция, семинар, практические и лабораторные работы и др. Уже в течении нескольких лет подготовительное отделение проводит подготовку к централизованному тестированию по математике, которое является одной из форм проверки знаний абитуриентов. Разработанная программа предполагает не только ознакомление с основными методами решения задач в курсе математики, но и их обобщение и систематизацию с последующим самоконтролем, используя новые информационные технологий (НИТ), применение которых позволяет не только адекватно оценить знания умения и навыки по основным темам школьного курса, но и осознать необходимость самостоятельного устранения пробелов. Новые информационные технологии можно использовать как на протяжении всей пары, так и на отдельных этапах, что придаст процессу обучения развивающий характер и позволит повысить мотивацию обучаемых и заинтересованность предметом. Многие лекции проводятся с использованием НИТ. Разработаны презентации с использованием различных видео фрагментов, которые не только позволяют преподавателю визуализировать процесс обучения, демонстрируя сложнейшие фрагменты пошаговой детализации решения задач, но и значительно сократить время на изучение конкретной темы, тем самым увеличить объем излагаемого материала.

**Литература**

1. Новик, И. А. Формирование методической культуры учителя математики в вузе: Моногр./ И.А. Новик. – Мн.: БГПУ, 2003. — 178 с.

**Совершенствование методики преподавания темы «Механические колебания» в процессе обучения учащихся, абитуриентов и студентов**

Малашонок В.А., Чертина М.И.

Белорусский национальный технический университет

Одной из особенностей современного этапа общественного развития и, следовательно, образования является увеличение темпов накопления новых знаний, возможностей передачи новой информации, появление принципиально новых отраслей науки, производства, общественной деятельности. В связи с этим очень важно вовлечение учащихся в процессы освоения и создания новых знаний, осознание учащимися роли знаний как средства расширения возможностей выбора видов деятельности – это тем более важно при формировании профессионального мышления специалиста инженерного профиля.

Особенность физики накладывает отпечаток на методику ее преподавания. Преподаватель физики уже на этапе выбора задач для решения должен руководствоваться не только их методической целесообразностью и сложностью решения, но он должен также обогащать их опытом окружающей жизни и личными наблюдениями учащихся.

При изучении темы «Механические колебания» преподаватель имеет много возможностей для привлечения личного опыта слушателей. В этой теме много графических задач. Интересны учащимся будут и качественные задачи, позволяющие актуализировать процесс усвоения новых знаний.

Приведем некоторые вопросы:

- Морские волны, приближаясь к берегу, увеличивают высоту, достигая иногда 43 м. Почему это происходит?
- Почему при проверке колес вагонов во время стоянки их обстукивают молотком?

При изучении темы можно привести ряд интересных фактов. Например, о том, как раскачивание колебаний турбулентными вихрями привело к разрушению Такомакского моста в Америке. Этот мост простоял всего лишь несколько месяцев и разрушился 7 ноября 1940 года. После длительных исследований мост был воздвигнут снова, только поверхности, обдуваемые ветром, имели другую форму. Таким образом, была устранена причина, вызвавшая колебания моста.

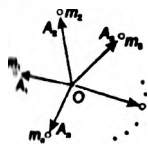
Рассмотренные выше примеры позволяют привлечь учащихся к активной познавательной деятельности, способствуют развитию умения самостоятельно применять полученные знания на практике.

## Геометрия масс как средство интеграции геометрии и физики

Криваль Л.С.

Белорусский национальный технический университет

Решение многих геометрических задач можно получить, привлекая свойства центра масс системы материальных точек. Эти решения используют понятия, заимствованные из механики: масса, материальная точка, центр масс, правило рычага, и опираются на наглядные физические представления.



Материальной точкой называют пару  $(A, m)$ , где  $A$  – произвольная точка, а  $m$  – действительное число («масса», которая «сосредоточена» в точке  $A$ ).

**Теорема о центре масс:** Пусть задана система материальных точек  $m_1A_1, m_2A_2, \dots, m_nA_n$  (1) с ненулевой массой  $m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ . Тогда существует единственная точка  $Z$ , удовлетворяющая условию:  $m_1 \overline{ZA_1} + m_2 \overline{ZA_2} + \dots + m_n \overline{ZA_n} = \vec{0}$ . Эта точка  $Z$  называется центром масс системы (1)

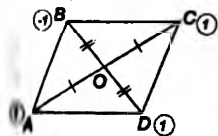
**Правило рычага:** Если  $m_1$  и  $m_2$  – положительные массы, расположенные в точках  $A_1$  и  $A_2$ , то их центр масс  $Z$  находится на отрезке  $A_1A_2$  и  $\frac{A_1Z}{A_2Z} = \frac{m_2}{m_1}$ .

**Следствие:** Пусть  $Z$  – центр масс системы (1) материальных точек. Тогда для любой точки  $O$  справедливы равенства ((3) или (4))

$$(1) (m_1 + m_2 + \dots + m_n) \overline{OZ} = m_1 \overline{OA_1} + m_2 \overline{OA_2} + m_n \overline{OA_n}$$

$$(4) \overline{OZ} = \frac{1}{m} (m_1 \overline{OA_1} + m_2 \overline{OA_2} + \dots + m_n \overline{OA_n})$$

Обратно, если для какой-либо одной точки  $O$  справедливо равенство (3) или (4), то  $Z$  – центр масс системы (1).



**Пример 1:** Докажите, что если в трех вершинах  $A, B, C$  параллелограмма  $ABCD$  поместить массы 1,  $(-1)$ , 1, то их центром масс будет четвертая вершина  $D$ .

Пусть  $O$  – центр масс материальных точек  $A$  и  $C$   
 $\Rightarrow 0 \cdot 1 + 1 = 1$  (2). Найдем центр масс материальных точек

$B$  и  $O$ . Пусть  $Z$  – центр масс точек  $B$  и  $O$ .  $\frac{BZ}{ZO} = \left| \frac{2}{-1} \right| = \frac{2}{1}$ , значит,  $Z$  совпа-

дет с  $D$ , т.к.  $\frac{BD}{OD} = \frac{2}{1}$ , следовательно,  $D - (-1) + 2 = 1$ .

**О математическом аспекте образования в техническом вузе**

Воронова Н.П., Попейко Н.С.

Белорусский национальный технический университет

В наше время необходимо находить реальные пути для восполнения знаний первокурсников за среднюю школу. Часто первоначально отстающие студенты при должном терпении и прилежании осваивают требуемый объем знаний и успешно учатся на последующих курсах. Преподаватель в современных условиях обязан овладевать разнообразными методами и приемами воздействия на аудиторию студентов.

Чтобы эффективно питать идеями талантливую молодежь надо интенсивно оттачивать свой ум на научных конференциях, дискуссиях, кафедральных семинарах, в публикациях. Роль преподавателя высшей школы, как носителя нравственных идеалов в современных условиях должна возрастать.

Главной задачей преподавателя является развитие интеллекта студента при помощи читаемого предмета. Важно в читаемых курсах видеть взаимодействие различных дисциплин при решении актуальных задач техники. Развитие мышления основано на изучении истории научной дисциплины, на доказательстве фундаментальных теорем, на поиске решений интересных и полезных задач. В связи с этим можно сделать вывод, что сокращение программ по фундаментальным дисциплинам приведет к ухудшению качества образования.

Важным моментом становления логического мышления, глубокого понимания прикладных задач является умение создавать математические модели реальных объектов и процессов. Преподаватели математических дисциплин должны интересоваться с целью использования разделов читаемых курсов работой специальных кафедр, применять практические примеры и иллюстрации на своих лекциях и практических занятиях, всячески пропагандировать прикладной характер различных математических понятий и методов.

Содержание программ по математике для студентов технических высших учебных заведений должно отражать эффективные пути применения знаний в инженерной деятельности. Глубокое понимание сути реальных прикладных задач, широкое применение различных математических методов их решения совместно с обязательным применением компьютерных технологий создает предпосылки для подготовки высокообразованных и квалифицированных специалистов для народного хозяйства.

## Организация и содержание учительских семинаров по физике

Развина Т. И.

Белорусский национальный технический университет

Школьная дисциплина «физика» является началом основополагающего образовательного и мировоззренческого курса в фундаментальной подготовке специалиста с высоким уровнем общеобразовательного и творческого потенциала. В настоящее время состояние школьного образования по физике неуклонно снижается, причем быстрыми темпами. В сложившихся условиях происходит не только падение интереса учащихся к изучению физики, но и резко упростился подход учителя к подготовке учащихся. Возникает несоответствие уровня подготовки выпускников школ требованиям, предъявляемым высшими учебными заведениями к знаниям студентов первых курсов. Решение проблемы взаимосвязи среднего и высшего образования требует ориентации участников образовательного школьного процесса на постоянное обновление знаний. Проведение учительских научно-методических семинаров по физике на кафедре ЕНД ИНФО и МО БНТУ для преподавателей средних школ ставит своей задачей не только сохранение творческого потенциала и квалификации учителей, а также их непрерывное совершенствование и постоянное развитие.

Методика проведения научно-методических семинаров по физике и их тематика разработана для учителей различных районных школ, в которых сформированы учебные группы факультативных занятий, проводимых силами сотрудников кафедры. Некоторые из этих школ сотрудничают с БНТУ на протяжении нескольких лет, но и имеется ряд новых школ. При разработке программы семинаров рассматривались следующие вопросы: оптимизация учебного материала в рамках выбранной темы, обеспечение учителей учебными и вспомогательными пособиями, дидактическими материалами. Примером таких материалов являются разработки учебных тем по законам сохранения импульса и энергии при движении заряженных частиц, по интерференции и дифракции света, по атомной модели Резерфорда и спектрам излучения атома водорода.

Развитие методики решения физических задач имеет для семинара особое значение. Актуальность повышения навыков решения задач можно проиллюстрировать на примере таких классических тем, как законы сохранения при движении тел переменной массы (автор Драпезо Л.И.) и применение первого начала термодинамики к изопроцессам (автор Чертина М.И.).

**Преемственность в системе образования как основы повышения  
эффективности обучения учащихся**

Ревтович В.Н., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

Повышать качество обучения учащихся, адаптировать их к вузовским условиям работы возможно на основе выявления и осуществления принципа преемственности обучения.

Одним из основных условий повышения успеваемости учащихся является обеспечение преемственности в содержании обучения.

В школьном курсе математики и физики отдельные вопросы изучаются в упрощенном виде без выводов, доказательств. Поэтому в современных условиях при переходе на новые программы необходимо особое внимание уделить занятиям на факультативных курсах.

Необходимо дать строгое обоснование наиболее важных теоретических вопросов и, по возможности, более глубоко изложить материал, который в формах обучения на III ступени общего среднего образования должны максимально приблизить школьную организацию учебной деятельности к вузовской. Поэтому формы обучения, деятельность преподавателя, построение учебного материала необходимо менять в течение учебного года с учетом преемственного усложнения. Постепенное усложнение содержания, методов обучения при активном использовании факультативных занятий и консультаций обеспечивает плавный переход к вузовским формам – лекциям, практическим и семинарским занятиям и др.

Обучение в вузе предполагает определенную начальную подготовленность студента к самостоятельной познавательной работе. Переход от элементарных школьных приемов самостоятельной работы, таких как выполнение домашних заданий или упражнений в классе под наблюдением учителя к самостоятельной научно-познавательной работе должен начаться уже в школе. Четкое составление тематического плана с указанием темы и вида занятий, выяснение пробелов в знаниях и выдача индивидуальных заданий по их устранению, проведение коллоквиумов, консультаций с целью разбора наиболее трудных разделов курса – вот некоторые пути, позволяющие приобщить учащихся к сложной системе научного поиска, которая необходима в структуре вузовского обучения.

Такая работа позволяет значительно повысить эффективность обучения учащихся, особенно сельских школ, подготовить их к успешному прохождению централизованного тестирования, позволяет проводить целенаправленную профориентацию, а так же осуществлять плавный безболезненный переход к вузовским условиям работы.

## Индивидуализация обучения как проблема в современной педагогической науке

Якимович В.С.

Белорусский национальный технический университет

Анализ литературы показывает, что на современном этапе понятие «индивидуализация» не получило окончательного теоретического обоснования. Незавершенность терминологической проработки понятия привела к тому, что диапазон значений, которые оно приобретает очень широк: от индивидуализации как стратегии обучения, до близости с понятиями «дифференциация обучения», «лично-ориентированное обучение» и т.д. Возникшая в литературе путаница понятий привело нас к рассмотрению философских и методологических основ индивидуализации обучения. В современной философской литературе индивидуализация изучается преимущественно с позиций деятельностного подхода: она рассматривается как процесс, результатом которого выступает индивидуальность человека. Не останавливаясь подробно на выявлении сущности феномена индивидуальности, отметим еще раз, что она – продукт индивидуализации. В доказательство этому приведем высказывание известного психолога Слободчикова В.И., который определяет индивидуализацию как процесс становления и развития индивидуальности человека. «Индивидуализация – это самоопределенность и обособленность личности, ее выделенность из сообщества, оформленность ее отдельности, уникальности и неповторимости» [1, С.286]. В аналитической психологии К.Г.Юнга индивидуализация также изучается как процесс становления личности, ее созревания, обретения ею самости. Взяв за основу философский и психологический смысл индивидуализации, перейдем к рассмотрению этого термина в педагогическом аспекте. "Индивидуализация обучения" довольно широкое понятие. В педагогике оно может изучаться в четырех значениях на методологическом (выступает в качестве основного принципа развития индивидуальности человека), общепедагогическом (может быть рассмотрена как тенденция развития современного образования), дидактическом или частнометодическом уровнях (используется в разных значениях: адаптационном и развивающем). Таким образом, под «индивидуализацией обучения математики», мы понимаем организацию развития математических способностей учащихся с учетом диагностики и коррекции достигнутых результатов.

### Литература

1. Слободчиков, В.И. Основы психологической антропологии. Психология человека: Введение в психологию субъективности : учеб. пособ. для вузов / В.И. Слободчиков. – М. : Школа-Пресс, 1995. – 384 с.



**Биологически активные препараты на основе местного сырья и эффективность их применения в сельском хозяйстве**

Томсон А.Э., Наумова Г.В., Макарова Н.Л., Жмакова Н.А.,  
Овчинникова Т.Ф.

Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси

Республика Беларусь относится к регионам с высокоразвитым сельскохозяйственным производством. Современные технологии выращивания культур предполагают применение высоких доз минеральных удобрений, химических средств защиты растений от патогенов, вредоносных насекомых и сорной растительности, что вызывает необходимость поиска путей выхода из создавшейся ситуации.

Одним из путей, позволяющих снизить химическую нагрузку на агробиоценозы, является создание и применение в агротехнологиях новых экологически чистых регуляторов роста и средств защиты растений на основе природного сырья растительного происхождения и отходов его переработки, богатых биологически активными веществами. В Институте природопользования Национальной академии наук Беларуси разработаны эффективные регуляторы роста растений на основе растительного сырья: из отхода крупяного производства — лузги гречневой и солодовенного и пивоваренного производств — ростков солода. Эти растительные отходы содержат кроме гемицеллюлоз широкий спектр биологически активных веществ: витаминов, ферментов, протеинов, аминокислот, пектинов, фенольных соединений.

Препараты Феномелан и Мальтамин получают путем химической деградации полисахаридов и протеинов исходного сырья с образованием свободных аминокислот, урсонных, карбоновых кислот и меланоидинов, обладающих мембранотропным действием, ускоряющих поступление в растительную клетку питательных веществ и микроэлементов. Препараты интенсифицируют ростовые, обменные процессы, способствуют повышению урожайности и улучшению качества растениеводческой продукции. Их применение обеспечивает повышение урожайности зерновых на 12—15 %, овощей — на 20—30 %, картофеля — на 10—22 %.

Важной особенностью биологического действия препаратов меланоидиновой природы является способность улучшать азотный обмен у растений, препятствуя накоплению нитратов, содержание которых в овощах, корнеплодах и зеленых культурах снижается на 45—50 %, что дает возможность получить экологически чистые продукты с повышенным содержанием белка, витаминов и углеводов.

## Творческое задание как фактор развития интереса к обучению

Горбачевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

Одной из актуальных проблем современного образования является потеря интереса к обучению.

Одной из причин является перегрузка учебных программ.

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). И не нужно забывать, что поколения выдающихся ученых и инженеров в школе изучали физику, быть может, и по упрощенным, но интересным программам.

Еще одной из причин спада интереса к изучению физики можно назвать смену приоритетов в обществе. В 60-х годах Е. Евтушенко писал: «Что-то физика в почете, что-то лирика в загоне». Теперь же время приоритета гуманитарных наук. Люди пытаются возродить нравственное, духовное начало, вследствие чего процесс обучения приобретает гуманитарный уклон и в основном чисто механическим увеличением часов на изучение предметов гуманитарного цикла и, соответственно, уменьшением часов на изучение предметов естественно-математического цикла.

Что предпринять для развития интереса к изучению предмета?

Пути могут быть разные, но именно наблюдение необычных явлений из обычной повседневной жизни переводит мозг в творческое состояние. Можно привести много примеров о деятельности изобретателей, которые черпали идеи из наблюдений за явлениями в природе.

А что будет, если учитель предложит ученикам выполнить опыт самостоятельно, используя самое простое оборудование? Это должны быть опыты с водой, воздухом, с предметами которые есть в каждом доме. Кто-то может усомниться в научной ценности таких опытов, конечно, она там минимальна. Для человечества пользы никакой, но какова она для ребенка!

Убежден, занятия практического характера (урочные, внеурочные) имеют огромную ценность для активизации познавательного интереса и, как правило, для развития одаренности и раскрытия таланта. Таким образом и создается плодотворная почва для развития творческой личности.

**Система взаимно пересекающихся окрестностей опорных задач  
как средство оптимизации обучения стереометрии**

Тухолко Л.Л.

Белорусский национальный технический университет

Одним из эффективных методов решения геометрических задач является метод опорных задач, состоящий в выделении задач «кирпичиков», полезных для решения ряда других задач либо выходящих из них, полученным в ходе решения, либо способом решения.

Идея применения опорных задач в стереометрии получила меньшее распространение, чем в планиметрии. Причина в том, что любая задача стереометрии сводится к решению планиметрических задач, поэтому выделение исключительно стереометрических блоков, опорных для решения разных задач стереометрии, вызывает затруднения.

Анализ рассмотренных в методической литературе подходов показывает, что в качестве опорных выделяют задачи, которые:

- 1) являются составной частью основной, более сложной задачи;
- 2) решения которых используют приём, необходимый для решения более сложной задачи;
- 3) результат которых используется при решении более сложной задачи.

Нами выделены следующие опорные задачи:

- 1) используемые для решения задач на построение;
- 2) связанные с рассмотрением опорных конструкций, проявляющие свойства одних фигур в контексте других фигур;
- 3) результат или способ решения которых применяется при решении других задач.

Для этих задач продуманы окрестности и сконструированы такие задачи, которые входят в окрестности разных задач. Система взаимно пересекающихся окрестностей опорных задач позволяет оптимизировать временные и психологические затраты учащихся, сконцентрировать их усилия на изучении наиболее важных моментов учебного материала.

Эта система реализована нами в ЭСО «Стереометрия» для 10 класса общеобразовательной школы, разработанном в рамках программы «Комплексная информатизация системы образования Республики Беларусь на 2007-2010 годы» по заказу Главного информационно-аналитического центра Министерства образования Республики Беларусь.

### Метод «геометрической подстановки» в решении систем уравнений и неравенств

Чернявская С.В., Ревтович В.Н.

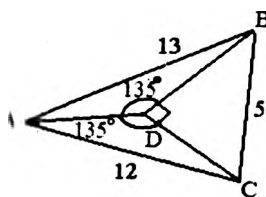
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на занятиях по математике всё больше внимания уделяется изучению нестандартных методов решения уравнений и неравенств. Ниже приведён пример системы алгебраических уравнений, которые могут быть рассмотрены как известные геометрические теоремы, что позволяет представить систему уравнений в виде геометрического объекта — треугольника.

**Пример.** Найти значение выражения  $xу + yz + zx$ , если известно, что

$$x^2 + xy + \frac{y^2}{2} = 169; \quad \frac{y^2}{2} + \frac{z^2}{2} = 25; \quad x^2 + xz + \frac{z^2}{2} = 144; \quad x > 0, y > 0, z > 0.$$

Рассмотрим первое и третье равенство как теорему косинусов для треугольника ABD со сторонами  $AB=13$ ;  $AD=x$ ;  $BD=\frac{y}{\sqrt{2}}$  и углом  $135^\circ$  между AD и DB и треугольника ADC со сторонами  $AC=12$ ;  $AD=x$ ;  $DC=\frac{z}{\sqrt{2}}$ ; и углом между ними  $135^\circ$ . Второе равенство выражает теорему Пифагора



для треугольника BDC с катетами  $\frac{y}{\sqrt{2}}$  и  $\frac{z}{\sqrt{2}}$  и гипотенузой 5. При этом:

$$S_{ABD} = \frac{1}{2} x \frac{y}{\sqrt{2}} \sin 135^\circ = \frac{xy}{4};$$

$$S_{ACD} = \frac{1}{2} x \frac{z}{\sqrt{2}} \sin 135^\circ = \frac{xz}{4}; \quad S_{BCD} = \frac{yz}{4}.$$

Следовательно, выражение  $xу + yz + zx$  равно  $4 S_{ABC}$ . Треугольник ABC

прямоугольный, его площадь равна  $S = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 5 = 30$ .

Поэтому  $xу + yz + zx = 120$ .

Ответ: 120.

В заключение отметим, что применение нестандартных методов позволит школьникам расширить область решаемых задач и способствовать успешной сдаче вступительных испытаний.

Пинчукова С.П., Шмерко Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Предлагаемые в большинстве случаев текстовые задачи решаются с использованием уравнений и систем уравнений. Однако иногда попадаются задачи, которые с помощью одних уравнений решить нельзя. Это так называемые задачи с неопределённым условием. (На самом деле эта неопределённость только кажущаяся). Для их решения необходимо использовать не только уравнения, но и неравенства, системы неравенств. Приведём пример.

*Задача.* Прибывших на парад солдат планировали построить так, чтобы в каждом ряду стояло по 24 человека. Но не все прибывшие смогли участвовать в параде, и их перестроили так, что число рядов стало на 2 меньше, а число человек в ряду на 26 больше нового числа рядов. Если бы все солдаты участвовали в параде, то их можно было бы построить так, чтобы число рядов было равно числу человек в ряду. Сколько солдат прибыло на парад?

*Решение.* Обозначим за  $x$  первоначальное число рядов, тогда число прибывших солдат  $24x$ . После перестроения число рядов стало равно  $x - 2$ , а число солдат в ряду – соответственно  $x + 24$ . Тогда число солдат после перестроения  $(x - 2)(x + 24)$ . А дальше возникает вопрос: «Как составить уравнение, ведь неизвестно число выбывших солдат? Имеет ли вообще задача однозначное решение?» Оказывается, имеет.

Очевидно, что число солдат после перестроения меньше первоначального, т.е. получаем неравенство  $(x - 2)(x + 24) < 24x$ , равносильное неравенству  $x^2 - 2x - 48 < 0$ . Решая, получим, что число рядов лежит в интервале  $(-6; 8)$ . Учитывая, что число рядов может быть только целым и положительным, решения ограничиваются числами от 1 до 7.

Если учесть еще и последнее предположение о перестроении роты квадратом (число человек в ряду равно числу рядов), то нетрудно сообразить, что из первоначального числа солдат  $(24x)$  должен извлекаться квадратный корень. Единственное число, удовлетворяющее последнему условию, это  $x = 6$ . Следовательно, число солдат равно 144.

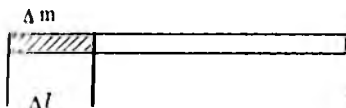
Использование такого вида задач на факультативных занятиях по математике активизирует мышление учащихся, служит источником познавательного интереса к предмету.

**Метод выделения элемента массы однородного тела при решении некоторых задач**

Драпезо Л.И., Погудо Л.П.

Белорусский национальный технический университет

При движении однородного тела бывают случаи, когда части этого тела находятся в разных условиях. Поэтому очень удобно выделить элемент массы этого тела.

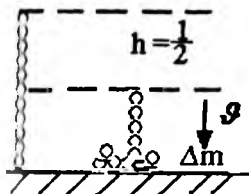


$$\Delta m = \frac{m}{l} \cdot \Delta l$$

$m$  – масса стержня;  
 $l$  – длина стержня.

В качестве примера приведем решение задачи.

Цепочку массой  $m=10$  г держат за один конец над поверхностью стола так, что второй конец еле касается поверхности стола. Цепочку отпускают, и она свободно падает на поверхность стола. Определить силу взаимодействия цепочки со столом в тот момент, когда половина цепочки лежит на столе.



$$N = \frac{mg}{2} + \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad \text{– искомая сила,}$$

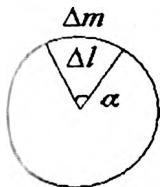
где  $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta m \cdot g}{\Delta t}$  – сила, которую создает последний элемент массы  $\Delta m$ , движущийся со скоростью

$$g = \sqrt{2gh} = \sqrt{gl}. \quad \text{Элемент } \Delta m = \frac{m}{l} \cdot \Delta l \Rightarrow \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \cdot \Delta l \cdot g}{l \cdot \Delta t} = \frac{m g^2}{l}; \quad \text{учитывая,}$$

$$\text{то } g = \sqrt{gl}, \quad \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mg l}{l} = mg. \quad \text{Значит, } N = \frac{mg}{2} + mg = \frac{3}{2} mg. \quad N=150 \text{ мН.}$$

(Ответ: 150 мН)

Если масса  $m$  равномерно распределена по обручу радиуса  $R$ , который вращается, то элемент массы  $\Delta m$  можно расписать:



$$\Delta m = \frac{m}{2\pi} \cdot \alpha \quad (\alpha \text{ выражается в радиусах}).$$

$$\Delta m = \frac{m}{360} \cdot \alpha \quad (\alpha \text{ выражается в градусах}).$$

$$\Delta m = \frac{m}{2\pi R} \cdot \Delta l \quad (\Delta l \text{ – элемент дуги в метрах}).$$

## Об изучении строения и свойств твердых тел и жидкостей

Коваленкова О.В.

Белорусский национальный технический университет

Современное состояние науки и техники требует более глубокого сравнения с принятым сейчас в школе изучения вопросов структуры вещества в конденсированном состоянии. При изложении элементов физики твердого тела необходимо рассмотреть классификацию кристаллов по типам связи, характер сил взаимодействия в каждом случае, тип пространственной решетки, дефекты в реальных кристаллах.

Важнейшие свойства кристаллов связаны с существованием дефектов. Без них невозможны были бы химические реакции, процесс диффузии и приращивания кристаллов. С природой и миграцией дефектов тесно связаны пластичность, прочность, электропроводность и другие свойства кристаллических материалов. В практике обычно подчеркивается сходство между жидкостью и газом: между ними существует непрерывный переход, они текучи и изотропны.

Однако между жидкостью и газом существуют резкие различия. Например, вязкость жидкости понижается с повышением температуры, а вязкость газа повышается. С другой стороны, существуют черты сходства между жидкостью и твердым телом: изменение её удельного объема при отвердевании гораздо меньше, чем при испарении; удельная теплота плавления намного меньше удельной теплоты парообразования и при плавлении обнаруживает хрупкость и прочность на разрыв; кроме того, существуют прямые доказательства, что при плавлении кристаллов сохраняется ближний порядок.

При изучении этой темы должна быть показана молекулярная картина текучести и упругости с точки зрения внутренней структуры, характера теплового движения частиц и времени деформации, что позволяет подчеркнуть сходство и различие в строении и механических свойствах жидкостей и твердых тел и отсутствие резкой грани между ними. С другой стороны, необходимо сопоставить свойства жидкостей и газов, кристаллов, проводя мысль о диалектическом единстве всех трех состояний в промежуточном положении жидкостей между газами и твердыми телами.

Изучение внутреннего строения, изучение механических свойств, объяснение их с точки зрения внутреннего строения - такой порядок изучения темы не только позволяет учащимся освоить теоретические знания, познакомиться с материалами, которые понадобятся им в их будущей деятельности, но и убедить в необходимости теоретических знаний, показав, зная структуру материала, можно объяснить его свойства и даже получить материалы с заданными свойствами.

## Графики в задачах по физике

Жарихина Л.П., Золотарева Л.Е.

Белорусский национальный технический университет

Анализ содержания текстов по физике, предлагаемых на вступительных испытаниях, показывает значительное увеличение числа заданий, требующих применения графических методов решения, либо с графическим способом задания данных необходимых для решения.

Если раньше это в большей степени касалось заданий из раздела механика, то сейчас их круг значительно расширился (электродинамика, термодинамика, молекулярная физика и т.д.) Как правило, подобные задачи вызывают у учащихся значительные затруднения при их анализе и понимании взаимосвязи изображенных на графике физических величин. При решении задач такого типа необходимо формировать у учащихся понимание общих закономерностей независимо от того к какому разделу физики они относятся. Так при линейной зависимости физической величины от времени (координаты, скорости магнитного потока от времени) тангенс угла наклона есть скорость изменения данной величины.

По такой же аналогии находится мгновенная скорость (скорость в данный момент времени) при равномерном движении из графика зависимости координаты от времени, как тангенс угла наклона касательной в данной точке траектории (параболы), значение скорости в точке, соответствующей вершине параболы.

Сложность вызывают задания, где приходится проводить сравнение нескольких кривых, описывающих один и тот же процесс и связывающих более двух неизвестных величин (давление, объем, масса или молярная масса для газов). Необходимо показать, что в подобных случаях для решения необходимо использовать помимо графиков и уравнения этих кривых.

Знания, необходимые для использования графиков в физических задачах, ученики приобретают на уроках математики, но отсутствие осмысленности в изучении этих предметов) приводит к полному неумению применять имеющиеся знания на практике при решении физических задач.

Полученные учащимися в школе навыки уметь читать графики, можно как и обратный процесс, а именно, представлять полученные результаты в виде графических зависимостей, позволят им быстрее и легче адаптироваться при изучении курса физики в вузе, включая как лекционный курс, так и лабораторный практикум.



Жарихина Л.П., Золотарева Л.Е.

Белорусский национальный технический университет

В связи с реформированием системы среднего образования уровень базовых знаний неуклонно снижается и хорошим примером этого являются результаты тестирования по физике и математике в 2007/2008 г.г.

Абитуриентам, выдержавшим вступительные испытания, приходится сталкиваться с серьезными проблемами при изучении физики в вузе.

Суть метода, предлагаемого к рассмотрению, основывается на практически одинаковой или симметричной математической записи физических законов из различных разделов физики, то есть проведение аналогий процессов и явлений, рассматриваемых в этих разделах. Например, практически одинаково записываются законы взаимодействия между неподвижными заряженными и незаряженными телами (закон всемирного тяготения и закон Кулона).

В этих законах сила взаимодействия пропорциональна произведению масс взаимодействующих тел (точечных зарядов) и обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами (точечными зарядами). Одинаковы по математической записи формулы изменения во времени величин, характеризующих гармонические, механические и электромагнитные колебания, форма записей законов сохранения механической и электромагнитной энергии.

Метод физических аналогий целесообразно применять в механике при записи кинематических и динамических уравнений, описывающих поступательное и вращательное движение тел и т.д.

Применение дифференцированных и интегральных уравнений при описании физических процессов и явлений, позволяет значительно расширить область этого метода при изучении курса физики в вузе, теория электромагнитного поля, квантовая механика, физика твердого тела, физическая статистика.

Использование метода физических аналогий при изучении физики способствует развитию логического мышления, облегчает запоминание большего числа законов и формул их описывающих, позволяет увидеть взаимосвязь между различными разделами физики и получить представление о физике как единой, стройной и логически завершающей науке.

## **Использование информационных технологий при обучении математике**

Канашевич Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

Деятельность педагога включает в себя несколько компонентов: учебно-воспитательный, учебно-методический, организационно-планирующий, контрольно-оценочный, коммуникативный. Рассмотрим возможности использования информационных технологий в деятельности учителя математики.

**Информационные технологии в учебно-воспитательной деятельности.** Изучение математики требует от учащегося абстрагирования от всех непосредственно воспринимаемых сенсорикой качеств. Таким образом, целесообразно использовать на уроке математики современные мультимедийные учебно-методические пособия, создаваемые с помощью PowerPoint, которые могут быть разработаны педагогом для конкретного урока с учетом особенностей и потребностей определенного класса. Возможен и другой, активный способ взаимодействия учащихся с учебной информацией (электронные учебники, тренажеры, контролирующие программы и др.), что создает благоприятные условия для индивидуализации обучения, способствует формированию более высокого уровня интеллектуального развития учащихся.

**Информационные технологии в учебно-методической деятельности и педагогическом общении.** С помощью Internet значительно расширяются возможности рядового педагога в направлении отслеживания изменений, новинок в области педагогической науки и практики.

**Информационные технологии в организационно-планирующей деятельности.** Создание базы данных Access, картотеки, библиотеки таблиц, схем и др. с помощью соответствующих информационных технологий позволит качественно и продуктивно планировать использование имеющиеся средств обучения и накапливать новые.

**Информационные технологии в контрольно-оценочной деятельности.** Оценочная деятельность имеет ряд недостатков, в том числе и субъективный характер оценки. Применение компьютерных технологий (например, приложение Office электронные таблицы Excel) облегчат процесс подсчета и обработки результатов, а главное позволят более объективно оценить уровень знаний и умений учащихся, проследить динамику.

Использование информационных технологий в педагогической деятельности при изучении математики создает благоприятные условия для более качественного, рационального, продуктивного обучения.

Егорова Л.В., Коваленок Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Решение задач с параметрами вызывают у абитуриентов определенные трудности, поскольку эти задачи, как правило, связаны с исследованием искомых решений в зависимости от значений параметров.

При решении задач с параметрами наряду с аналитическими методами достаточно эффективно применяется метод аналитической геометрии – координатный метод Декарта.

Решение данным методом, например, уравнения, содержащего параметр, приводит к необходимости рассмотрения на координатной плоскости однопараметрического семейства линий и связей с построением множеств и графиков функций.

Поэтому иногда этот метод относят к графо-аналитическим методам.

Можно, по аналогии, ввести понятие координатно-параметрической плоскости  $xOa$  или  $aOx$ , где  $x$  – координата,  $a$  – параметр, и построить координатно-параметрический метод (КП – метод) решения широкого класса задач с параметрами.

Координатно-параметрический метод основан на нахождении множеств всех точек КП – плоскости, значение координаты  $x$  и параметра  $a$  каждой из которых удовлетворяют заданному в условиях задачи условию.

Если указанное множество точек найдено, то можно каждому допустимому значению параметра  $a = \text{const}$  поставить в соответствие координаты  $x$  точек этого множества, дающее искомое решение задачи, или указать на значение параметра, при которых задача не имеет решения.

Универсальность предлагаемого метода позволяет решить достаточно широкий класс задач повышенной сложности.

Текстовые задачи на движение решаются с использованием методов теоретической механики, записывая уравнение движения для каждого участника. Эти уравнения связывают координаты движущегося тела во времени, зависимость между которыми достаточно наглядно иллюстрируется на КП-плоскости, что позволяет достаточно просто проводить математическую постановку соответствующую текстовой задаче.

Задачи, связанные с решением уравнений и неравенств, заменяются равносильными, допускающими простое решение на КП-плоскости.

Общая методика решения задач на логической отрицание в сочетании КП-методом позволяет достаточно эффективно решать многие задачи.

# **Математика и приложения**

## Поэтапный контроль знаний как фактор повышения качества знаний студентов

Алейникова З.М., Шидловская А.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Процесс обучения математике не может быть эффективным без обратной связи (студент-преподаватель), дающий преподавателю информацию об уровнях усвоения материала, о знаниях, умениях и навыках студентов, о возникновении у них трудностях, без преодоления которых невозможно прочное усвоение курса высшей математики. Такой контроль позволяет преподавателю осуществить обратную связь и использовать ее для того, чтобы выяснить достигнута ли цель обучения.

Авторы рассматривают внешний поэтапный контроль, его виды, организационные формы и методы проведения. Опыт показал, что целесообразно организовать поэтапный контроль знаний, при котором каждый студент оценивается по основным разделам курса.

Основа разработанной системы поэтапного контроля – многолетний опыт авторов и других преподавателей. Эффективность использования поэтапного контроля подтверждается проводимыми промежуточными экзаменами.

Ставится задача: научить студента I курса работать самостоятельно, правильно организовать работу, чтобы добиться глубоких и прочных знаний, овладеть элементарными навыками организации умственного труда.

Формы поэтапного контроля (для каждого студента разработаны индивидуальные задания):

- Проверочная КР по школьному курсу (знакомство со студентами)
- Периодически проводимые «экспресс» КР на 10 минут.
- Типовые расчеты.
- Индивидуальные домашние задания.
- Промежуточные экзамены.

Любая из этих форм не должна приводить к чрезмерной внеаудиторной загруженности студента. Основная часть поэтапного контроля должна проводиться на практических занятиях, отведенных на изучение темы с учетом бюджета времени студентов.

Правильно спланированный и соответствующим образом реализованный поэтапный контроль знаний – залог успешного изучения программного материала за семестр.

Разработано методическое обеспечение форм поэтапного контроля знаний студентов. Считаю целесообразным выдачу экзаменационных вопросов и образцов задач предстоящей сессии.

Адриянчик А. Н., Зубко О.Л.

Белорусский национальный технический университет

Анализ психолого-педагогической литературы показывает, что вопросы оптимальной организации учебной деятельности первокурсников в начальный период их обучения в вузе разработаны недостаточно. Эта проблема является весьма актуальной и практически значимой как в педагогическом, так и методическом, психологическом и социальном аспектах.

Объектом наших исследований явились студенты первого курса МСФ и ФИТР БНТУ, а предметом исследования формулирование путей адаптации первокурсников к успешной учебе в вузе.

В задачи исследования входило: изучение уровня психологических шаений студентов; изучение причин, определяющих трудности обучения первокурсников, проведение сравнительного анализа результатов учебной деятельности; формулирование путей адаптации первокурсников к успешной учебе в вузе.

Применялся комплекс методов исследования. Результаты исследований и опытная работа позволили сформулировать следующие пути адаптации первокурсников к успешной учебе в вузе: 1. Тесное сотрудничество вуза и школы. Школа должна учить трудному, но так чтобы усвоение этого трудного было радостно, победно, учить исследованию. 2. Ведение тестирования усугубляет адаптационный период студентов. Вместо ориентации абитуриента на приобретение системных знаний мы ограничиваемся фрагментными, ибо тест как форма контроля не учитывает специфику учебного предмета. Абитуриент ограничивается заучиванием формул, набиванием руки на решении однотипных задач. 3. Необходимо проводить тематические контроли и зачеты, промежуточные экзамены (коллоквиумы), обобщающие практические занятия. Проводить обобщающее повторение, систематизацию и структурирование программного материала не только по теме, но и по ряду тем. 4. Ужесточить контроль над пропусками студентов. Как показывает практика, студенты, обучающиеся на платной основе, позволяют себе пропускать лекционные и практические занятия без уважительной причины. 5. Стимулировать научно-практическую работу студентов путем активного привлечения их к участию в научно-практических конференциях и олимпиадах. 6. Целесообразным было бы введение на первом курсе с сентября по ноябрь месяц курса «Введение в математику», в рамках которого необходимо обобщить и систематизировать имеющиеся знания студентов по курсу школьной математики.

**Разработка и использование электронных конспектов лекций  
и практических занятий**

Бородич Л.И., Латышева И.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для улучшения качества учебного процесса одним из факторов является обеспечение студентов в достаточном количестве учебной и методической литературой.

Учитывая, что студенты не получают в полном объеме приемлемую учебную литературу, а также специфику преподавания математики на отдельных специальностях, желательно иметь тексты лекций и практических занятий в компьютерном варианте. Нами разработаны и составлены конспекты лекций и практических занятий для студентов 1 курса ФТУ БНТУ.

Конспекты лекций используются в учебном процессе по темам «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия»; практические занятия по темам «Введение в математический анализ», «Неопределенные и определенные интегралы».

При подготовке лекций и подборе задач для практических занятий необходимо было учитывать недостаточное число часов, отводимых рабочей программой на изучение математики, и недостаточно удовлетворительный уровень базовой подготовки студентов этого факультета. Объем предлагаемого материала обеспечивает проведение аудиторных занятий и самостоятельных домашних заданий.

Лекции и практические занятия, составленные в электронном варианте значительно сокращают время, отводимое для изучения каждой темы, позволяют решить в аудитории больше примеров и задач, что, несомненно, значительно повышает эффективность проводимых занятий и способствует улучшению процесса усвоения знаний студентами.

В настоящее время студенты, поступившие в ВУЗ, имеют навыки работы на компьютерах. Это помогает при изучении различных дисциплин, в том числе и по математике. Использование вариантов электронных конспектов лекций и практических занятий дает возможность: усилить индивидуальную работу студентов; привлечь студентов к использованию компьютеров в учебном процессе; ликвидировать дефицит в учебной литературе для отдельных специальностей.

При составлении практических занятий было уделено внимание подборке примеров и задач по уровню сложности от простых (решение которых предлагается слабым студентам) до более сложных, которые выполняют более подготовленные студенты.

Бричикова Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Белорусский национальный технический университет начал свою работу в 1920 году.

Планом учебных занятий Белорусского политехнического института на 1920/1921 учебный год предусматривалось следующее количество лекционных часов в неделю:

Отделение	I курс	II курс
Инженерно-строительное	10	4
Механическое	10	4
Культурно-техническое	10	4
Технико-химическое	5	
Электротехническое	5	
Агромеханическое	5	

Практические занятия учебным планом предусмотрены не были. Однако столкнулись со слабой подготовкой студентов и нехваткой учебной литературы, поэтому были введены практические занятия по высшей и элементарной математике. При этом элементарную математику изучали как на подготовительном отделении, так и на первом курсе [1].

28 марта 1921 года Совет деканов обсуждал вопрос о преподавании математики на всех факультетах и о сдаче зачетов. Постановили: 1) метод преподавания лекционный; 2) курс закончить первого июня; 3) сдача зачета должна быть закончена в июне; 4) не сдавшие математики не допускаются к слушанию лекций второго курса; 5) все сданные зачеты оцениваются отметкою “весьма” или “удовлетворительно” [2].

В протоколе №7 заседания Совета деканов и комиссии по пересмотру учебных планов от 4 января 1921 года отмечалось, что «в виду отсталости при прохождении на первом курсе математики, просить преподавателей ускорить окончание элементарной математики и перейти к изучению высшей математики (дифференциального и интегрального исчисления), о программе и преподавании коей просить их переговорить с преподавателем противления материалов» [3].

Литература

- 1) Национальный архив Республики Беларусь, ф.210, оп.1, № 3, л. 11.
- 2) Национальный архив Республики Беларусь, ф.210, оп.1, № 3, л. 44.
- 3) Национальный архив Республики Беларусь, ф.210, оп.1, № 3, л. 17.



## О некоторых обобщениях функций гипергеометрического типа и их применении

Вирченко Н.А.

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

Многочисленность задач, приводящих к специальным функциям, вызывает огромный рост количества специальных функций, их обобщений, применяемых в различных приложениях [1] и др.

Среди специальных функций выделяются гипергеометрические функции, именно – их обобщения, частные случаи. В [3] рассмотрено  $(\tau, \beta)$ -обобщенную гипергеометрическую функцию Гаусса, в [2] –  $r$ -обобщенную вырожденную (конфлюэнтную) гипергеометрическую функцию.

Рассмотрим:

$${}_r\tilde{F}(a; b; c; z) = \tilde{F}(z) \equiv \frac{1}{B(b, c-b)} \int_0^1 t^{b-1} (1-t)^{c-b-1} (1-zt)^{-a} {}_1\Phi_1^{\tau, \beta} \left( \alpha; \gamma; -\frac{r}{t(1-t)} \right) dt, \quad (1)$$

где  $\operatorname{Re} c > \operatorname{Re} b > 0, r > 0; r = 0, |z| < 1; \operatorname{Re} \gamma > \operatorname{Re} \alpha > 0, \{\tau, \beta\} \subset \mathbb{R}, \tau - \beta < 1, \tau > 0$ ,  $B(\dots)$ -бета-функция,  ${}_1\Phi_1^{\tau, \beta}(\alpha; \gamma; z)$  —  $(\tau, \beta)$ -обобщенная вырожденная гипергеометрическая функция [2].

При условиях существования функции  ${}_r\tilde{F}(z)$  справедливы следующие формулы дифференцирования:

$$\frac{d^n}{dz^n} {}_r\tilde{F}(a; b; c; z) = \frac{(a)_n (b)_n}{(c)_n} {}_r\tilde{F}(a+n, b+n; c+n; z). \quad (2)$$

Приведем примеры интегрального представления функции  ${}_r\tilde{F}(z)$ :

$${}_r\tilde{F}(a, b; c; z) = \frac{1}{B(b, c-b)} \int_1^{\infty} t^{a-c} (1-t)^{c-b-1} (t-z)^{-a} {}_1\Phi_1^{\tau, \beta} \left( \alpha; \gamma; -\frac{rt^2}{t-1} \right) dt. \quad (1)$$

### Литература

1. Kilbas A.A., Saigo M. H-Transforms. – Chapman and Hall/CRC, 2004 390 p.
2. Virchenko N. On the generalized confluent hypergeometric function and its application // J. "Fract. Calculus and Appl. Anal." – 2006. – 9, N2. – P. 101-108
3. Вирченко Н.О. Узагальнені спеціальні функції та їх застосування // Науковий вісник НТУУ "КПІ" . – 2006. – №4. – с. 42-49.

## Принцип $\varepsilon$ -максимума в линейной задаче оптимального управления гибридной системой

Габасова О.Р.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается линейная задача оптимизации гибридной системы

$$J(u, v) = c'_x x(t^*) + c'_y y(t^*) \rightarrow \max_{u(\cdot), v(\cdot)}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \dot{x} = A_x(t)x + A_y(t)y + b_x(t)u, & t \in T; x(t_0) = x_0; \\ y(t + h_y) = A_y(t)y(t) + h_y b_y(t)v(t), & t \in T_v; y(t_0) = y_0; \end{cases}$$

$$H_x x(t^*) + H_y y(t^*) = g.$$

Принцип  $\varepsilon$ -максимума для задачи (1) получается с помощью критерия  $r$ -оптимальности [1] планов задачи линейного программирования [2], эквивалентной (1). Для этого вводятся необходимые понятия: опора, вектор потенциалов, копрограмма и котраектория.

Критерий субоптимальности в терминах введенных понятий для задачи (1) звучит следующим образом:

**Теорема (принцип  $\varepsilon$ -максимума).** При любом  $\varepsilon \geq 0$  для  $\varepsilon$ -оптимальности программы  $(u(\cdot), v(\cdot))$  необходимо и достаточно, чтобы существовала такая опора, при которой на сопровождающей ее котраектории  $(\psi_x(\cdot), \psi_y(\cdot))$  выполняются условия квазимаксимума:

$$\begin{aligned} \int_r^{r+h_x} \psi'_x(\mu) b_x(\mu) d\mu \cdot u(\tau) &= \max_{u \in U} \int_r^{r+h_x} \psi'_x(\mu) b_x(\mu) d\mu \cdot u - \varepsilon_u(\tau), \tau \in T_{un} = T_u \setminus T_{uon}; \\ \psi'_y(s + h_y) b_y(s) v(s) &= \max_{v \in V} \psi'_y(s + h_y) b_y(s) v - \varepsilon_v(s), s \in T_v = T_v \setminus T_{von}; \\ \sum_{\tau \in T_{un}} \varepsilon_u(\tau) + \sum_{s \in T_{vn}} \varepsilon_v(s) &\leq \varepsilon. \end{aligned}$$

Доказательство основано на формуле приращения критерия качества и проводится аналогично доказательству соответствующего результата для задач линейного программирования.

Литература

1 Альсевич, В.В. Оптимизация линейных экономических моделей. Статистические задачи / В.В. Альсевич, Р. Габасов, В.С. Глушенков. – Мн.: БГУ, 1990. – 210 с.

2 Габасова, О.Р. Оптимизация линейных гибридных систем управления / О.Р. Габасова // Вестник БНТУ. – 2007. – № 2. – С. 71 – 75.

## О построении интегрального преобразования Меллина и его приложениях

Гахович А.С.

Белорусский национальный технический университет

Из общей схемы построения интегральных преобразований, предложенной автором в ранее опубликованной работе, для случая дифференциального оператора частного вида  $T = t \frac{d}{dt}$  получена интегральная пара известного преобразования Меллина:

$$F(s) = \int_0^{+\infty} f(t)t^{s-1} dt, \quad s = \delta_0 + i\tau, \quad \delta_0, \tau \in R; \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\delta_0 - i\infty}^{\delta_0 + i\infty} F(s)t^{-s} ds, \quad (2)$$

для  $f(t)$ , удовлетворяющих условию

$$f(t)t^{\delta_0-1} \in L(0; +\infty). \quad (3)$$

В зависимости от конкретной области приложений полученного преобразования различают две его модификации.

В теории специальных функций используют, как правило, интегральную пару (1), (2) и соответствующие функции  $f(t)$ , удовлетворяющие условию (3), называют оригиналами в широком смысле.

В приложениях к ДУ рассматривают оригиналы  $\tilde{f}(t)$  в узком смысле определяемые формулой  $\tilde{f}(t) = f(t) \cdot l(t)$ , где  $l(t)$  - единичная функция

$$l(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq t \leq 1, \\ 0 & \text{при } t > 1. \end{cases}$$

В зависимости от специфики решаемых задач могут быть использованы оригиналы обоих типов.

Преобразование Меллина – более универсальный математический аппарат, чем преобразование Лапласа. Аналогом последнего является преобразование (1) для оригиналов в узком смысле

$$F(s) = \int_0^1 \tilde{f}(t)t^{s-1} dt,$$

которое формально можно получить из преобразования Лапласа с помощью соответствующей замены переменной.

## Особенности изложения курса математики для студентов инженерно-педагогических специальностей

Емеличева Е.В., Лошкарева С.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Используя и обобщая многолетний опыт работы со студентами инженерно-педагогического факультета на кафедре «Высшая математика № 1» были разработаны и изданы «Методические указания к практическим занятиям по высшей математике». Необходимость этого пособия была вызвана недостатком имевшегося ранее практического материала. С течением времени изменились некоторые приоритеты в изложении материала, а также характер решаемых задач, их постановка, требование к самим решениям.

В настоящих методических указаниях содержится подборка задач, разбитая по темам практических занятий. Три части этих методических указаний соответствуют трем семестрам, в течение которых изучается высшая математика. Первая часть включает в себя задачи по матричной и векторной алгебре, задачи по вычислению пределов и задачи по теме «Производная». Вторая часть включает в себя задачи по темам «Интегралы» и «Дифференциальные уравнения», третья часть состоит из задач по темам «Кратные интегралы», «Ряды» и «Теория вероятностей».

Задача состояла в том, чтобы обеспечить практическим материалом и материалом для самоподготовки студентов, изучающих высшую математику как в течение двух семестров (специальности 1095\*\*), так и студентов, занимающихся три семестра (специальности 1093\*\*), исходя из того, что в течение первых двух семестров у них общий курс лекций и практических занятий. В соответствии с этим и определялась структура пособия. По теме каждого практического занятия даны формулировки и решения типовых задач с подробными объяснениями, а затем предложены аналогичные задачи с ответами, что помогает овладеть основными методами их решения. Подборка задач соответствует уровню, необходимому для изучения высшей математики студентами инженерно-педагогических специальностей.

Кроме того, это пособие в электронном виде может быть роздано всем студентами, что обеспечивает всю группу одинаковым практическим материалом и облегчает проведение занятий. Работа со студентами показала большую эффективность данной меры.

Издание в БНТУ данных методических указаний продиктовано стремлением облегчить студентам процесс усвоения математических знаний и повысить качество математической подготовки.

## Достаточные условия спектральной приводимости и стабилизируемости системы нейтрального типа

Карпук В. В., Метельский А. В.

Белорусский национальный технический университет

Изучается система линейных автономных уравнений нейтрального типа

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A_0 x(t) + A_1 x(t-h) + C_1 \dot{x}(t-h) + bu(t), & t \geq 0, \\ x(t) = \varphi(t), & t \in [-h, 0], \quad \varphi(\cdot) \in C([-h, 0], \mathbf{R}^n), \end{cases} \quad (1)$$

где  $u$  – скалярное управление,  $A_0, A_1, C_1$  – постоянные  $n \times n$ -матрицы,  $b$  – постоянный  $n$ -вектор,  $h > 0$  – запаздывание. Обозначим:  $E_n$  – единичную матрицу,  $\mathbf{C}$  – множество комплексных чисел.  $D(p) = A_0 + A_1 e^{-ph} + C_1 p e^{-ph} - p E_n$  – характеристическую матрицу системы (1). Набор корней  $\sigma = \{p_i \in \mathbf{C}, i = 1, 2, \dots | d(p) = 0\}$  – характеристического квазиполинома  $d(p) = \det D(p)$  называют спектром системы (1).

К системе (1) добавим регулятор

$$u(t) = \sum_{i=0}^m \left( F_i x(t - ih) + \int_0^{ih} K_i(s) x(t - s) ds \right), \quad (2)$$

где  $F_i$  – постоянные  $n$ -векторы,  $K_i(\cdot)$  –  $n$ -векторы с квазиполиномиальными компонентами,  $m$  – некоторое натуральное число. Пусть  $\sigma'$  – спектр замкнутой системы. Выберем коэффициенты регулятора (2) так, чтобы замкнутая система (1)-(2): 1) имела конечный спектр (задача спектральной приводимости); 2) была асимптотически устойчивой ( $\operatorname{Re} p_i < 0$ ,  $p_i \in \sigma', i = 1, 2, \dots$ ) (задача стабилизируемости). Доказана теорема.

**Теорема.** Условия полной управляемости [1] системы (1) второго порядка ( $n = 2$ ): 1)  $\operatorname{rank}[D(p), b] = 2 \forall \lambda \in \mathbf{C}$ ; 2)  $\operatorname{rank}[b, C_1] = \operatorname{rank}[b, C_1 h]$  достаточны для спектральной приводимости и стабилизируемости этой системы.

Получены выражения для коэффициентов  $F_i$  и  $K_i(\cdot)$  регулятора (2), обеспечивающие спектральную приводимость и стабилизируемость замкнутой системы (1)-(2).

1. Карпук, В. В., Метельский, А. В., Минюк, С. А. Задачи идентифицируемости и управляемости для линейных автономных систем нейтрального типа второго порядка // Дифференц. уравнения. 2005. Т. 41, № 4. С. 455-463.

\*Климович В.М., Корчеменко С.В.

\*Белорусский национальный технический университет  
Военная академия Республики Беларусь

Существуют три основных вида контроля: 1) текущий, 2) тематический и 3) итоговый.

*Текущий контроль* осуществляется в ходе проведения практических занятий, предусмотренных расписанием. Опрос студентов на занятиях является наиболее распространенным методом проверки и оценки знаний, умений и навыков. Нами применяются следующие виды опроса: индивидуальный, фронтальный, письменный и комбинированный. При индивидуальном опросе требуется от студента, вызванного к доске, предъявить тетрадь с выполненным домашним заданием, ответа на поставленные теоретические вопросы и умения решать предложенную задачу. В итоге студенту обязательно выставляется оценка по десятибалльной системе. Хорошо зарекомендовал фронтальный опрос, при котором преподаватель задает теоретические вопросы или спрашивает каким методом надо решать предложенную задачу, обращаясь к студентам группы. Этим методом преподаватель, проходя по рядам аудитории, быстро проверяет наличие выполненного домашнего задания. При письменном опросе студентам предлагается письменная работа, рассчитанная на 10-15 минут.

По пройденной теме или разделу проводится тематический контроль. Если учебным планом предусмотрена контрольная работа, рассчитанная на два часа, то это является эффективным методом проверки и оценки умений и знаний по пройденной теме. В такую контрольную работу полезно включать и теоретические вопросы. Важными методами проведения тематического контроля являются проведение коллоквиумов и программированного контроля или так называемого метода тестирования. Выдача и прием расчетно-графических работ в виде собеседования дает возможность проверить знания студентов по определенному разделу программы. Полезно студентам рекомендовать писать рефераты, имеющие прикладную направленность.

Применение компьютеров при проведении текущего и тематического контроля знаний студентов по математике теперь рассматривают как новую технологию обучения. Нами разработаны компьютерные тестирующие программы по некоторым темам математики. Такая методика проведения текущего и тематического контроля знаний по математике активизирует самостоятельную работу студентов, что в конечном итоге способствует повышению уровня подготовки будущих специалистов.

## Аппроксимация решения смешанной задачи для одномерного уравнения теплопроводности

Ласый П.Г.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается классическая задача о распределении температуры в тонком, однородном, теплоизолированном стержне конечной длины без источников теплоизлучения, концы которого поддерживаются при нулевой температуре и в каждой точке стержня задана начальная температура.

Математической моделью этой задачи является однородное одномерное уравнение теплопроводности  $\partial_t u = a^2 \partial_{xx} u$ ,  $x \in [0, l]$ ,  $t \geq 0$  (1)

при однородных граничных условиях и заданном начальном условии

$$u(x, 0) = f(x), \quad x \in [0, l].$$

Точное и приближенное решение данной задачи найти методом Фурье весьма затруднительно, поскольку приходится вычислять коэффициенты ряда Фурье, да и погрешность метода оценить непросто. В настоящем докладе предлагается другой способ решения данной задачи, основанный на представлении решения с помощью специальной пси-функции

$$\Psi_k(\lambda, t, z) = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\lambda n^2 t} n^{-k} z^n,$$

являющейся быстро сходящимся степенным рядом.

**Теорема.** Точное решение данной смешанной задачи для уравнения теплопроводности (1) выражается через пси-функцию по формуле

$$u(x, t) = \frac{1}{l} \int_0^l f(s) \operatorname{Re}(\Psi_0(\alpha, t, e^{i\omega(s-x)}) - \Psi_0(\alpha, t, e^{i\omega(s+x)})) ds,$$

где  $\alpha = (\pi a / l)^2$ ,  $\omega = \pi / l$ , а приближенное – по формуле

$$u(x, t) \approx u_n(x, t) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^n f\left(x_{k-1} + \frac{h}{2}\right) \operatorname{Im}\left(\Psi_1(\alpha, t, e^{i\omega(s-x)}) - \Psi_1(\alpha, t, e^{i\omega(s+x)})\right) \Big|_{x_{k-1}}^{x_k},$$

$x_k = (k-1)h$ ,  $h = l/n$ . Погрешность вычисления имеет первый порядок малости относительно шага  $h$  разбиения отрезка  $[0, l]$  равномерно по этому отрезку и полуоси  $t \geq t_0 > 0$ . Кроме того, погрешность исчезает равномерно по  $x \in [0, l]$  при  $t \rightarrow +\infty$ .

**Замечание.** С помощью пси-функции может быть также представлено решение уравнения теплопроводности (1) при наличии источников теплоизлучения и неоднородных граничных условиях.

**Контрольный срез по математике для студентов  
экономических специальностей**

Матвеева Л.Д., Шавель Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Традиционными формами контроля знаний студентов по математике в семестре в БНТУ являются выполнение типовых расчетов, контрольных работ и экзамен. Многоступенчатая система контроля знаний способствует активизации познавательной деятельности студентов, выработке у них устойчивой привычки последовательно и основательно овладевать программным материалом.

За редким исключением типовые расчеты и контрольные работы для студентов экономических специальностей БНТУ предусмотрены только в первом семестре. В результате контроль знаний ограничивается одним экзаменом в семестре. Зачастую студенты не в состоянии самостоятельно оценить свои знания в течение семестра и организовать самостоятельную работу по закреплению пройденного материала. Нередко это приводит к неудовлетворительным результатам на экзамене.

Сложившаяся ситуация требует внесения корректив в организацию учебного процесса. Авторы работы предлагают проводить так называемые контрольные срезы по темам, выделяя ключевые моменты изучаемого раздела по математике. Задания составляются в виде систематически подобранных индивидуальных тестов, на выполнение которых затрачивается не более 15 минут. В каждом контрольном задании предлагается несколько вариантов ответов. При этом подбор задач предполагает их быстрое решение при условии, что студент знает методику применения основных формул по изучаемой теме. Например, в разделе «Дифференциальные уравнения» студент должен определить тип дифференциального уравнения, уметь применить методику решения конкретного уравнения, владеть техникой вычисления неопределенных интегралов. Такой подход позволяет в рамках одного теста достигнуть широкого охвата типовых задач и методов их решения.

Авторы отмечают, что в результате регулярного проведения контрольных срезов: каждый студент в состоянии оценить свои знания по теме; преподаватель имеет четкое представление о степени усваивания изученной темы и подготовке студентов; обеспечивается непрерывный контроль над работой студентов в течение семестра. В дальнейшем предполагается внести в тексты два уровня задач, различающихся по сложности. Первый уровень будет подразумевать знание элементарных формул, а второй рассчитан на развитие навыков решения прикладных задач.



## О полилогарифмах и дзета-функции Римана

Мелешко И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Полилогарифмами порядка  $s$  называются функции комплексного переменного, определяемые в круге единичного радиуса следующими рядами

$$L^s(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^s} z^k, \quad L_s^s(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k^s} z^k.$$

При  $s = 1$  полилогарифмы представляют собой логарифмические функции

$$L^1(z) = -\ln(1-z), \quad L_1^1(z) = -\ln(1+z).$$

Полилогарифм второго порядка

$$L^2(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} z^k$$

принято называть дилогарифмом Эйлера.

Ряды, которыми определены полилогарифмы, входят в представления решений многих задач механики, математической физики и прикладной математики. Эти специальные функции нашли применение также в теории аналитических функций, алгебраической геометрии, теории чисел и других разделах математики.

При исследовании полилогарифмов была замечена их связь с известной дзета-функцией Римана.

Ряд  $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^s}$  равномерно сходится во всякой области, в которой  $\operatorname{Re} z \geq 1 + \delta$ ,  $\delta > 0$ . Следовательно, в такой области этот ряд является аналитической функцией от  $z$ . Последняя называется дзета-функцией Римана

$$\zeta_R(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^z}, \quad \operatorname{Re} z \geq 1 + \delta, \quad \delta > 0.$$

Эта функция играет важную роль в теории чисел. Вопрос о распределении нулей дзета-функции Римана не имеет полного решения до настоящего времени.

Риман выдвинул гипотезу, что все нули функции  $\zeta_R(z)$ , лежащие в полосе  $0 \leq \operatorname{Re} z \leq 1$ , расположены на прямой  $\operatorname{Re} z = \frac{1}{2}$ . Доказано, что на этой прямой лежит бесконечное множество нулей дзета-функции Римана

## К методологии виброзащиты систем транспортных средств

Микулик Н.А., Рейзина Г.Н., Воронович Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Проблема проектирования виброзащитных систем ТС является актуальной и нуждается в разработке как методов, отражающих многофункциональную связь между ее элементами, так и применение новых технологий, в частности, интеллектуальных жидкостей магнито и электрореологических суспензий, меняющие свои реологические характеристики под воздействием внешних электрических (магнитных) полей.

Исходя из многолетнего научного опыта авторов в решении данной проблемы разработана методология, которая реализуется последовательностью этапов:

### Этап 1.

- Определение потенциальных свойств виброзащитной системы ВС (весовых, упругих и демпфирующих характеристик).
- Определение режимов эксплуатации (плотности вероятностей распределения скоростей и нагрузочных режимов, внешних возмущений).
- Декомпозиция системы вплоть до двухмассовых систем.

### Этап 2.

- Построение расчетной схемы (плоской и пространственной).
- Разработка алгоритмической модели системы.
- Построение математической модели.
- Разработка программного обеспечения.
- Проверка адекватности математической модели виброзащитной системы (ВС).

### Этап 3.

- Анализ ВС при различных входных воздействиях.
- Выбор оптимальных параметров ВС (формирование локальных критериев; определение набора варьируемых параметров и диапазонов их изменения; формирование функциональных ограничений; выбор метода оптимизации; задание уровней критериальных ограничений).

Основой методологии исследования виброзащиты многомассовой физической системы является математическое моделирование, численный эксперимент. Составление функциональных зависимостей между элементами ВС при исследовании ее состояния позволяет учитывать как конструктивные особенности технического объекта, так и его условия эксплуатации.

**Применение инновационных технологий при изучении  
математики в техническом университете**

Микулик Н.А., Рейзина Г.Н.

Белорусский национальный технический университет

Наука математика представляет студентам уникальные возможности для формирования и развития творческих способностей.

Поэтому и в подготовке инженера необходимо использовать инновационные технологии, в том числе модульно-блочный и проблемный методы, компьютерные технологии и др. Блочный метод позволяет студентам осваивать курс по частям блокам, что способствует лучшему пониманию материала следующего за предыдущим блоком. Создаваемые преподавателем при прохождении курса науки проблемные ситуации обеспечивают творческое участие обучаемых в процессе формирования учебных умений.

Использование компьютеров на лекционных, практических и лабораторных занятиях позволяет сократить время на изложение теоретического материала и решение задач, громоздкие вычисления возложить на компьютер. В электронных учебных пособиях можно разместить доказательства утверждений, которые не доказываются на лекциях, а также яркие иллюстрации теоретических положений. Например, при рассмотрении уравнений кривых и поверхностей второго порядка показать изменение их формы при изменении коэффициентов в уравнениях.

Требуются инновации при организации и руководстве формами самостоятельной работы студентов, к которым относятся:

- самостоятельное изучение тем курса и составление конспекта;
- самостоятельная работа на практических занятиях под руководством преподавателя;
- выполнение индивидуальных заданий;
- написание рефератов на темы, предусмотренные и непредусмотренные учебной программой;
- подготовка докладов и выступление с ними на семинарах;
- участие студентов в выполнении НИР на кафедре;
- выполнение исследовательской работы под руководством преподавателей;
- подготовка докладов и выступление с ними на студенческих научных технических конференциях;
- подготовка к печати студентами вместе с преподавателями статей;
- участие студентов в студенческих олимпиадах;
- участие в республиканском смотре студенческих НИР.

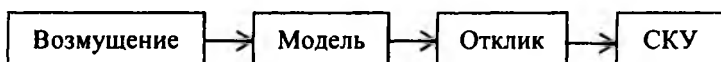
## Применение программы MathCAD для выбора параметров демпфирующего устройства

Микулик Т.Н., Рейзина Г.Н.

Белорусский национальный технический университет

Уровень комфортабельности транспортного средства определяется сочетанием упругих и демпфирующих свойств виброзащитной системы, поэтому выбор характеристик демпфирующего устройства применительно к условиям эксплуатации является необходимым.

Основой разработанной математической модели виброзащитной системы являются дифференциальные уравнения второго порядка. Блок-схема решения математической модели с целью определения среднеквадратических ускорений (СКУ) представлена на рисунке ниже.



В качестве основных блоков программы используют «Начало», «Математическая модель», «Результат». Исходными данными являются шаг эксперимента, который был принят 0,005 с, что связано с получением частоты спектра 50-70 Гц.

В блоке «Модель» задаются параметры: массы, моменты инерции, скорости. Ординаты неровностей задаются в виде отдельных файлов и описываются полиномом второй степени. В блоке «Отклик» накапливаются данные, из которых массивы ускорений отправляются в файлы для спектрального анализа.

Корреляционная функция  $K_i$  определяется по формуле

$$K_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-n} z_i z_{i+n},$$

где  $N$  – количество элементов массива вертикальных ускорений  $z_i$ ,  $n$  – текущий номер элемента массива,  $i$  – порядковый номер элемента.

Для нахождения среднеквадратических ускорений исследуемой подвешенной массы, задаем начальное значение жесткости системы, затем начинаем подбор коэффициентов демпфирования до тех пор, пока значение спектральной плотности в диапазоне 1-20 Гц будет минимальным. По этим данным определяем среднеквадратическое отклонение исследуемой виброзащитной системы и коэффициент демпфирования.

## Исследование полей корневых траекторий кругового образа динамических систем

Несенчук А.А., Микулик Г.С.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Исследуются динамические свойства систем управления динамическими объектами, параметры которых точно не определены [1]. Используются корневой подход, который представляется наиболее целесообразным для анализа и синтеза подобных систем, поскольку наглядно отражает изменение динамических свойств систем в ответ на параметрические вариации. В его основу положена математическая модель системы в форме корневого портрета [1], описывающая семейство систем семейством полей корневых траекторий определенного типа. Особый интерес представляют поля корневых траекторий кругового образа [1], поскольку они позволяют формировать и определенным образом ориентировать в плоскости собственных частот (корней системы) замкнутые многолистные области корней, ограничивающие некоторые динамические свойства систем.

Динамика системы управления с параметрической неопределенностью описывается семейством характеристических уравнений вида  $s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n = 0$ , где коэффициенты  $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n$  линейно зависят от некоторого неопределенного параметра  $k$ . Тогда уравнение траекторий корней в общем виде определяется в форме

$$k = f(s) = -\frac{\phi(s)}{\psi(s)} = u(\sigma, \omega) + iv(\sigma, \omega) = 0,$$

где  $u(\sigma, \omega)$ ,  $v(\sigma, \omega)$  – гармонические функции двух независимых действительных переменных  $\sigma$  и  $\omega$ ,  $s = \sigma + i\omega$ . Это уравнение положено в основу формирования полей корневых траекторий систем, которые определяются функцией поля и уравнением его линий уровня [1].

Получены аналитические и графические поля корневых траекторий кругового образа [1] для динамических систем различных порядков с параметрической неопределенностью. В результате проведенного исследования выявлены закономерности конфигурации полей, особенности их локализации в плоскости корней для случаев наличия нулей передаточной функции разомкнутой системы и их отсутствия. Определены особенности параметрического синтеза систем для указанных случаев.

Литература

1. Несенчук, А.А. Анализ и синтез робастных динамических систем на основе корневого подхода / А.А. Несенчук. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2005.

## Моделирование процессов переноса радионуклидов при наличии процессов сорбции-десорбции в пористых средах

Очеретняя О.П.

Белорусский национальный технический университет

Процессы адсорбции играют важную роль в круговороте радионуклидов в живой и неживой природе, в поглощении или выделении радионуклидов живыми организмами и растительным миром, в обмене радионуклидами между атмосферой и грунтом, извлечении радионуклидов из воды, продуктов питания, из живых организмов различными сорбционными методами.

Рассматривается решение уравнения диффузии с равновесной сорбцией при классических и обобщенных граничных условиях методом преобразований Лапласа, примененным к одномерному уравнению вида

$$\alpha(z) \frac{\partial c}{\partial t} + \nu(z) \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{1}{z^m} \frac{\partial}{\partial z} \left( z^m D(z) \frac{\partial c}{\partial z} \right) - \delta(z)c + I_m(z, t)$$

при начальном условии  $t=0, c(z,0)=\varphi(z)$

и обобщенных условиях  $z=h$

$$\alpha \frac{\partial c}{\partial t} + \beta \frac{\partial c}{\partial z} + \gamma c = \delta(t), c(0) = c_0 .$$

Для определения скорости необходимо решать уравнение диффузии совместно с уравнением движения, уравнением энергии и другими уравнениями, описывающими реальные процессы тепло- и массо-переноса. Если же ограничиться рассмотрением одного уравнения диффузии и уравнением Фика, то в этом случае необходимо задавать закон изменения скорости, в общем случае как функцию координат и времени. Методы интегральных преобразований с конечными и бесконечными пределами и метод разделения переменных применяются для исследования процессов диффузии, фильтрации применяются при определенных ограничениях.

Поскольку все характеристики неоднородных сред в эксперименте определяются с погрешностями, то весьма эффективно для решения конкретной задачи применять метод аппроксимаций характеристик неоднородных сред с такими функциями, который позволяет свести исходное уравнение к такому уравнению, структура которого весьма близка к исходному, но решения которого можно получить значительно проще или они уже известны. Из различных возможных уравнений следует отдать предпочтение тому, решение которого наиболее адекватно данной конкретной задаче.

**Методика чтения лекций по разделу «Элементы математической статистики» для специальности «Таможенное дело»**

Покатилова М.Н.

Белорусский национальный технический университет

Курс высшей математики для специальности 96.01.01 «Таможенное дело» рассчитан на три семестра и читается по учебной программе для экономических специальностей вузов. В БНТУ на этот курс отводится 2009/10 уч.г. 204 аудиторных часа.

В рамках этого курса на кафедре «Высшая математика № 2» проводится ориентирование на приложение математических методов в профессиональной деятельности, согласованное с выпускающей кафедрой. При подавании раздела «Теория вероятностей и математическая статистика» ориентировано главным образом на приложение математических методов к решению практических задач.

Курс «Таможенная статистика» изучает особенности статистики отрасли, что приводит к необходимости совершенствования методики чтения раздела «Теория вероятностей и математическая статистика». Число часов на курс «Основы высшей математики» уменьшилось. Для математического обеспечения курса «Таможенная статистика», по нашему мнению, следует подробнее остановиться на следующих вопросах: основные понятия дисперсионного анализа; однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ; модели и основные понятия корреляционного и регрессионного анализа; нелинейная регрессия; множественная линейная регрессия и корреляция; проверка значимости уравнения и коэффициентов уравнения регрессии; модели временных рядов.

Автор предлагает совершенствование методики изучения раздела «Теория вероятностей и математическая статистика» вести в направлении организации управляемой самостоятельной работы. С этой целью подготовлен электронный вариант лекций по обсуждаемому разделу. Студенты получают распечатку лекций, в которых доказательства пропущены. Во время занятия студенты слушают лекцию и, приводимые преподавателями доказательства, вставляют в пропущенные места в имеющиеся у них тексты лекций. В конце текста каждой лекции приведен перечень контрольных вопросов по выявлению того, насколько студент усвоил материал. Опрос проводится на практике.

Учебно-производственный план раздела составлен так, что темы практических занятий соответствуют теме предшествующей лекции. Опрос студентов по контрольным вопросам проводится на следующем после лекции практическом занятии.

**Присоединенная группа ассоциативного кольца, нильпотентного,  
как кольцо Ли**

Смирнов М.Б.

Белорусский национальный технический университет

Изучается взаимосвязь между некоторыми типами ассоциативных колец и их группами единиц (присоединенными группами). Вопрос о взаимном влиянии различных свойств колец и их присоединенных групп довольно часто встречается в литературе (Ч.Лански, К.Элдридж, А.Залесский, Н.Гупта и др.). В частности, для групповых алгебр конечных групп Элдридж устанавливает критерий нильпотентности их групп единиц. Для произвольных нильпотентных ассоциативных колец автором было доказано, что если ассоциативное кольцо нильпотентно как кольцо Ли класса  $n$ , то его группа единиц нильпотентна класса  $f(n)$ , где  $f(n) = n$  при  $n \leq 3$  и  $f(n) \leq 2n - 3$  при  $n > 3$ .

Что касается обратной задачи о строении некоторых типов ассоциативных колец с нильпотентной присоединенной группой, то стоит отметить, что она решена для групповых алгебр конечных групп. Пример группового кольца нильпотентной группы без кручения показывает, что задача содержательна только для колец с относительно большой группой единиц. Подходящий с этой точки зрения класс колец – это радикальные кольца, нилькольца, локально нильпотентные кольца (здесь под группой единиц понимается присоединенная группа кольца). Для радикальных колец известно, что если присоединенная группа радикального кольца  $R$  нильпотентна класса  $n$ , то кольцо Ли  $R_L$  нильпотентно класса  $f(n) \leq 2n - 2$ .

В данной работе улучшается эта оценка, а при дополнительном условии, что кольцо без 3-кручения, удалось получить ее окончательное значение  $f(n) = n$ . Другими словами, доказана следующая

**Теорема.** Пусть  $R$  – радикальное кольцо и его присоединенная группа нильпотентна класса  $n$ . Тогда

1) Кольцо Ли  $R_L$  нильпотентно класса  $f(n)$ , где

$$f(n) = \begin{cases} \frac{1}{2}(3n-2) & \text{при четном } n \\ \frac{1}{2}(3n-3) & \text{при нечетном } n. \end{cases}$$

2) Если кольцо  $R$  без 3-кручения, т.е.  $3r = 0$  влечет  $r = 0$ , то  $f(n) = n$ .



Определители Гурвица и подалгебры алгебр  $su(p,q)$ 

Рудый А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Пусть  $\varphi: sl(r+1, C) \rightarrow sl(V)$  неприводимое представление алгебры  $sl(r+1, C)$ . Если  $G_\sigma$  – вещественная форма алгебры  $sl(r+1, C)$ , то  $\varphi(G_\sigma) \subset su(p, q)$ , где  $p+q = \dim V$ . Пусть  $\delta = p - q$ . В настоящей работе получены достаточные условия равенства 0 значений  $\delta$ . Пусть  $\lambda$  – старший вес представления. Обозначим через  $\omega_i, i = 1, \dots, r$  базисные представления,

$\omega_i = \left( \underbrace{1, \dots, 1, 0, \dots, 0}_{i \quad r+1-i} \right) - \frac{i}{i+1} \left( \underbrace{1, \dots, 1}_{r+1} \right)$ , где координаты заданы в базисе

Вейля. Пусть  $\bar{\omega}_i = \left( \underbrace{1, \dots, 1, 0, \dots, 0}_{i \quad r+1-i} \right), i = 1, \dots, r$ .

Рассмотрим вектор  $\bar{\lambda} + \bar{\rho} = \sum_{i=1}^r (\lambda_i + 1) \bar{\omega}_i$ . Назовем представление  $\varphi$  представлением типа  $(e, o)$ , если  $e$  – число четных, а  $o$  – число нечетных координат вектора  $\bar{\lambda} + \bar{\rho}$  в базисе Вейля.

Рассмотрим вещественные формы  $G_\sigma = su(i, r+1-i), i = 1, 2, \dots, \left[ \frac{r}{2} \right]$ . Тогда, если  $e < i$  или  $e > r+1-i$ , то  $\delta(su(i, r+1-i)) = 0$ . Или, что эквивалентно: если  $o < i$ , или  $o > r+1-i$ , то  $\delta(su(i, r+1-i)) = 0$ .

При доказательстве использовалось выражение формул для  $\delta$  через определители Гурвица из [1]. Аналогичный результат был получен в [2], [3] для алгебры Ли  $sp(2r, C)$ .

## Литература

1. Rudy, A.N. The Hurwitz determinants and the signatures of irreducible representations of simple real Lie algebras. // Central European J. of Math., 3(4), 2005, 606-613.
2. Рудый, А.Н. IX Белорусская математическая конференция, Гродно, 2004. – Тезисы докладов. – Ч. 2. – С. 92.
3. Рудый, А.Н.. Зависимость между сигнатурами вещественных форм неприводимых представлений алгебры  $sp(2r, C)$ , 6-я международная НТК БНТУ. – Минск, 2008. Тезисы докладов. – Т. 2. – С. 227.

## Одно применение функций гипергеометрического типа в теории дробного интегродифференцирования

Овчаренко Е.В.

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

В последнее время в теории специальных функций происходит процесс расширения и обобщения многих уже известных классов функций, которые позволяют решать новые задачи прикладной математики, математической физики, квантовой теории поля и др. Рассмотрим  $(\tau, \beta)$  – обобщение гипергеометрической функции Гаусса в виде [1]:

$${}_2F_1^{\tau, \beta}(a, b; c; z) \equiv {}_2F_1^{\tau, \beta}(z) = \frac{\Gamma(c)}{\Gamma(a)\Gamma(b)\Gamma(c-b)} \times \\ \times \int_0^1 t^{b-1} (1-t)^{c-b-1} {}_2\Psi_1 \left[ \begin{matrix} (a, 1); (c, \tau); \\ (c, \beta); \end{matrix} \middle| zt^\tau \right] dt,$$

где  $\{a, b, c\} \in \mathbb{C}, \operatorname{Re} c > \operatorname{Re} b > 0$ ,  $\{\tau, \beta\} \subset \mathbb{R}, \tau > 0, \beta > 0, \tau - \beta \leq 1$ ;  $\Gamma$  – классическая гамма-функция [2],  ${}_2\Psi_1$  функция типа Райта.

**Лемма.** Пусть  $\{\alpha, \gamma\} \subset \mathbb{C}, \operatorname{Re} \alpha > 0, \operatorname{Re} \gamma > 0, s \in \mathbb{C}, \omega > 0$ , тогда:

$$(I_{0+}^{\alpha} t^{\gamma-1} {}_2F_1^{\tau, \beta}(a, b; c; rt^{\omega})) (x) = \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma(\alpha + \gamma)} x^{\alpha + \gamma - 1} {}_3F_2^{\tau, \beta, \omega}(a, b, \gamma; c, \alpha + \gamma; rx^{\omega}),$$

$$(I_{0+}^{\alpha} t^{-\gamma} {}_2F_1^{\tau, \beta}(a, b; c; \frac{r}{t^{\omega}})) (x) = \frac{\Gamma(\gamma - \alpha)}{\Gamma(\gamma)} x^{\alpha - \gamma} {}_3F_2^{\tau, \beta, \omega}(a, b, \gamma - \alpha; c, \gamma; \frac{r}{x^{\omega}}),$$

где  $I_{0+}^{\alpha}$ ,  $I_{0+}^{\alpha}$  – операторы Римана-Лиувилля [3]:

$$(I_{0+}^{\alpha} f)(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x \frac{f(t)}{(x-t)^{1-\alpha}} dt, \quad (x > 0), \quad (I_{0+}^{\alpha} f)(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^{\infty} \frac{f(t)}{(t-x)^{1-\alpha}} dt,$$

$(x > 0)$ ,  ${}_3F_2^{\tau, \beta, \omega}$  – функция типа Райта.

### Литература

1. Вирченко, Н.А., Румянцева, Е.В. Про  $(\tau, \beta)$  – обобщение гипергеометрической функции Гаусса и ее применение // Доклады НАН Украины. – 2008. – № 4. – С. 12-19.
2. Бейтмен, Г, Эрдейи, А. Высшие трансцендентные функции / Г. Бейтмен, А. Эрдейи. – Т.1. – М.: Наука, 1965. – 296 с.
1. Вирченко, Н.А., Рыбак, В.Я. Основы дробного интегродифференцирования / Н.А. Вирченко, В.Я. Рыбак. – К., 2007. – 364 с.

## Супергравитация и внутренняя геометрия дуальной теоремы Пифагора

Соколова Н.М., Климова А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Построена математическая модель пространства-времени на основе геометрии дуальной теоремы Пифагора [1]. Все физические процессы происходят во времени и пространстве, и поэтому их нужно описать в пространстве Минковского [2]. При этом (3+1)-мерность проявляется в атомных до астрономических масштабов. Отклонение от (3+1)-мерности наблюдается в явлениях вне этого диапазона, в экстремальных состояниях вещества, характерных в физике элементарных частиц и в космологии. Разработана новая геометрия – теория калибровочных полей. В ее основе положено пространство  $M^{3+1}$ , но при этом изменено понятие события. Каждое событие характеризуется пространственными и временной координатами, а также значениями некоторого набора из  $N$  полей. Роль каждой точки теперь исполняет некоторое внутреннее  $N$ -мерное пространство  $S^{(N)}$ . Калибровочное преобразование должно быть инвариантным.

Описание гравитации на языке внутренней симметрии называется *супергравитацией* [3]. Теория супергравитации в принципе способна дать объяснение всему, с чем имеет дело физика, но ее математический аппарат до сих пор сложный. Гравитация объединена сильным электромагнитным и слабым взаимодействиями на основе супергравитации  $N=8$ , обозначающим число шагов, посредством которых супергравитация связывает частицы с различными спинами, т.е. для создания всего супермногообразия частиц, состоящего из 163 частиц: 1 гравитон со спином 2 ( $c_8^8 = 1$ ), 8 гравитонов со спином  $3/2$  ( $c_8^1 = 8$ ), 28 частиц со спином 1 ( $c_8^2 = 28$ ), 56 частиц со спином  $1/2$  ( $c_8^3 = 56$ ) и 70 частиц со спином 0 ( $c_8^4 = 70$ ) потребовалась симметрия дуальной теоремы Пифагора.

Супергравитация на основе этой теоремы дает единое описание вещества и взаимодействия, т.к. она стирает различие между степенями свободы материи и степенями свободы поля, в которой используются фрактальные размерности пространств и фрактальные длины суперструн.

1. Соколова, Н.М. Геометрическая интерпретация многочленов Ньютона и проектирование направленных отрезков в многомерные пространства / Н.М.Соколова. – Вестник БНТУ, 2004, № 5. – с. 57.

2. Логунов, А.А. Лекции по теории относительности и гравитации/ А.А. Логунов. – М.: Наука, 1987.

3. Девис, П. Суперсила / П. Девис. – М.: Мир, 1989.

## Тернарное уравнение в группе алгебраических единиц

Трелина Л. А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим уравнение

$$\alpha\varepsilon + \beta\eta = 1, \quad \alpha, \beta \in K, \quad (*)$$

относительно единиц  $\varepsilon, \eta$  поля алгебраических чисел  $K$ . К (\*) сводится диофантово уравнение

$$Cy^m = x^l F(x, z), \quad (**)$$

$$F(X, Z) = A_0 X^n + A_1 X^{n-1} Z + \dots + A_n Z^n,$$

$$A_0 A_n \text{Discr}(F) \neq 0, m, n \in \mathbb{N}, l \in \mathbb{Z}, m \geq 2, m + n \geq 5,$$

над кольцом  $O_K$  целых элементов  $K$  в случае  $z \in O_K^*$  или  $y \in O_K^*$  [1].

Следующий результат относится к основной задаче для уравнений (\*), (\*\*).

**Теорема 1.** Существуют алгебраическое расширение  $L/K$  степени, не превосходящей явной границы  $c_1(K, \alpha, \beta)$  для (\*) и  $c_2(K, F)$  для (\*\*), и единицы  $\varepsilon, \eta, \xi$ , такие, что справедливо равенство вида (\*) и  $F(\xi, 1) \in O_L^*$ , если коэффициенты  $F$  порождают единичный идеал. Кроме того, высоты единиц  $\varepsilon, \eta, \xi$  эффективно ограничены.

Как следствие, найдена область  $\Omega(F, C, K)$  существования решения уравнения (\*\*) в башне числовых полей.

Представляет интерес связь между параметрами  $\Omega(F, C, Q)$  и факторизацией дискриминанта  $\text{Discr}(F) = (-1)^r p_1^{a_1} \dots p_r^{a_r}$ .

**Теорема 2.** Пусть  $F(X, 1)$  – неприводимый многочлен с целыми рациональными коэффициентами и пусть  $\max_j p_j = P$ . Предположим, что

$F(1, 0) = 1$  и в поле  $K$  существует решение уравнения (\*\*)  $x \in O_K^*$ ,  $x \notin Q$ ,  $s = 1$ ,  $y \in O_K$ . Тогда

$$P > c_3(K, n, C) \log \log H,$$

где  $H$  – максимум значений абсолютной мультипликативной высоты  $h(x)$  и  $h(F)$ ,  $c_3 > 0$  – эффективная величина.

[1] Baker A. Transcendental Number Theory. CUP, 1975.

## Применение универсальных математических пакетов при проведении занятий по численным методам

Федосик Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Теория и практика методов вычислений (численные методы, вычислительная математика) занимают очень важное место в научных знаниях. Очевидна необходимость включения численных методов в учебную программу вузов, по крайней мере естественно-научного профиля. В БГУИР разработана республиканская учебная программа по численным методам все разделы которой отражены и в учебной программе ФИТР БНТУ для специальностей «программное обеспечение информационных технологий» и «информационные системы и технологии» (как дневная, так и заочная формы обучения). Созданы методические пособия, содержащие необходимые теоретические сведения, приводятся решения типовых задач и индивидуальные задания по каждой теме, которые позволяют избавить студентов от утомительных поисков нужных сведений в десятках книг. При проведении лабораторных занятий по численным методам используются пакеты EXCEL и MATHCAD. Выполняя рутинные операции, пакеты позволяют студенту, еще не вполне освоившему достаточно хорошо технику математических преобразований, самостоятельно выполнить многие довольно громоздкие вычисления, приобрести навыки решения конкретных математических задач. Применение пакетов оставляет студенту необходимое время для осознания идей, алгоритмов, общих подходов для решения большого количества примеров. Главная цель расчетов – понимание, а не числа. Среда EXCEL есть в программном обеспечении любого компьютера (в отличие от MATHCAD), не требует большого времени на освоение (как правило, хорошо известна студентам). Поэтому применяется для решения СЛАУ, простейших задач линейного программирования (методов оптимизации), некоторых задач теории вероятностей и математической статистики. В MATHCADe решаются остальные задачи учебной программы (недостаток – некоторое небольшое время, требующееся на освоение самого пакета). Все это вовсе не исключает и написание отдельных программ на языках программирования, хорошо усвоенных студентами при изучении информатики. Вместе со всеми плюсами при применении универсальных математических пакетов (сред) следует предостерегать студентов (особенно с психологией машинопочклонников), которые питают иллюзию, что им нужно творчества, изобретательности, не нужно вообще изучать математику, что компьютер возьмет на себя наиболее трудную часть умственной деятельности. Необходимо обращать внимание на это явное заблуждение.

**Многокритериальная модель построения оптимального подмножества в комбинаторной «задаче о ранце»**

Чебаков С.В.

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Рассмотрим комбинаторную задачу, так называемую «задачу о ранце» в следующей постановке. Имеется множество альтернативных вариантов достижения заданной цели. Каждой альтернативе соответствует время ее выполнения и вероятность достижения цели. Общее время процесса достижения цели при последовательном выполнении вариантов, до момента, когда цель будет достигнута, не должно превышать заданной величины  $T$ . Допустимым подмножеством вариантов считается подмножество, у которого суммарное время выполнения составляющих его альтернатив не превышает заданной величины  $T$  и при добавлении хотя бы одной альтернативы общее время выполнения становится больше  $T$ . Каждому допустимому подмножеству соответствует суммарная вероятность входящих в него альтернатив. Требуется среди всех допустимых подмножеств определить подмножество с максимальной суммарной вероятностью достижения цели. Алгоритмы решения данных задач основаны на исключении некоторого подмножества из набора альтернатив и последовательный перебор оставшихся вариантов для построения допустимых подмножеств.

Введено двухкритериальное отношение предпочтения между альтернативными вариантами  $A$  и  $C$  достижения заданной цели. Альтернатива  $A$  доминирует альтернативу  $C$ , если  $A$  имеет большую вероятность достижения цели и меньшее время выполнения.

На основе разбиения множества альтернативных вариантов на паретовские слои в заданном двухкритериальном пространстве сформулированы условия, позволяющие ограничить общее число рассматриваемых альтернатив и определить оптимальное подмножество (либо его часть) сразу после операции разбиения на паретовские слои, не используя операции последовательного перебора между альтернативными вариантами.

Для максимально возможной реализации предлагаемой модели в данной работе разработан алгоритм представления множества Парето в виде объединения отдельных подмножеств с упорядоченными по доминированности верхними и нижними критериальными границами. Сформулированы утверждения, позволяющие, при сохранении общей идеи алгоритма, уменьшить ту часть оптимального подмножества, которая может быть определена после разбиения на паретовские слои всего множества альтернативных вариантов и максимально ограничить число рассматриваемых альтернатив при построении оптимального подмножества.

**Об учебно-методическом пособии «Математическая статистика.  
Сборник задач для аудиторной и самостоятельной работы»**

Чепелев Н.И., Метельский А.В., Чепелева Т.И.  
Белорусский национальный технический университет

Широкое внедрение статистических методов в инженерных и экономических расчетах требует более глубокого изучения курса математической статистики в учебных заведениях. Для достижения этой цели должна быть создана учебно-методическая база по данному курсу.

Необходимость настоящего учебно-методического пособия обусловлена тем, что в настоящее время нет задачника, который бы полностью соответствовал программе курса «Математическая статистика» для машиностроительных специальностей.

Пособие рассчитано на шесть практических занятий по следующим темам:

1. Статистическое распределение. Эмпирическая функция распределения и ее свойства. Полигон и гистограмма. Числовые характеристики выборки.
2. Точечные оценки неизвестных параметров распределения.
3. Интервальные оценки.
4. Статистическая проверка гипотез. Критерии согласия Пирсона и Колмогорова.
5. Выборочный коэффициент корреляции и его свойства. Проверка гипотезы о равенстве нулю коэффициента корреляции.
6. Линейная регрессия. Определение параметров линейной регрессии.

По каждому занятию изложены необходимые теоретические сведения и приведены решения типовых примеров. Дано достаточно большое количество задач для аудиторной и самостоятельной работы. К задачам для аудиторной и самостоятельной работы приведены ответы, что существенно для самоконтроля усвоения учебного материала.

Кроме перечисленных занятий, в пособие включены теоретические вопросы для подготовки к экзамену, список рекомендуемой литературы, типовая расчетная таблица из двадцати вариантов и вероятностные таблицы для решения задач.

Использование данного пособия будет способствовать получению студентами технических и экономических специальностей более глубоких знаний и интенсификации учебного процесса. Наличие теоретических сведений, решений типовых задач и ответов делает пособие эффективным при изучении математической статистики и студентами заочного отделения.

## Выбор функциональных характеристик процесса производства

Чепелева Т.И.

Белорусский национальный технический университет

Из года в год растут требования к улучшению производства транспортных машин, в связи с этим повышаются требования к систематическому расширению области применения различных методов моделирования.

Математическая модель процесса производства – это результат его формализации, построение четкого формального математического описания процесса, адекватно отражающего специфику его работы с необходимой степенью приближения к действительности. При моделировании процесса производства транспортных машин ставится задача о выборе совокупности характеристик процесса и системы параметров.

Характеристиками процесса производства называются функции, обеспечивающие удобство определения искомых параметров его при исследовании методом моделирования и дающие возможность получить достаточно простую математическую модель производства.

К сожалению, нет, и не может быть реальных правил для выбора характеристик и параметров динамических процессов производства. Все это осуществляется исходя из собственной интуиции, опирающейся на некоторую базу данных и постановку прикладных задач, на понимание природы производственного процесса. Иногда приходится разбивать процесс на некоторое количество элементарных подпроцессов – актов, математически описать которые намного проще и легче. Поскольку весь производственный процесс единой функцией – моделью описать весьма сложно.

Пусть для описания процесса  $P$  в качестве характеристик выбраны функции:  $x_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а в качестве параметров  $a_j$ , где  $j = \overline{1, k}$ . Тогда математическая модель процесса производства будет иметь вид:

$$\overline{x_i(t)} = \overline{f_i(t, a_1, \dots, a_k)}, i = \overline{1, n}.$$

Получено и доказано семь теорем, отражающих специфику моделирования производственного процесса, в зависимости от времени, а так же от изменения спектров процесса производства. Установлена математическая связь между удлинением производственного процесса и сжатием спектра производства, увеличением модуля спектральной плотности. Доказано, что при изменении масштаба времени в  $\alpha$  раз масштаб частот спектра процесса производства меняется в  $\frac{1}{\alpha}$  раз. Так же установлена связь между энергией запаса процесса производства и спектром процесса производства.



**Расчет точностных параметров сферических поверхностей оптических деталей с помощью современных математических пакетов**

Юринок В.И.

Белорусский национальный технический университет

Изготовление линз малого радиуса кривизны (менее 15 мм) проводят, преимущественно, по шариковой технологии. Однако традиционные методы получения стеклянных шариков из заготовок некруглой формы не обеспечивают гарантированное многоосное движение изделия в рабочей зоне, требуемое для высококачественной обработки, так как положение его мгновенных осей вращения зависит от ряда случайных величин. При этом трудно, а зачастую, и невозможно, выяснить роль каждого отдельного фактора в процессе получения деталей высокой степени сферичности.

В докладе рассматривается способ формообразования шариков в поле сил инерции и уточненная математическая модель движения заготовки с учетом изменения ее массы на этапе предварительной обработки.

Анализ работы устройства показывает, что процесс получения шариков из заготовок кубической формы можно математически смоделировать, выделив несколько стадий: качение кубика без скольжения вокруг некоторой неподвижной точки, качение заготовки с проскальзыванием при сработанных вершинах, качение заготовки с проскальзыванием на стадии доводки. Так как при обработке шариков по предлагаемому методу происходит значительный съем припуска, то разработанная математическая модель учитывает изменение массы заготовки во времени. Полученные соотношения позволяют оценить интенсивность съема припуска с заготовки, что является важным при автоматизации процессов изготовления микрооптики. Анализ дифференциальных уравнений, составляющих математическую модель получения полных сферических поверхностей из заготовки кубической формы показывает, что прогнозирование изменения формы оптических поверхностей может базироваться только на нелинейных динамических системах. Линейные модели не позволяют определить локальные погрешности на обрабатываемой поверхности, которые неизбежно появляются при неудачном сочетании кинематики исполнительных механизмов и динамики технологического оборудования. Имеющиеся на сегодняшний день мощные математические пакеты Mathematica, MathCAD 14 PRO, Matlab 6.5 и т.д. позволяют осуществить математическое моделирование существующих и находящихся в стадии конструкторской проработки новых технологических схем и провести численное исследование точностных параметров сферических поверхностей оптических деталей.

**Математическое  
моделирование в прикладных  
исследованиях и учебном  
процессе**

**Влияние гипоциклоидального отверстия и трещины  
на напряженно-деформированное  
и предельно-равновесное состояние изотропной пластины**

Бахмат Г.Л., Бубнов В.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Пусть упругая изотропная пластина с отверстием в виде гипоциклоиды с тремя вершинами и трещиной, расположенной на одной из осей симметрии отверстия, подвержена на бесконечности растяжению усилиями  $p$  направленными под углом  $\alpha$  к оси трещины, а также воздействию однородного теплового потока мощности  $q_\infty$ , направленного под углом  $\beta$  к той же оси, и сосредоточенного источника тепла мощности  $q_0$ . Используем

преобразование  $z = \omega(\xi) = R \left( \xi + \frac{1}{2\xi} \right)$ , с помощью которого внешность

единичной окружности в плоскости  $\xi$  конформно отображается на внешность гипоциклоиды в плоскости  $z$ , была построена и решена задача Гильберта-Римана по определению потенциалов термонапряженного состояния в пластине. Условия непрерывности компонент тензора смещений в вершинах трещины удалось обеспечить благодаря выделению многозначной части  $\psi_0^*$  потенциала температурного поля  $\psi_0(z)$ . В качестве примера было определено температурное поле и потенциалы напряженного состояния в случае, когда отверстие и трещина теплоизолированы. Несмотря на наличие регулярной части ядра полученного сингулярного интегрального уравнения, решение задачи удалось получить в замкнутой форме. На основании полученных потенциалов Колосова-Мусхелишвили  $\Phi(z)$  и  $\psi(z)$  получены выражения для коэффициентов интенсивности напряжений в вершинах трещины и гипоциклоиды.

Проведен численный анализ и определены зависимости предельного значения теплового потока  $q^*$  и предельной нагрузки  $p^*$  от углов  $\alpha$  и  $\beta$  и от безразмерного расстояния  $\varepsilon$  близлежащей вершины трещины до контура отверстия. Для рассмотренных значений параметров было установлено, что распространение трещины никогда не происходит со стороны перемычки. Учитывая асимптотический характер зависимостей КИН  $\kappa_j^*(\varepsilon)$  и  $q^*(\varepsilon)$ , можно предположить, что этот вывод справедлив и для произвольных параметров  $\varepsilon$ .

## Условия равновесия финансового рынка

Шевченко Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что при построении макроэкономических моделей общего равновесия исходят из того, что в каждый момент существует равенство между национальным доходом ( $D$ ) и объемом национальных расходов ( $Y$ ), что и определяет собой условие макроэкономического равновесия.

Национальный доход делится на две части:

- 1) часть  $C_1$ , предназначенную для потребления;
- 2) часть  $S$ , предназначенную для общих сбережений.

Поэтому  $D=C_1+S$ . С другой стороны, весь объем национальных расходов также состоит из двух частей:

- 1) часть  $C_2$  – затраты на потребительские товары и услуги;
- 2) часть  $I$  – затраты на инвестирование. Следовательно,

$$Y=C_2+I. \text{ Поскольку } Y=D, \text{ имеем } C_1+S=C_2+I.$$

Если положить  $C_1=C_2$ , то получим основное равенство финансового рынка  $S=I$ .

На финансовом рынке предложение представлено сбережениями  $S(x)$ , а спрос – инвестициями  $I(x)$ . Ценой служит норма процента  $x$ . (Очевидно, чтобы сберегатели имели желание сберегать, а предприниматели могли найти источники финансирования в виде займов, необходимо, чтобы норма процента  $x$  установилась на таком уровне  $x^*$ , при котором

$$I(x^*)=S(x^*),$$

а остаток доходов использовался бы для потребления т.е.

$$C=Y-S.$$

Таким образом, финансовый рынок сам по себе определяет величину нормы процента  $x^*$ , сбережения  $S(x^*)$ , инвестиции  $I(x^*)$ , а значит и объем потребления  $C^*$ .

В заключение следует отметить, что финансовый рынок (рынок капитала) тесно связан с рынком товаров и услуг, равновесие которого также достигается при равенстве сбережений и инвестиций.

Литература

1. Гамецкий, А.Ф., Соломон, Д.И. Математическое моделирование микроэкономических процессов / А.Ф. Гамецкий, Д.И. Соломон. – Кишинэу: Штиница, 1996 г.

1. Гамецкий, А.Ф., Соломон, Д.И. Математическое моделирование макроэкономических процессов. – Кишинэу: Штиница, 1996 г.

**Особенности учебной лекции по математике для студентов  
нематематических специальностей**

Голубева И.А.

Белорусский национальный технический университет

Лекция – это такая форма вузовского обучения, при которой студент овладевает новыми фундаментальными понятиями, вводится в мир новых идей и перед ним раскрываются перспективы использования математических методов для познания окружающего мира и решения многих практических задач. На лекциях по математике студент получает методологическое воспитание, так как здесь дается представление об историческом пути развития математики, об источниках возникновения ее понятий. Несмотря на всю важность лекционной формы обучения в высшей школе, общепринятых рецептов о том, как готовиться к лекции или как ее читать, к сожалению, не существует, хотя и встречаются публикации, в которых содержатся некоторые полезные рекомендации.

Объясняется это тем, что лекция – это публичное выступление и поэтому ее форма зависит как от субъективных черт характера лектора, так и от тех, кому она предназначена.

Исходя из концепции профессиональной направленности преподавания математики на факультетах нематематического профиля, выделим объяснительно значимые критерии учебной лекции по математике.

1) Критерий научно-содержательной доминанты.

Суть его состоит в том, что основные структурные элементы математики как науки и ее смысловые единицы должны быть тщательно отобраны при составлении рабочей программы, а затем переосмыслены в дидактическом плане при чтении лекционного курса и проведении практических занятий.

2) Критерий прикладной ориентации.

Суть его состоит в том, что содержание лекции должно быть достаточно адаптированным к условиям и требованиям подготовки соответствующих специалистов.

3) Критерий добровольной обратной связи.

Суть критерия состоит в создании таких условий в процессе чтения лекций, при которых у слушателей возникает естественная потребность общения с лектором.

Итак, одним из вариантов построения лекций с точки зрения концепции профессиональной направленности преподавания математики на факультетах нематематического профиля может быть использование трех указанных выше критериев.

## Анализ симметрий нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка

Самодуров А.А., Федорако Е.И.

Белорусский государственный университет

В работах [1,2] было показано, что решение уравнения

$$\frac{dy}{dx} = f_3(x, y)y^3 + f_2(x, y)y^2 + f_1(x)y \quad (1)$$

всегда может быть представлено в параметрическом виде

$$x = F(p), \quad y = \frac{\exp\left(\int f_1(F(p))F'_p(p) dp\right)}{F'_p(p)}, \quad (2)$$

где  $F(p)$  - решение уравнения

$$\frac{d^2x}{dp^2} = K_3\left(x, \frac{dx}{dp}\right) + K_2\left(x, \frac{dx}{dp}\right) \frac{dx}{dp}. \quad (3)$$

Если уравнение (3) инвариантно относительно замены

$$x^* = g(p, x), \quad p^*(x) = f(p, x), \quad (4)$$

то соотношение  $g(p, x) = F(f(p, x))$  неявно определяет новое решение уравнения (3) и, следовательно, (1). Среди отмеченных в [1,2] двадцати важных уравнений, как, например,

$$\frac{d^2x}{dp^2} = \frac{1}{x} \left(\frac{dx}{dp}\right)^2 + \frac{1}{x} \frac{dx}{dp} + rx^2$$

есть уравнения, для которых в формулы (4) входит произвольная постоянная.

В этих случаях с помощью формул (4) можно построить общее решение уравнения (1).

Литература

1. Самодуров, А.А. О параметрическом представлении общего решения некоторых дифференциальных уравнений первого порядка. //ДАН БССР, 1984. - т. 28 № 1, с. 15-17.

2. Горбузов, В.Н., Самодуров, А.А. Уравнения Риккати и Абеля. - Гродно: ГрГУ, 1986.

Веремениук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается линейная система дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = A(t)x, \quad x \in \mathbf{R}^n, \quad t \in \mathbf{R}, \quad (1)$$

с непрерывной ограниченной матрицей  $A(t)$ . Через  $X(t)$  обозначим фундаментальную матрицу (ФМ) этой системы (см., напр., [1]).

**Уте 1.** Если матрица  $A(t)$  – кососимметрическая при любом  $t \in \mathbf{R}$ , то ее ФМ  $X(t)$  можно выбрать ортогональной, т.е.  $X^T(t) = X^{-1}(t)$ .

Для доказательства заметим, что для любых ненулевых решений  $x(t)$  и  $y(t)$  системы (1)  $\frac{d}{dt}(x(t), y(t)) \equiv 0$ . Это означает, что норма  $\|x(t)\| \equiv \text{const}$  при любом  $t \in \mathbf{R}$  для любого решения  $x(t)$  системы (1), и угол между любыми ненулевыми решениями  $x(t)$  и  $y(t)$  системы (1) есть величина постоянная.

Как следствие получаем утверждение (далее  $\text{diag}\{a(t)\}$  обозначает диагональную матрицу с элементами  $a(t)$  на диагонали).

**Уте 2.** Если  $A(t) = P(t) + B(t)$ , где  $P(t) = \text{diag}\{p(t)\}$ ,  $B^T(t) = -B(t)$ , то ФМ системы (1) представляется в виде  $X(t) = C(t) \cdot \text{diag}\{\hat{p}(t)\}$ , где  $\hat{p}(t) = \text{EXP}\left(\int_0^t p(s) ds\right)$ ,  $C(t)$  – ортогональная матрица.

Выберем матрицу  $C(t) = X_B(t)$  – ортогональная ФМ системы  $\dot{x} = B(t)x$  и сделаем ляпуновское преобразование системы (1)  $x = C(t)y$ . Т.к.  $C^T(t)\dot{C}(t) = C^T(t)B(t)C(t)$  и  $C^T(t)P(t)C(t) = P(t)$ , то преобразование системы примет вид  $\dot{y} = -C^T(t)\dot{C}(t)y + C^T(t)P(t)C(t)y + C^T(t)B(t)C(t)y = P(t)y$ . Ее ФМ, очевидно, равна  $\text{diag}\{\hat{p}(t)\}$ .

Если существует предел  $\lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \int_0^t p(s) ds$ , то система (1) с матрицей вида, указ. в утв.2 – правильная [1], и все ее показатели Ляпунова равны  $\lambda$

Литература

1. Демидович, Б.П. Лекции по матем. теории устойчивости. М., 1967.

**Использование самостоятельной работы студентов  
на занятиях по математике  
как способ повышения качества знаний**

Ерошевская В.И., Ерошевская Е.Л.  
Белорусский национальный технический университет

С развитием науки и техники происходит изменение в содержании творчества инженера, требующее от него не только правильного и наиболее полного усвоения научно-технических знаний, но и умения осмыслить приобретенную информацию с целью своевременного принятия правильных решений. И в этой связи актуальной становится задача по формированию у студентов потребностей в приобретении новых знаний, по развитию у них умений и навыков добывать новые знания самостоятельно, по формированию приемов активной мыслительной деятельности по умению ориентироваться в быстро растущем потоке всевозможной информации.

Процесс организации самостоятельной работы требует управления ею со стороны преподавателя. Этот процесс достаточно сложен и прежде всего требует высокого сознания студента. Поэтому и возникает необходимость создания системы, при которой студенты технических специальностей могли бы самостоятельно работать с предлагаемым для усвоения материалом.

Практика показывает, что наиболее быстрой настройкой на систематическую самостоятельную работу приходит в том случае, когда для нее имеются условия: доступно сформулированные задания; наличие учебных и дидактических материалов, предназначенных для самостоятельного усвоения; посильность предлагаемых заданий; наличие альтернативных заданий, из которых студент может выбрать именно те уровни, которые ему наиболее интересны. Нами составлены такие учебные пособия по теме: «Комплексные числа», «Неопределенный интеграл», «Ряды».

Для управления процессом обучения и усвоения необходимо вести контроль за ходом выполнения самостоятельной деятельности и путем различных воздействий ориентировать студентов на данную деятельность.

При оценке знаний и умений студентов следует обращать внимание на индивидуальные особенности студентов в целях индивидуализации учебного процесса, так как недооценка роли индивидуального подхода снижает уровень готовности студентов к усвоению материала по математике.

Постоянно контролируя деятельность каждого студента, преподаватель прививает умения самоконтроля и самокоррекции.



## Об одной задаче в вязкоупругой постановке

Крушевский Е.А., Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе [1] рассматривался переход от упругой к вязкоупругой постановке в задаче о воздействии сосредоточенной нагрузки на полупространство при движении по его поверхности. Задача была сведена к системе

$$\begin{cases} (1-2\nu)\Delta(E_1\bar{U}_1 - E_2\bar{U}_2) + \nabla\operatorname{div}(E_1\bar{U}_1 - E_2\bar{U}_2) = 2\rho c^2(1+\nu)(1-2\nu)(\bar{U}_1)''_{xx} \\ (1-2\nu)\Delta(E_2\bar{U}_1 + E_1\bar{U}_2) + \nabla\operatorname{div}(E_2\bar{U}_1 + E_1\bar{U}_2) = 2\rho c^2(1+\nu)(1-2\nu)(\bar{U}_2)''_{xx} \end{cases}$$

где  $c$  – скорость движения,  $\rho$  – плотность балки,  $\nu$  – коэффициент Пуассона,  $E = E_1 + iE_2$  – комплексный модуль упругости,  $\bar{U} = \bar{U}_1 + i\bar{U}_2$  – вектор перемещения в полупространстве в подвижной системе координат. Различив, следуя [2], поле перемещений на потенциальную и соленоидальную составляющие ( $\bar{U} = \nabla\Phi + \bar{U}'$ ) и представив неизвестные функции в виде двумерных интегралов Фурье, можно получить следующие системы уравнений:

$$\begin{cases} \left\{ \begin{aligned} &((1-k_1/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_1^2)\Phi_1 - ((E_2/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_3^2)\Phi_2 = 0 \\ &((E_2/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_1^2)\Phi_1 + ((1-k_1/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_3^2)\Phi_2 = 0 \end{aligned} \right. \\ \left\{ \begin{aligned} &(((1-k_2/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_2^2)\bar{U}'_1 - ((E_2/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_4^2)\bar{U}'_2 = 0 \\ &((E_2/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_2^2)\bar{U}'_1 + ((1-k_2/E_1)\alpha^2 + \beta^2 - \gamma_4^2)\bar{U}'_2 = 0 \end{aligned} \right. \end{cases}$$

где  $k_2 = 2c^2\rho(1+\nu)$ ,  $k_1 = k_2(1-2\nu)(1-\nu)^{-1}$ , а коэффициенты  $\gamma_i$  выражаются через  $\alpha$  и  $\beta$ . Рассматривая случаи вырожденности и невырожденности систем, приходим к различным формулам, из которых, после выполнения условий сопряжения балки и полупространства на основе формул ([2]) можно записать выражения для действительной и мнимой части нормального перемещения поверхности упругого полупространства под движущейся нагрузкой.

## Литература

1. Крушевский, Е.А. Кузнецова, А.А. Задача о воздействии сосредоточенной нагрузки. – Тезисы докладов международной конференции АМАП 2006, Минск, Беларусь.

Мороз О.А.

Белорусский национальный технический университет

Игра – вид непродуктивной деятельности, мотив которой заключается в самом процессе. Имеет важное значение в воспитании, обучении и развитии как средство психологической подготовки к будущим жизненным ситуациям.

Игра старше любой из наук, игре столько же лет, сколько человечеству. Игровая ситуация – это взаимодействие двух или нескольких партнеров, поведение которых нельзя предугадать с абсолютной точностью, можно лишь предполагать те или иные действия с их стороны и противопоставить им ту или иную линию собственного поведения.

Источниками теории вероятностей послужили задачи, связанные с азартными играми. Сама наука – сложная и увлекательная, располагает большими возможностями изобретательного изложения. Чтобы донести узловые моменты теории, нужно вызвать интерес, любопытство у студентов. И наибольшие трудности возникает именно при решении задач вероятностного характера.

Так, например, на занятиях студентам предлагается самим подобрать задачи по изучаемому вопросу. Некоторые учащиеся предлагают решения. (Остальные пытаются проанализировать способы решения, указать используемые при этом формулы. Студентам также предлагается самим придумывать задачи по аналогии.

Пример 1. Человек стоит в одном шаге от края обрыва. С вероятностью  $\frac{1}{2}$  он может сделать как шаг вперед, так и шаг назад. Найти вероятность того, что человек не упадет.

Пример 2. Некий властелин разгневался на своего мага и повелел палачу отрубить ему голову. Однако в последний момент властелин смягчился и решил дать шанс магу. Он взял 2 черных и 2 белых шара и предложил магу произвольным образом распределить их по двум урнам. Палач должен выбрать наугад одну из урн и наугад вытянуть из нее шар. Если шар окажется белым, то маг будет помилован, если черным – то казнен. Как маг должен распределить шары по урнам, чтобы иметь наибольшее количество шансов спастись?

При решении такого рода задач создается непринужденная атмосфера, когда развлечение перерастает в понимание изучаемого материала. Поэтому совершенно очевидно, что игры, целенаправленно моделирующие разнообразные жизненные ситуации, таят в себе неисчерпаемые возможности.

## Интерактивный метод проведения лабораторных работ

Подкопаева Н.А., Бахмат Г.Л.

Белорусский национальный технический университет

Интерактивный метод-метод, основанный на взаимодействии. Как показала практика, этот метод позволяет усовершенствовать проведение лабораторных работ по математике и дает возможность студентам приобрести больше активных знаний, то есть знаний соединенных с готовностью и умением их применять.

Интерактивный подход предполагает следующую схему коммуникации: преподаватель выступает в роли организатора учебного процесса и консультанта. Он дает возможность студентам самим двигаться к достижению цели, используя доступные ресурсы и решая возникающие в процессе работы вопросы. Взаимодействие преподавателя и учеников в этом случае по-настоящему двусторонний процесс.

Широкие возможности для применения интерактивных методик обучения предоставляет такая форма учебного занятия, как лабораторная работа. Основная цель лабораторных работ - познакомить будущих инженеров с прикладными возможностями математики. Исходя из этих соображений предлагается следующая методика проведения лабораторного занятия.

Каждая лабораторная работа условно разделяется на теоретическую и практическую части. Студентам заранее выдается список литературы для ознакомления с теорией, необходимой для успешного выполнения лабораторной работы и вопросы для защиты теоретической части работы. Кроме этого, назначаются два докладчика. Один из студентов готовит доклад по теории продолжительностью 10 минут, второй студент - доклад, посвященный схеме выполнения практической части работы, продолжительностью 5 минут. Остальным студентам преподаватель объясняет, что можно получить зачет по теоретической части лабораторной работы, принимая участие в обсуждении докладов. После окончания каждого доклада преподаватель поощряет студентов высказать свою оценку и замечания. Активность участников дискуссии оценивается в баллах.

Преподаватель подчеркивает, что замечания носят позитивный обучающий характер и направлены на дальнейшее развитие навыков по отбору, структурированию и изложению информации.

Интерактивная методика показала себя успешной для проведения лабораторных работ по курсу математики.

## Шляхі паляпшэння паспяховасці студэнтаў 1-га курса

Невяровіч Т.С., Сухая Т.А.

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт

У апошнія гады ў склад студэнтаў першага курса трапляе шмат студэнтаў з нізкай матэматычнай падрыхтоўкай. Нават добра падрыхтаваным студэнтам цяжка адаптавацца да патрабаванняў ВНУ. Многія з іх не паспяваюць запісваць лекцыі, часам прапускаюць іх, не ліквідуючы прабелы, адцягваюць увагу на іншае, карыстаюцца мабільнікамі ў час заняткаў. Дрэнна і тое, што вучэбную літаратуру па матэматыцы студэнты атрымліваюць не з першых дзён заняткаў. Некаторыя з іх наогул не ўмеюць і не разумеюць, як трэба вучыцца:

- 1) не разумеюць, што ў фармулёўках тэрэм павінны быць словы "калі" і "то";
- 2) не разумеюць розніцу паміж неабходнасцю і дастатковасцю;
- 3) не разумеюць розніцу паміж патрабаваннямі: даць азначэнне, сфармуляваць неабходную або дастатковую ўмову;
- 4) часта не ставяць дужкі там, дзе яны неабходны;
- 5) не разумеюць умоваў прымянення формул, правілаў, метадаў;
- 6) не разумеюць геаметрычную інтэрпрэтацыю ўмоваў задачы і атрыманага выніка;
- 7) не могуць зразумець неабходнасці ведання тэорыі для рашэння задачы;

Такіх недахопаў можна налічыць многа. У сувязі з гэтым прапануем наступныя шляхі паляпшэння паспяховасці студэнтаў першага курса:

- 1) стварыць электронныя канспекты лекцый;
- 2) саставіць запісную кніжку па тэорыі (формулы, азначэнні і т.п.) кожнаму студэнту;
- 3) паколькі на падрыхтоўку да экзамена адводзіцца мала часу, прапановуем праводзіць прамежкавыя экзамены па лінейнай алгебры і аналітычнай геаметрыі ў першым семестры;
- 4) праводзіць рэгулярна самастойныя работы па тэмах семестра і ўлічваць іх у вынікі на экзамене;
- 5) дэканатам факультэтаў вылучаць гадзіны хоць бы на адну кантрольную работу ў семестры;
- 6) рэкамендаваць у другім семестры праводзіць экзамен, а не залік, паколькі колькасць гадзінаў па матэматыцы ў гэтым семестры дастаткова нізкая;
- 7) дэканатам факультэтаў вылучаць гадзіны для кансультацый студэнтаў хоць бы адну гадзіну ў тыдзень для патоку.

**Об особенностях преподавания раздела “Дифференциальные уравнения” студентам строительных специальностей**

Глушанкова Л.Я., Гайшун Л.Н.\*

Белорусский национальный технический университет, БГЭУ\*

В настоящее время общепринятые требования изложения лекционного материала по математике – научности, точности, доступности – остаются попрежнему в силе. Но кроме этого необходимо уметь сочетать широкую фундаментальную научную и практическую подготовку, ибо от специалиста требуется умение ставить и решать конкретные прикладные задачи. А такие задачи в процессе изучения теоретического курса всегда оживляют изложение и повышают интерес.

Предлагаются основные типы изучаемых дифференциальных уравнений, по возможности, начинать с постановки конкретных, актуальных, близких к специальности задач. Такие задачи, приводящие к различным типам дифференциальных уравнений, известны. Так, при изучении дифференциальных уравнений первого порядка студентам строительных специальностей можно предложить задачи о расчете верхнего сечения металлического бруса равного напряжения, о вентиляции производственного помещения и другие. Для уравнений высших порядков вызывает интерес задачи об упругой линии балок, о расчете расстояния между опорами железнодорожного моста, о прогибах строительных конструкций.

Приведенные задачи можно совершенствовать в соответствии со специализацией студентов и с требованиями времени.

Приведенная методика применяется при чтении указанного курса и вызывает повышенный интерес к излагаемому материалу, что способствует усвоению курса и готовит к более осознанному восприятию таких предметов как теоретическая механика, строительная механика, строительные конструкции и др.

А, например, задача определения формы натяжения каната, используемая при построении современных висячих мостов, может быть сведена либо к дифференциальным уравнениям первого порядка (в случае цепного моста), либо к дифференциальным уравнениям второго порядка (канат с постоянной плотностью).

Литература

1. Пономарев, К.К. Составление дифференциальных уравнений. Минск: Высшая школа, 1973.
2. Краснов, М.Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Москва: Высшая школа, 1983.

## Две теоремы о распространении волн в упругом изотропном слое

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим бесконечный упругий изотропный слой. Оси  $OX$  и  $OY$  направим внутри слоя в его середине, а ось  $OZ$  перпендикулярно слою. Тогда нулевые граничные условия примут вид  $\tau_{zx} = \tau_{zy} = \sigma_z = 0$ . Докажем следующую теорему

Теорема 1 В изотропном слое для первой основной динамической задачи теории упругости возможно выполнение только касательных или только нормальных однородных напряжений. Совместное равенство нулю касательных и нормальных напряжений на границах слоя невозможно.

Ранее были построены ряды перемещений для упругого слоя, которые обеспечивали тождественное выполнение нулевых касательных напряжений в задачах А и В, а также найдены выражения для нормальных напряжений. Полагая  $\sigma_z = 0$  в задаче А получим

$$\frac{(\nabla_2^2 + \nabla^2)^2}{4\nabla_1 \nabla_2 \nabla^2} = \operatorname{tg}(h\nabla_1) \operatorname{ctg}(h\nabla_2) \quad (1) \text{ В задаче В будем иметь}$$

$$\frac{(\nabla_2^2 + \nabla^2)^2}{4\nabla_1 \nabla_2 \nabla^2} = \operatorname{tg}(h\nabla_2) \operatorname{ctg}(h\nabla_1) \quad (2) \text{ Так как левые части выражений (1) и}$$

(2) равны, то приравняем и их правые части. Тогда получим

$$\operatorname{tg}(h\nabla_1) \operatorname{ctg}(h\nabla_2) = \operatorname{tg}(h\nabla_2) \operatorname{ctg}(h\nabla_1) \quad (3)$$

Используя известное тождество  $\operatorname{ctgx} = \frac{1}{\operatorname{tgx}}$ , перепишем (3) в виде

$\operatorname{tg}^2(h\nabla_1) = \operatorname{tg}^2(h\nabla_2)$ , откуда устанавливаем равенства  $\operatorname{tg}(h\nabla_1) = \operatorname{tg}(h\nabla_2)$  и  $\operatorname{tg}(h\nabla_1) = -\operatorname{tg}(h\nabla_2)$  или  $\operatorname{tg}(h\nabla_1) = \operatorname{tg}(-h\nabla_2)$ . В результате получим невозможное в динамике соотношение  $\nabla_1 = \pm \nabla_2$ . Отсюда и следует доказываемое утверждение.

Кроме этого, по аналогии, можно сформулировать и доказать еще одну теорему.

Теорема 2. В изотропном слое для второй основной динамической задачи теории упругости возможно выполнение только касательных или только нормальных однородных перемещений. Совместное равенство нулю касательных и нормальных перемещений на границах слоя невозможно.

## Оптимизация формы водоподпора малонапорной гидроэлектростанции

Куриленко А.Е., Недбальский В.К.  
Белорусский национальный технический университет

При решении задачи оптимизации формы водоподпора малонапорной гидроэлектростанции следует учитывать, что характер течения воды в рабочей зоне может изменяться от ламинарного до турбулентного. При этом вид задач носит преимущественно пространственный характер. С математической точки зрения только очень немногие пространственные задачи решаются в элементарных или специальных функциях. Поэтому классические методы почти ничего не дают для решения таких задач и пространственная гидродинамика осталась очень мало разработанной. В этой области можно надеяться на существенные продвижения, если широко пользоваться, с одной стороны, вычислительными машинами и с другой - новыми методами, основанными на локальном изучении явлений в отдельных зонах и склейке полученных при этом решений в соседних зонах.

В отличие от задачи обтекания преграды задача о склейке разрешима при любых заданных значениях скорости на бесконечности  $V_\infty$  и любой завихренности  $\omega$ . Из размерностных соображений следует, что при фиксированной  $V_\infty$  и для очень малых  $\omega$  вихревая область весьма велика; при увеличении  $\omega$  эта область сжимается.

Из математической модели решения задач, которые основаны на склейке потенциалных течений с вихревыми видно, что если они справедливы для какого-либо течения, то они будут справедливы и для течения, у которого пространственные координаты увеличены в  $k_x$  раз, скорость в  $k_v$  раз, а завихренность в  $\frac{k_\omega}{k_v}$  раз. Однако доказательства существования, единственности и устойчивости решения получить пока не удалось. Более того, имеются варианты задачи, для которых при машинном счете обнаружено несколько решений.

Кроме локальных особенностей при проектировании малонапорных гидроэлектростанций следует учитывать и глобальные. Под ними в первую очередь понимается динамика водного потока, характер погружения лопастей в воду. Например, правильный «вход» лопастей позволяет максимально воспринимать ими давление воды, что создает максимальный момент силы вращения гидротурбины. Известно, что КПД микро ГЭС напрямую зависит от вращающего момента на турбине. Кроме этого, для решения этих вопросов следует использовать данные натуральных наблюдений и статический анализ водного баланса зоны аэрации.

Гончарова С.В.

Белорусский национальный технический университет.

Запишем уравнение движения трансверсально-изотропной упругой среды в виде:

$$\begin{aligned} (A_{11} \partial_1^2 + A_{66} \partial_2^2 + A_{44} \partial_3^2) u + (A_{11} - A_{66}) \partial_1 \partial_2 v + (A_{13} + A_{44}) \partial_1 \partial_3 w &= \rho \partial_t^2 u, \\ (A_{11} - A_{66}) \partial_1 \partial_2 u + (A_{66} \partial_1^2 + A_{11} \partial_2^2 + A_{44} \partial_3^2) v + (A_{13} + A_{44}) \partial_1^2 w &= \rho \partial_t^2 v, \\ (A_{13} + A_{44}) \partial_1 \partial_2 u + (A_{13} + A_{44}) \partial_1 \partial_3 v + (A_{44} \partial_1^2 + A_{44} \partial_2^2 + A_{33} \partial_3^2) w &= \rho \partial_t^2 w. \end{aligned}$$

Здесь  $u, v, w$ -компоненты вектора перемещений;

$A_{11}, A_{33}, A_{44}, A_{66}, A_{13}$ -упругие постоянные;

$$\partial_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \partial_2 = \frac{\partial}{\partial y}, \partial_3 = \frac{\partial}{\partial z}, \partial_t = \frac{\partial}{\partial t}; \rho - \text{плотность материала.}$$

Определитель исходной системы дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка можно представить в виде:

$$\det = A_{33} A_{44}^2 \left( \Delta^2 - \frac{\partial_3^2}{c_1^2} \right) \left( k_1^2 \Delta_1^2 + \partial_3^2 - \frac{1}{c_1^2} \right) \left( k_2^2 \Delta_1^2 + \partial_3^2 - \frac{1}{c_2^2} \right) \quad (1)$$

$$\text{Где } k_1 = \sqrt{\frac{A_{11}}{A_{33}}}; k_2 = \sqrt{\frac{A_{66}}{A_{44}}}.$$

$$\Delta_1^2 = \partial_1^2 + \partial_2^2; \Delta^2 = \Delta_1^2 + \partial_3^2 = \partial_1^2 + \partial_2^2 + \partial_3^2;$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{A_{11}}{\rho}} - \text{скорость продольной волны,}$$

$$c_2 = \sqrt{\frac{A_{44}}{\rho}} - \text{скорость поперечной волны.}$$

Для изотропного же случая, когда  $A_{11} = A_{33} = \rho G, A_{44} = A_{66} = G$  получаем  $\det = \rho G^3 \left( \Delta^2 - \frac{1}{c_1^2} \right)^2 \left( \Delta - \frac{1}{c_2^2} \right)$ . (2)

Сравнивая (1) и (2) убеждаемся в том, что выражения в круглых скобках в (2) получаются из выражений в круглых скобках (1), если положить  $K_1=1$  и  $K_2=1$ . Эта особенность указывает на то обстоятельство, что в трансверсально-изотропной упругой среде, в отличие от изотропной кроме «чистых» продольных волн распространяются «искаженные» продольные и поперечные волны. Причем коэффициенты искажения  $k_1$  и  $k_2$  влияют только на поперечные лапласианы  $\Delta_1$ .

Наличие в операторах отличных от единицы коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  позволяет утверждать о своеобразии динамических процессов, протекающих в трансверсально-изотропных средах. Предложенный выше метод представляет интерес не только с математической точки зрения, но и способствует построению более совершенных математических моделей, описывающих физические процессы в неизотропных средах.



## Операторный метод нахождения коэффициентов в неортогональных рядах

Акимов В.А., Кожушко В.В.

Белорусский национальный технический университет.

Видное место среди известных методов решения задач уравнений математической физики и теории упругости занимает метод разделения переменных. Этим методом решены многие важнейшие с практической и теоретической точки зрения задачи. Их решение в частности, представляется в виде ортогональных рядов Фурье или Дини-Фурье. Однако, биармоническая проблема математической теории упругости для краевых задач заключается в умении находить коэффициенты в неортогональных рядах. Разрабатываемый операторный подход позволяет расширить понятие о разложении функции в неортогональные ряды и получить новые виды разложений. Идею операторного метода для простоты объясним на примере хорошо известного ряда Фурье. Записываем ряд

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \delta_n x + b_n \sin \delta_n x) \quad (1)$$

Берем операторы  $D_x = \frac{sh(id_x)}{id_x}$

$$D_1 = \frac{sh(id_x)}{1+dx^2/\delta_1^2}, \quad D_2 = \frac{sh(id_x)}{1+dx^2/\delta_2^2}.$$

Как и в классическом случае поочередно во-  
действуем или наряд (1) и полагая  $x=0$ , получаем искомые разложения.

Приведем примеры для разложения функции  $sh(ax)$ :

1.  $sh(ax) = \frac{2sh\pi a}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} n}{a^2+n^2} \sin(nx);$
2.  $sh(ax) = \frac{2sh\pi}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n n a^2}{n(1+a^2+n^2)};$
3.  $sh(ax) = \frac{a \sin \pi a^2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\sqrt{n}(a^2+n)} \sin(\sqrt{nx});$
4.  $sh(ax) = \frac{2sh\pi a}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} n^2}{a^2+n^4} \sin(n^2 x).$

Абсолютная сходимость записанных рядов очевидно. Для оценки характера сходимости к разлагаемой функции следует, провести дополнительные исследования. Сущность проблемы заключается еще и в том, что теория сходимости разработана лишь для первого ортогонального ряда Фурье. Остальные ряды являются неортогональными и теория сходимости для них в настоящее время не разработана. Здесь в первую очередь следует обратить внимание на то, что неортогональные ряды, по-видимому, не могут обеспечить равномерной сходимости к разлагаемой функции, как в случае ортогональных рядов. Для них существуют интервалы наилучшей сходимости, где заданная точность может быть достигнута наименьшим числом слагаемых.

**Математические модели  
механики сплошных сред,  
теории переноса и теории  
обработки информации**

**Аналитические решения пространственных краевых задач  
математической теории пластичности**

Нифагин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Получение аналитических решений трехмерных задач теории пластичности представляет огромные математические трудности. Эти сложности связаны с нелинейностью и неголономностью системы основных уравнений в частных производных теории течения с упрочнением, которые решались, как правило, прямыми, численными методами в рамках пошаговых процедур, предполагающих решение задачи на каждом этапе последовательного наращивания параметра нагружения. Приближенные аналитические решения строились на базе различных вариантов метода возмущений упругих свойств, когда задача редуцировалась к последовательности линейных задач, решение каждой из которых находилось методами интегральных преобразований, обобщенным методом Фурье и другими методами, основанными на том, что граничные поверхности пространственных тел соответствовали координатным поверхностям в системах координат, допускающих разделение переменных в трехмерном бигармоническом уравнении, что существенно снижало общность таких подходов. Нами разрабатывается подход, предполагающий решение пространственных упругопластических задач для трехмерных областей, которые конформно отображаются на трехмерные области канонической формы. Построено решение задачи для пространства с сфероидальной и эллипсоидальной полостью при всестороннем растяжении (сжатии). Использовались специальные представления теории функций нескольких комплексных переменных в пространстве  $S^2$ , когда комплексные комбинации перемещений и напряжений выражены через три обобщенные аналитические функции отыскиваемые из граничных условий. Зависимость напряженного состояния материала от интенсивности внешнего усилия и удаления от концентратора наиболее полно представляется в виде поверхностей распределения радиальных и тангенциальных напряжений.

Причем различие результатов возрастает с увеличением уровня усилий и достигает 12–15 %. При последующих приближениях члены разложения нелинейно зависят от параметра нагружения  $\lambda$  и пластических постоянных  $A_2$ , т.е. величина коэффициента концентрации напряжений будет больше отличаться для материалов с ярко выраженными пластическими свойствами. Такой же эффект будет наблюдаться при увеличении контактных усилий.

## Механические системы с разрывными силами и системы с управлением

Нифагин В.А., Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

В механических системах с сухим трением, в системах с переключением или в случаях движения в нескольких средах с различающимися силами сопротивления силовое поле разрывно. Если рассматривается нелинейное конфигурационное пространство, то существование фазовых траекторий таких механических систем в общем случае не исследовано. Рассмотрим две механические системы на сфере: 1) Если силовое поле автономно и не зависит от скорости, т.е. – ограничено. При этом ни одна из траекторий системы, выходящей из точки  $S(0,0,-1)$ , не достигает точки  $N(0,0,1)$ . 2) Если силовое поле зависит от скорости, гладко, автономно и ограничено. Рассмотрим систему на единичной сфере  $s \subset R^3$ . Силовое поле задается вектором  $\overline{F}(\overline{r}) = (-x_2, x_1, 0)$ , где  $\overline{r} = (x_1, x_2, x_3) \in S_r(0,1)$ . Применяя принцип Даламбера для случая голономной связи  $\overline{P}(\overline{r}) = 1$ ,  $\|\overline{r}\|^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$  система уравнений в  $R^3$  для траектории точки имеет вид

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 = -x_2 - 2K x_1 \\ \ddot{x}_2 = x_1 + 2K x_2 \\ \ddot{x}_3 = -2kKx_3 \end{cases} \quad (1)$$

где  $K = \frac{1}{2} \|\dot{\overline{r}}\|^2 = \frac{1}{2} (\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + \dot{x}_3^2)$  – кинетическая энергия, с граничными условиями:

$$x_1(t_0) = x_{01}, x_2(t_0) = x_{02}, x_3(t_0) = -x_{03} \quad x_1(t_1) = x_{11}, x_2(t_1) = x_{12}, x_3(t_1) = x_{13} \quad (2)$$

Во втором примере заменим силовое поле  $\overline{F}(\overline{r}, \dot{\overline{r}})$  на  $[\dot{\overline{r}}, \overline{r}] / (1 + \|\dot{\overline{r}}\|)$ . Тогда векторные уравнения движения запишутся в виде

$$\ddot{\overline{r}} = \overline{F}(\overline{r}, \dot{\overline{r}}) - 2K\overline{r} \quad (3)$$

с граничными условиями (2).

Траектория  $\overline{r}(t)$  осциллирует возле экватора сферы, асимптотически к нему приближаясь, но не достигая точки полюса  $N$ . Для любой пары точек на концах диаметра сферы нет соединяющей их траектории системы. В тоже время для любых двух точек  $x_1, x_2$ , которые не сопряжены вдоль лютя бы одной геодезической метрики, в случае ограниченного, непрерывного силового поля, существует траектория системы, соединяющая эти точки.

## Определение меры сходства для классификации объектов полутоновых изображений

Бокуть Л.В., Кулешов А.Я.

Белорусский национальный технический университет

Классификация объектов полутоновых изображений по их контурному представлению является актуальной задачей научных исследований. При отсутствии обучающих выборок для классификации используются различные меры сходства исследуемых объектов, удовлетворяющие следующим свойствам: 1)  $0 \leq S(x, y) \leq 1$ ; 2)  $S(x, x) = 1$ ; 3)  $S(x, y) = S(y, x)$ .

Авторами был проведен сравнительный анализ двух предложенных мер сходства. Морфометрическая мера сходства вычисляется по формуле:

$$M_i = 1 - |E_s - E_i|,$$

где  $E_s$  - значение эксцентриситета эталона;  $E_i$  - значение эксцентриситета исследуемого объекта. Морфометрическая мера сходства обладает некоторыми недостатками, такими, как сложность вычислений, связанная с переводом векторной модели исследуемого объекта в координатное представление, а также невысокой точностью идентификации.

В связи с этим для упрощения вычислительных процедур авторами было предложено использовать эмпирическую меру сходства:

$$M[i] = 1 - \frac{\sum i |A[i] - B[i]|}{\sum i (A[i] + B[i])},$$

где  $A[i]$ ,  $B[i]$  - весовые значения векторов направлений объекта, принятого за эталон и исследуемого объекта соответственно;  $i$  - порядковые номера векторов направлений. В таблице приведены значения двух мер сходства исследуемых объектов, вычисляемые относительно объекта №1, принятого за эталон.

Номер объекта	Мера сходства $M_i$	Мера сходства $M[i]$
1	1,00000000	1,00000000
2	0,89672457	0,70445913
3	0,65678565	0,41359583
4	0,92256551	0,55112934
5	0,78473067	0,69120002

Новая мера сходства позволяет идентифицировать контурные представления объектов с более высокой точностью и быстродействием.

## Моделирование влияния демографического фактора на экономику

Буснюк Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В качестве показателя, характеризующего демографический фактор, будем использовать соотношение численности трудоспособного населения и населения в возрасте старше трудоспособного (относительный показатель координации - *ОПК*); в качестве макроэкономического показателя – величину внутреннего валового продукта страны (*ВВП*). В качестве модели выберем двухфакторную производственную функцию

$$ВВП = F(N, I),$$

где  $N$  – трудовые ресурсы (экстенсивный фактор),  $I$  – производственные фонды (интенсивный фактор).

Спрогнозируем изменение величины *ВВП* за счет изменения относительного показателя координации населения в трудоспособном и старше трудоспособного возрастах. Для этого рассчитаем  $\Delta ВВП = F(\Delta N, \Delta I)$ , где  $\Delta N$  – изменение доли трудоспособного населения,  $\Delta I$  – изменение объема инвестиций за счет изменения доли трудоспособного населения,  $\Delta ВВП$  – прирост *ВВП* в результате увеличения доли трудоспособного населения.

Для обозначения численности населения используем символы  $N_j^j$ , где параметр  $i$  указывает на год, за который приводятся данные; параметр  $j$  принимает три значения:

$$j = \left\{ \begin{array}{l} \text{труд} - \text{трудоспособное население} \\ \text{стар} - \text{население в возрасте старше трудоспособного} \\ \text{скор} - \text{скорректированная численность трудоспособного населения} \end{array} \right\}$$

Математическая модель для выражения зависимости конечного *ВВП* через *ВВП* и численность населения только базового года будет иметь вид:

$$ВВП_i^{\text{скор}} = ВВП_0 \left( \frac{N_0^{\text{труд}}}{N_0^{\text{стар}}} \cdot \sum_{j=1}^i \frac{N_j^{\text{стар}}}{N_j^{\text{труд}}} - i + 1 \right) = ВВП_0 \left( \sum_{j=1}^i \frac{ОПК_0}{ОПК_j} - i + 1 \right).$$

Достоинствами модели является то, что

1) нет необходимости применять показатели *ВВП* в сопоставимых ценах (при пересчете в сопоставимые цены возникли бы дополнительные погрешности в расчетах);

2) она не зависит от того, какой показатель численности трудоспособного населения брать в качестве базового параметра –  $N^{\text{труд}}$  за 1990 год или  $N^{\text{скор}}$  за любой вычисленный в дальнейшем год.

## Моменты произвольных порядков непрерывных распределений как решения рекуррентных соотношений

Волкович П.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Вычисление моментов произвольных порядков непрерывных распределений сводится, как известно, к вычислению интегралов вида

$$I_n = \int_x \varphi_n(x) f(x) dx \quad (1)$$

по всему множеству значений  $x$ , где функция  $f(x)$  определена; здесь  $\varphi_n(x)$  - степенная функция или многочлен степени  $n$ ;  $f(x)$  - плотности распределения.

Практическое применение выражения (1) для вычисления моментов осложняется необходимостью многократного понижения степени  $n$  в подынтегральной функции  $\varphi_n(x)$ . В определённых случаях указанных осложнений удаётся избежать использованием при вычислении интегралов вида (1) известных свойств гамма-функции, в других - использованием в указанных целях характеристических функций [1]. Если же функция  $f(x)$  такова, что интеграл (1) – рекуррентно вычисляемый, то интегрирование выражения (1) по частям приводит к рекуррентному соотношению соответствующего порядка. Решение указанного рекуррентного соотношения, полученное методом математической индукции, всегда может быть представлено в виде комбинаторной суммы.

Сравнение этих комбинаторных сумм, представляющих собой значения соответствующих моментов распределения, с выражениями для этих же моментов распределения, полученными традиционно, порождает ряд комбинаторных тождеств.

Приведённый алгоритм использован для вычисления начальных, центральных, абсолютных начальных и абсолютных центральных моментов произвольных порядков непрерывных распределений: нормального, косинусоидального, экспоненциального, синусоидального, Рэлея, Максвелла, Лапласа и других.

Помимо прочего, изложенное выше можно рассматривать как определённый вклад в решение известной проблемы моментов [1].

Литература

1. Гнеденко, Б.В. Курс теории вероятностей / Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1965. – 400 с.

**Метод сингулярных вейвлетов в задачах экспертного оценивания  
сводного показателя качества**

Романчук В.М., Серенков П. С.

Белорусский национальный технический университет

Предлагается методика аппроксимации результатов экспертного оценивания.

Пусть обобщенная сводная характеристика  $Y$  (называемая в дальнейшем качеством) некоторого объекта не может быть непосредственно измерена. При этом качество определяется набором частных критериев, задаваемых поддающимися измерению переменными  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Естественно предположить, что интуитивное восприятие этой характеристики, можно представить, как случайное значение некоторой функции  $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . В данном случае ошибка измерения обусловлена разрешающей способностью измерительного прибора, каковым в данной схеме является эксперт, методикой проведения экспертного опроса и методикой обработки результатов эксперимента.

Для оценки качества объекта необходимо собрать исходные данные которые могут состоять из двух частей: планируемой и статистической. При этом считаем, что планируемая и статистическая часть предусматривает получение бальных оценок выходного качества  $Y$ . Планируемая часть состоит из точек плана эксперимента. Статистическая часть содержит дополнительные точки, используемые для уточнения и проверки адекватности модели.

При оценке функции  $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  возможна следующая классификация методов оценивания:

1. параметрическое оценивание с неявной оценкой параметров (теория планирования эксперимента).
2. параметрическое оценивание с явной оценкой параметров, когда параметры модели просто назначаются экспертом. Данный прием используется, например, в квалиметрии.
3. непараметрическое оценивание.

Для проверки алгоритма была рассмотрена модель экспертного оценивания качества подготовки реальных проектов. Всего учитывалось 15 факторов. Стандартная обработка экспериментальных данных показала, что при таком подходе существует возможность получения неадекватной модели. Показано, что необходимо учитывать дополнительную априорную информацию.

Авторы предлагают использовать непараметрическое оценивание в сочетании с аппроксимацией методом сингулярных вейвлетов.



## Точные решения релятивистского фермион-антифермионного уравнения и спектр масс мезонов

Остапенко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Важная для исследования спектра частиц радиальная часть фермион-антифермионного уравнения Бете-Солпитера имеет вид:

$$\left[ E + i \left[ (\alpha_3)^1 - (\alpha_3)^2 \right] \cdot \left( \frac{d}{dr} + \frac{1}{r} \right) + \frac{1}{2r} \left[ (\alpha_1)^1 - (\alpha_3)^2 \right] \left[ (\alpha_1)^1 (\alpha_1)^2 + (\alpha_2)^1 (\alpha_2)^2 \right] \right. \\ \left. - \left[ (\alpha_1)^1 - (\alpha_2)^2 \right] \cdot i \sqrt{J(J+1)} \cdot (\alpha_1)^1 \cdot (\alpha_2)^2 - (\beta^1 \cdot m^1 + \beta^2 \cdot m^2) + (\beta^1 + \beta^2) \right] \rho(r) = 0 \quad (1)$$

и представляет собой систему 16 дифференциальных уравнений первого порядка.

В работе [1] показано, что для нормального делителя  $M = 1$  система (1) сводится к уравнению типа Шредингера

$$\left[ \frac{d^2}{dr^2} - \frac{J(J+1)}{r^2} + \omega^2 \right] \Phi(r) = 0, \quad \omega = F[V(r)] \quad (2)$$

Уравнение (2) имеет точные решения при наиболее важных для физических приложений типов потенциалов: для потенциальной ямы  $V(r) = \text{const}$  (решение выражается через сферические функции Бесселя и Неймана), потенциала кулоновского типа  $V(r) = -\alpha/r$  (решение через вырожденные гипергеометрические функции), линейный потенциал  $V(r) = \beta r$  при  $J = 0$  (уравнение Куммера).

Все полученные точные решения рассмотренного фермион-антифермионного уравнения имеют дискретный спектр энергий, что позволяет оценить спектр масс различных групп элементарных частиц с ненулевым спином (мезоны) [1]. Полученные результаты сравнения теоретических расчетов с экспериментальными данными по характеристикам элементарных частиц, взятым из ежегодника Particle Data Group [2] дают достаточно прочные основания для дальнейшего развития нашего подхода и всестороннего изучения полученного двухчастичного уравнения для связанных состояний.

Результаты точных решений могут дать надёжную основу для анализа приближенных решений уравнений (1)–(2), полученных с помощью современных математических пакетов.

1. Astapenko A.V., Bogush A.A. Relativistic fermion-antifermion equation and mass spectrum of mesons // Acta Physica Polonica. Vol. B17, No 11, 1986.

2. Particle Data Group. J. of Physics G: Nuclear and Particle Physics. G33, 1 1232, (2006).

**Инновационные подходы в преподавании математики в связи с новыми образовательными стандартами**

Прусова И.В., Глинская Е.А., Прихач Н.К.  
Белорусский национальный технический университет

В современных условиях высшее образование должно осуществлять подготовку специалистов, владеющих средствами инновационной деятельности, а это неразрывно связано с инновационными преобразованиями в высшей школе. Решение этой задачи предполагает изменение процесса обучения студентов технических вузов.

В первую очередь, это касается методики обучения. Она должна быть направлена на усвоение студентами базисных знаний, на основе которых они смогут в дальнейшем творчески осваивать новые знания и использовать их для создания новой техники и новых технологий.

Эта одна из причин, вызвавших потребность разработки новых стандартов высшего образования, реализация которых предполагает создание учебных программ по соответствующим дисциплинам. С учетом целей изучения математики, ее места и актуальности в процессе обучения, структура содержания программы для студентов включает лекционные, практические и лабораторные занятия.

Важная роль в учебных программах отводится организации самостоятельной работы. Так, на МТФ в первом и третьем семестрах выполняются расчетно-графические работы с использованием компьютеров, а на ПСФ – контрольные и самостоятельные работы. Эффективным инструментом организации управляемой самостоятельной работы студентов является информационно-образовательная поддержка учебного процесса, учебно-методические комплексы, материалы учебно-методического назначения, включая, включая электронные.

Современная методология высшего образования определяет учебные достижения студентов, как так называемые, компетенции: совокупности знаний, умений и опыта студентов, необходимых в инновационной деятельности будущего специалиста. В Республике Беларусь при разработке новых государственных стандартов в образовании одним из основных методов диагностики компетенции студентов устанавливается тестирование. На кафедре «Инженерная математика» созданы тесты для текущего и промежуточного контроля знаний по теоретической и практической подготовке.

Таким образом, рассмотренные инновации в преподавании математики в техническом вузе должны способствовать качественной подготовке будущих специалистов.

Кондратьева Н.А., Мелешко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Математическое образование современного специалиста приборостроительных специальностей включает изучение общего курса математики, знание которого необходимо для изучения общенаучных и профессиональных специализированных курсов, таких как физика, информатики, численные методы, прикладная механика, механика разрушения, криптография, электротехника, моделирование и оптимизация технологических процессов приборостроения.

Перед преподавателем математики ставятся задачи развивать у студентов убежденность, что математические дисциплины необходимы в их будущей деятельности; научить пользоваться математическими методами, научить применять математические знания к исследованию и решению профессиональных задач. Вопрос о преемственности обучения математики в школе и вузах проявляется в содержании курса обучения, его структуре, построении методической системы. При изложении математики в вузовских учреждениях необходимо, по возможности, строго обосновывать наиболее важные теоретические вопросы, которые в высшей математике считаются уже известными. В большой мере это касается дифференциального исчисления функций одной переменной, которое является основным разделом дисциплины «Математика» в техническом вузе на первом курсе. Оно широко применяется в курсах других дисциплин, например в физике, механике, электродинамике, специальных дисциплинах. Но в последнее время темы: «Производная», «Дифференцирование функций», «Применение производной функции» исключаются из курса математики в средней школе и вступительных тестов. Это накладывает определенные трудности на преподавание вузовского курса дифференциального исчисления. Требуется больше времени уделять изучению простейших правил дифференцирования, понятий касательной, экстремумов функций и т.д. В результате меньше учебного времени остается на глубокий анализ функций. Как показывает практика, студенты 1-го курса, в большинстве, плохо знают основные свойства, характеристики, изучаемых в школе элементарных функций. Возникает необходимость упрощенного изложения дифференциального исчисления, что не совсем оправданно с точки зрения подготовки квалифицированного инженера. Эти методические наблюдения учтены в создаваемых новых учебных программах и при организации самостоятельной работы студентов.

**К вопросу о самообразовании студентов-заочников**

Попейко Н.С., Воронова Н.П., Очеретняя О.П.

Белорусский национальный технический университет

Задачи вуза – формирование интеллектуального и профессионального уровня будущего специалиста, повышение качества образования, т.к. современное общество нуждается в специалистах, которым предстоит решать множество сложных и не допускающих отлагательства задач. Для решения этих проблем в системе заочного обучения принципиальное значение имеет способность личности к целенаправленной, систематической и управляемой самим человеком познавательной деятельности.

Целенаправленность определяется совокупностью мотивов и установок студентов на осуществление самообразовательной деятельности, его внутренними потребностями в самообразовании. Это, прежде всего, осознание необходимости самообразования в профессиональных целях:

- расширение кругозора;
- получение профессиональной информации;
- самоутверждение и самореализация.

Важным мотивом является развитие своих способностей, совершенствование навыков самообразовательной деятельности, желание расширить познавательные возможности и учебные способности.

Большое значение при обучении в высшей школе имеет уровень знаний, умений и навыков, полученных в базовой школе.

Готовность к дальнейшему обучению определяется способностью воспринимать новые общеобразовательные и специальные дисциплины, используя умение находить, перерабатывать и использовать информацию для решения учебных задач.

Необходимо уметь:

- осмысливать учебный материал, выделять главное в тексте;
- осуществлять анализ и синтез; уметь абстрагировать и конкретизировать;
- владеть приемами индукции и дедукции;
- уметь классифицировать и обобщать, сравнивать и устанавливать корреляции между фактами и явлениями;
- систематизировать информацию;
- аргументировать, формулировать выводы и умозаключения;
- прогнозировать результаты и обосновывать решения задач перспективного характера.

Всё вышеперечисленное является залогом успешного образования и самообразования будущих специалистов.

**Разработка функций пользователя в СКМ *Mathematica* для решения задач кинематики точки в неортогональных криволинейных координатах**

Царева А.А., Босяков С.М.

Белорусский национальный технический университет

Современные системы компьютерной математики предназначены, в основном, для решения теоретических и прикладных задач без их программирования. В то же время они позволяют программировать в случаях, когда имеющихся стандартных функций и пакетов расширения системы оказывается недостаточно. При этом эффективным оказывается реализация функционального метода программирования, который заключается в использовании в ходе решения задачи только функций. Преимуществом такого подхода является возможность применения широкого спектра встроенных функций и функций стандартных пакетов расширения при создании специализированных функций пользователя. В настоящей работе представлены функции, разработанные для нахождения проекций вектора скоростей и ускорений материальной точки на оси системы криволинейных ортогональных координат, а также кинетической энергии в криволинейных ортогональных координатах.

Для расчета скоростей и ускорений созданы функции соответственно `Velocity[v, {q1,q2,q3}, {x,y,z}, opt]` и `Acceleration[w, {q1,q2,q3}, {x,y,z}, opt]`, кинетической энергии – `Tvalue[T, {q1,q2,q3}, {x,y,z}, opt]`. Первым аргументом этих функций являются обозначения проекций векторов и энергии. Список `{x,y,z}` содержит выражения, связывающие декартовы координаты с криволинейными координатами, список `{q1,q2,q3}` – обозначения криволинейных координат. Необязательным входным параметром `opt` является опция `Notation`, позволяющая задавать функциональную или индексированную форму представления результата.

Такой подход позволяет использовать результирующие списки подстановок для дальнейших преобразований и в качестве справочной информации. Поскольку одной из составляющих процедуры решения задач на кинематику точки является проверка на ортогональность системы координат, также разработана тестирующая функция `OrtogonalQ[{x,y,z}, {q1,q2,q3}]`. Результатом ее выполнения является одна из булевых постоянных.

Представленный подход может быть распространен для создания функций пользователя, позволяющих определять скорости и ускорения материальной точки в неортогональных криволинейных координатах.

## Учебные курсы в СДО Moodle

Царева А.А.

Белорусский национальный технический университет

На данном этапе развития общества все более актуальным становится вопрос о внедрении систем дистанционного образования в образовательный процесс. Одной из наиболее удобных систем дистанционного обучения является среда Moodle, которая обладает рядом преимуществ по сравнению с другими аналогичными продуктами: бесплатное распространение, возможность работы на локальном компьютере с поддержкой php и по сети, многоязычной поддержки, модифицирования программного кода, поддержки тысячи учебных курсов и многое другое.

Основными структурными единицами курса в среде Moodle являются модули «Урок», «Тест», «Задание», «Словарь», которые рационально использовать в совокупности для достижения эффективного усвоения и закрепления знаний.

Каждый модуль представляет собой специфический объект, характеризующийся рядом свойств и особенностей. Так «Урок» позволяет создавать страницы с текстом, что является аналогом конспекта лекций. Посредством личных установок преподавателя можно задавать различные условия изучения материала: линейное и нелинейное движение по тексту, наличие контрольных вопросов в конце каждой страницы, время, отводимой на изучение материала. На этапе контроля знаний студентов, как промежуточном, так и итоговом, важным элементом выступает модуль «Тест», который позволяет разрабатывать большое количество тестовых заданий, группировать их по уровню сложности и по типу вопроса: множественный выбор, короткий ответ, ответ на соответствие, эссе и т.д. Тест может иметь контролирующий и тренировочный характер, а также иметь временные рамки и ограничение в количестве попыток прохождения.

СДО Moodle также имеет возможность подключения дополнительных учебных модулей, которые позволяют повысить мотивацию и интерес обучаемых к изучаемой дисциплине. Например, модуль «Game» дает возможность проведения контроля знаний и изучения предложенного материала в нестандартной форме, что значительно повышает интерес студентов к дисциплине.

На кафедре «Инженерная математика» ведется разработка учебно-методического комплекса по предмету «Информатика» в среде Moodle. Данный курс содержит лекционные блоки, блоки практических заданий, тестовые задания по каждой теме, а также словарь, содержащий основные понятия и определения, встречающиеся в материалах учебного курса.

**Разработка компьютерной программы для составления индивидуальных заданий по разным главам математики**

Литовко А. А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из основных компонентов образовательного процесса в ВУЗе является самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа студентов может осуществляться как дома при выполнении индивидуальных домашних заданий (ИДЗ), так и на занятиях в аудитории при промежуточном контроле знаний. Если при проверке знаний на занятиях можно ограничиться 2-4 вариантами заданий, то при выполнении ИДЗ желательно иметь большое количество вариантов, чтобы у всех студентов были разные задания.

Создание большого числа вариантов заданий довольно непростая задача, однако она упрощается, если решение этих задач носит чисто алгоритмический (технический) характер, например, при изучении тем: умножение матриц; нахождение скалярного, векторного, смешанного произведения векторов; решение линейных однородных дифференциальных уравнений  $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами; решение транспортной задачи и т. д.

В 2008/09 учебном году на кафедре “Инженерная математика” начата разработка компьютерной программы для составления индивидуальных заданий по математике. Программа позволяет создавать сразу (за один запуск) как одинаковые, так и разные задания для всех студентов. Большинство заданий имеют опции, варьируя которые можно изменять сложность задания. Например, задание на умножение матриц имеет 3 опции: высота первой матрицы, ширина первой, а значит, и высота второй матрицы, и ширина второй матрицы.

Разработанная компьютерная программа составляет индивидуальные задания для студентов по отдельным разделам следующих тем математики: комплексные числа, матрицы, системы линейных алгебраических уравнений, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, операционное исчисление, уравнения математической физики, теория вероятностей и математическая статистика, математическое программирование, включая теорию матричных игр, теория графов и прикладная математика.

Примерно для половины заданий даются ответы. В ответах нередко приводятся не только конечные результаты, но и результаты промежуточных вычислений, что намного облегчает проверку заданий.

Данный электронный продукт будет применяться на кафедре для оптимизации учебного процесса.

# **Ф и з и к а**



## Подготовка научных кадров в КНР

Бей Веньли<sup>1)</sup>, Маркевич М.И.<sup>2)</sup>, Емельяненко Ю.С.<sup>3)</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>3)</sup>,  
Чапланов А.М.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Посольство КНР в Беларуси, <sup>2)</sup>Физико-технический институт,

<sup>3)</sup>Институт физики

Руководство КНР уделяет постоянное внимание развитию научного потенциала страны, подготовке кадров для инновационной деятельности. Рассмотрим основные направления работы, которые дали результаты в развитии инновационной деятельности.

Объединение вузов позволило осуществить более качественное управление высшим образованием, оптимизировать педагогические ресурсы, повысить качество преподавания. В 1993 г. началось создание системы 100 университетов первоклассного мирового уровня. Более семисот вузов были соединены в 302 многопрофильных универсальных вуза, в частности, Центральная академия прикладного искусства была слита с университетом «Цинхуа», Пекинский университет объединился с Пекинской медицинской академией. Создан специальный государственный фонд поддержки вузов.

Для укрепления научно-исследовательского потенциала вузов и выпускников вузов в самих университетах КНР созданы и создаются научно-технические парки. Так в Цинхуа университете функционирует завод по микроэлектронике, который курируется начальником департамента по электронике Цинхуа университета. Большую часть работников здесь составляют научные группы из выпускников университета, студентов, магистров, аспирантов и сотрудников университета.

В КНР фирмы обязаны помогать ученым, научным институтам и университетам. Причем этот интерес взаимен. В КНР развитие науки и внедрение ее результатов в производство превратилось в общенациональную задачу. Следует отметить, что для повышения уровня разработок китайские ученые даже за рубежом охотно идут на контакт и берут своих коллег из КНР на практику в лучшие университеты США и Европы. Некоторые шаги в области научно-технического сотрудничества делает и Беларусь, так в г. Цзинань (провинция Шаньдун) открылся белорусско-китайский технополис. Отечественная наука предоставила китайским специалистам более 150 проектов, некоторые из них уже профинансированы.

В настоящее время планируется расширение научных связей со всеми университетами Республики Беларусь.

## Прямые и не прямые излучательные переходы в спектрах электролюминесценции (ЭЛ) светодиодов с одиночной квантовой ямой (ОКЯ)

Трофимов Ю.В.<sup>1)</sup>, Цвирко В.И.<sup>1)</sup>, Мудрый А.В.<sup>2)</sup>, Красовский В.В.<sup>3)</sup>,  
Доманевский Д.С.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>ГНУ Институт физики НАН Беларуси

<sup>2)</sup>Научно-практический центр материаловедения (НПЦМ) НАН Беларуси

<sup>3)</sup>Белорусский национальный технический университет

Начальная стадия количественного анализа формы спектров ЭЛ обычно состоит в установлении типа наблюдаемых оптических переходов и измерении их энергетических характеристик. Для этого выясняют вид функции, связывающей интенсивность ( $I$ ) низкоэнергетического фронта полосы ЭЛ в зависимости от энергии и квантов ( $h\nu$ ). При прямых переходах должны наблюдаться участки, описываемые выражением:

$$I(h\nu) = B(h\nu - E_0)^k, \quad (1)$$

где  $B$  – постоянная,  $k = 1/2$ ,  $E_0 = h\nu_{\min} = E_g$  – пороговая энергия, соответствующая локализации дырок у потолка валентной зоны, которая может совпадать с шириной запрещенной зоны ( $E_g$ ). При не прямых оптических переходах закон сохранения квазимпульса может выполняться за счет эмиссии фононов с энергией  $E_p$ . Тогда в (1)  $k = 2$ , а  $h\nu_{\min} = E_g - E_p$ . На рис. 1 приведены спектры ЭЛ, соответствующие прямым (а) и непрямым (б) переходам в InGaN ОКЯ светодиода типа NSPG510S.

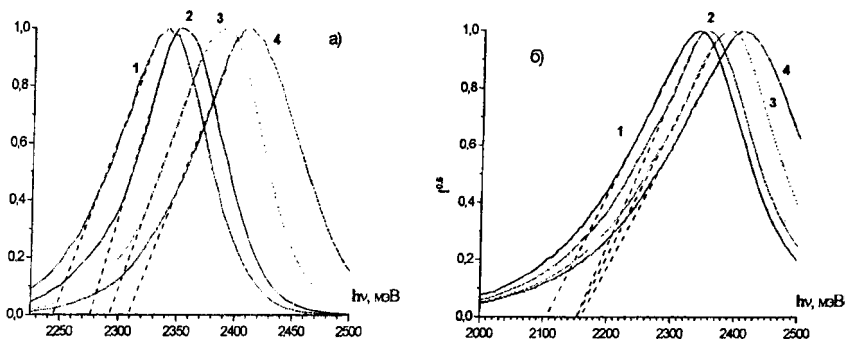


Рис.1. Экспериментальные зависимости квадрата силы излучения (а) и корня квадратного силы излучения (б) в относительных единицах от энергии излучаемых фотонов при токах 10 мкА (1), 1 мА (2), 10 мА (3), 50 мА (4).

## Особенности спектрального распределения электролюминесценции (ЭЛ) светодиодов с множественными квантовыми ямами (МКЯ) при охлаждении

Бобученко Д.С.<sup>1)</sup>, Манего С.А.<sup>2)</sup>, Мудрый А.В.<sup>3)</sup>, Трофимов Ю.В.<sup>2)</sup>, Хорунжий И.А.<sup>1)</sup>

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

<sup>2)</sup>ГНУ Институт физики НАН Беларуси

<sup>3)</sup>Научно-практический центр материаловедения (НПЦМ) НАН Беларуси

Цель работы – исследование возможности повышения оптического разрешения тонкой структуры спектров ЭЛ за счет охлаждения до 78 К и перехода к приборным структурам с МКЯ. На рис.1 приведены спектры ЭЛ синих (а) и зеленых (б) светодиодов при температурах 300 К (1) и 78 К (2). При 300 К в максимуме спектров наблюдается характерная тонкая структура из трех полос с примерно эквидистантным (30 мэВ, а и 60 мэВ, б) расположением максимумов. При понижении температуры до 78 К имеет место гашение ЭЛ в области двух более высокоэнергетических максимумов и разгорание низкоэнергетической полосы, сопровождаемое появлением тонкой структуры, состоящей из прямолинейных участков и зависимостях интенсивности  $I^{0.5} = f(h\nu)$  от энергии квантов ( $h\nu$ ). Известно, что такие участки характерны для непрямых переходов с участием фононов. Оценки энергетических зазоров в предположении, что при  $T=78$  К в спектре наблюдается бесфононный переход, дают для синих диодов тройной повтор испускаемых фононов с энергией  $E_p \approx 90$  мэВ, а для зеленых один повтор  $E_p \approx 64$  мэВ.

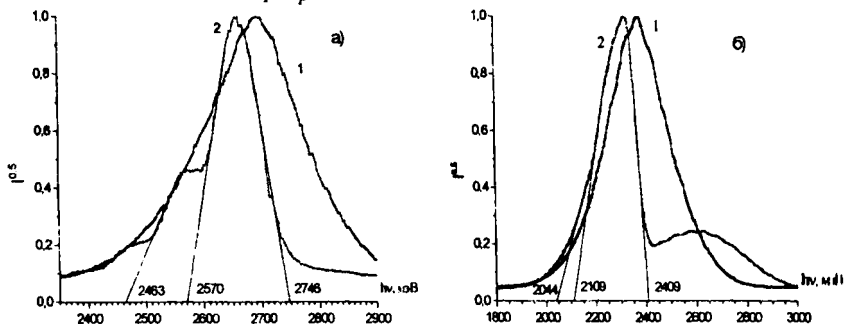


Рис. 1. Распределение корня квадратного интенсивности по энергии фотонов синего (а) и зеленого (б) светодиодов при температурах окружающей среды 300 К (1), 78 К (2) при возбуждении  $I = 0.3$  А,  $U = 3.5$  В.

**Система охлаждения мощного светодиода**

Хорунжий И.А., Доманевский Д.С., Бобученко Д.С.  
Белорусский национальный технический университет

Одним из важнейших условий для надежной работы светодиодов является их эксплуатация при рекомендованной изготовителем температуре, при этом температура р-п перехода, как правило, не должна превышать 120°C [1]. Результаты компьютерного моделирования [2] показали, что тепловое сопротивление внутри корпуса светодиода вносит заметный вклад в тепловое сопротивление всей системы прибор – внешняя система охлаждения. Для усовершенствования теплоотвода внутри прибора, нужны материалы с высокой теплопроводностью. В последние годы возрос интерес к алмазу, который имеет высокую теплопроводность (в пять раз выше, чем у меди). Современный уровень технологии выращивания CVD-алмаза путем осаждения поликристаллических пленок алмаза из газовой фазы (Chemical Vapor Deposition, CVD) [3] позволяет использовать такие пластинки в качестве теплопроводящих оснований для установки на них полупроводниковых структур с высокой тепловой нагрузкой. Представляет интерес компьютерное моделирование таких систем с целью оценки эффективности применения CVD-алмаза для этих целей.

Для проведения расчетов была использована компьютерная модель, включающая р-п переход, представляющий собой слой GaN, буферный кремниевый слой, алмазная подложка и медный теплоотвод. Тепловая мощность, выделяемая в р-п переходе, полагалась равной 3 Вт, теплопроводность алмаза 2000 Вт/(м·К) [3]. Расчеты, проведенные для структуры без алмазной подложки, дали значение температуры р-п перехода 48,09°C. При замене буферного кремниевого слоя алмазной подложкой температура полупроводникового р-п перехода составила 37,14°C. Таким образом, алмазные подложки могут существенно улучшить теплообмен в приборной структуре.

**Литература**

1. Староверов, К. Системы охлаждения светодиодов / К. Староверов // *Новости электроники* – 2008. - №17. - С.21-23.
2. Хорунжий, И.А., Компьютерное моделирование тепловых процессов в мощном светодиоде / И.А. Хорунжий, Д.С. Доманевский, Д.С. Бобученко // *Материалы международной научно-технической конференции "Приборостроение-2008"*. - Минск: БНТУ, 2008 - С.259-260.
3. Ральченко, В. CVD-алмазы. Применение в электронике / В. Ральченко, В. Конов. // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес.*- №4.-2007.- С.58-67.

## Структура теплового сопротивления современных светодиодов

Бумай Ю.А., Васьков О.С.

Белорусский национальный технический университет

Устранение перегрева активной области мощных светодиодов (СИД) требует снижения их внутреннего теплового сопротивления. Для этого необходимо оптимизировать размеры кристалла, способы его посадки, типы корпусов. Одним из перспективных методов получения информации о значениях тепловых сопротивлений элементов конструкции СИД является использование переходных электрических процессов, обусловленных разогревом собственным током, представление результатов в виде временного спектра тепловых сопротивлений и проведение его идентификации [1].

В настоящей работе на основе данного метода проведен анализ структуры теплового сопротивления современных мощных СИД различных типов, установлен определяющий вклад в него слоя посадки кристалла на теплоотводящее основание. На рис.1 в качестве примера приведены результаты идентификации структуры теплового сопротивления СИД Lumileds Star.

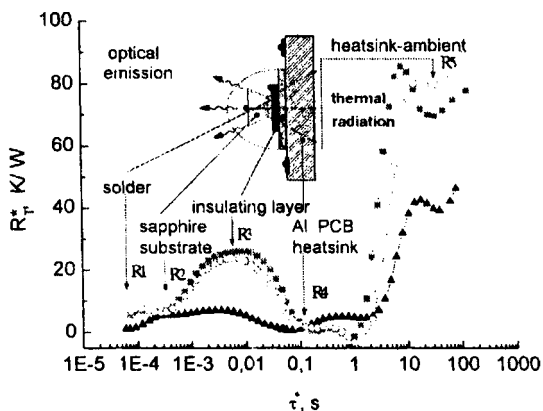


Рис.1. Спектр тепловых сопротивлений СИД Lumileds Star (1 Вт).

## Литература

1. Бумай, Ю.А. Тепловые процессы в сверхъярких InGaN/GaN светодиодах / Ю.А. Бумай, О.С. Васьков, Д.С. Доманевский // Сб. статей 6-й Бел.-Росс. семинар "Полупроводниковые лазеры и системы на их основе". - Минск: ИФ НАНБ, 2007. - С. 108-112.

## Расчет плотности энергетических состояний носителей заряда в низкоразмерных квантовых системах

Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

Для создания современных полупроводниковых электронных приборов используют гетероструктуры, содержащие активные области нанометровых размеров. Ограничение движения носителей заряда в пределах нескольких межатомных расстояний приводит к изменению их энергетического спектра – спектр из квазинепрерывного для объемного материала превращается в квантованный. При ограничении движения в одном направлении получают квантовые слои (квантовые ямы). Движение носителей в плоскости квантового слоя остается квазинепрерывным, поэтому говорят о двумерном электронном газе в нем. Если движение носителей ограничено в двух направлениях, получают квантовые проволоки – электронный газ в них является одномерным. При ограничении размеров области в трех измерениях получают квантовые точки. Структуры с квантовыми точками оцениваются как наиболее перспективные для создания нового поколения инжекционных лазеров [1].

Эффекты размерного квантования позволяют эффективно управлять параметрами полупроводниковых приборов. Прежде всего, это касается спектральных характеристик светоизлучающих приборов (светодиодов, лазеров). Вид спектра излучения определяется плотностью энергетических состояний носителей в активной области гетероструктуры [2].

В работе рассчитана плотность энергетических состояний носителей заряда в активных областях различной размерности (рис. 1).

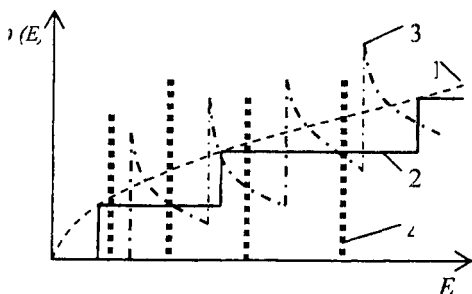


Рис.1. Зависимость плотности состояний от энергии носителей:  
1 – объемный материал,  
2 – квантовый слой,  
3 – квантовая проволока,  
4 – квантовая точка

1. Алфёров, Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж.И. Алфёров // ФТП. – 1998. - Т.32, № 1. - С.3–17.
2. Шик, А.Я. Физика низкоразмерных систем / А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. - Санкт-Петербург, 2001. – 160 с.

## Электрические свойства контактных структур

Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

В полевых транзисторах с высокой подвижностью электронов на основе гетероперехода GaAlAs/GaAs методом емкостной спектроскопии с частотным разрешением исследовались дефекты, расположенные вблизи канала, а также на поверхности вблизи выводов истока и стока проявляющие себя как ловушки для электронов. Данные дефекты (в том числе поверхностные дефекты и дислокации) обуславливают токи утечки и низкочастотные шумы транзисторов.

Для повышения соотношения сигнал/шум сигнал разбаланс емкостного моста переменного тока усреднялся с помощью специальной схемы за промежутков времени, равный 100-1000 периодам переменного напряжения, частота которого изменялась в пределах 10 Гц – 1 МГц. Для исследования профиля распределения ловушек использовалось постоянное обратное смещение. Энергия уровней ловушек определялась из температурной зависимости произведения  $\tau T^2$  от  $T^{-1}$ , где  $T$  – температуры измерений по шкале Кельвина,  $\tau = \omega^{-1}$ ,  $\omega$  – циклическая частота, соответствующая максимальному напряжению разбаланса моста. Измерения проводились в области температур 20 - 120<sup>o</sup>С.

В исследуемом интервале температур проявлялись 5 дефектных уровней, три из которых наблюдались в ранее проведенных исследованиях. Дефектные уровни с энергиями 0,24 и 0,18 эВ в подобных структурах ранее не наблюдались.

Используя постоянное смещение, было установлено, что дефектные центры, ответственные за соответствующие уровни, расположены вблизи канала, а также на поверхности вблизи областей истока и стока. Аналогичные результаты наблюдались ранее для полевых транзисторов на основе гетероперехода AlGaIn/GaN [1].

Дефекты, расположенные вблизи канала, характеризуются меньшими величинами  $\tau$  и являются источниками шумов в области частот до нескольких гигагерц. Более медленные дефекты на поверхности обуславливают токи утечки и шумы в более низкочастотной области спектра.

## Литература

1. Liu, W.L. Capacitance-Voltage Spectroscopy Trapping States in GaN/AlGaIn Heterostructure FETs / W.L. Liu, Y.L. Chen, A.A. Balandin, K.L. Wang // J. Nanoelectronics and Optoelectronics. - 2006. - V.1, №2. - P.251 - 263.

**Исследование фотолюминесценции крупнопористого арсенида галлия со средним размером пор ~1 мкм**Новоселов А.М.<sup>1)</sup>, Емельяненко Ю.С.<sup>1)</sup>, Поликанин А.М.<sup>2)</sup><sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет<sup>2)</sup>Институт физики НАН Беларуси

Модификация поверхности полупроводников  $A_3B_5$ , приводящая к образованию пористой структуры, вызывает интерес возможностью получения новых свойств, отличных от свойств исходного материала. Модификация поверхности GaAs осуществлялась путем химического травления в азотной кислоте.

Проводилось исследование морфологии поверхности образцов при помощи сканирующего электронного микроскопа H-800 (Hitachi) с разрешением не хуже 0.2 нм, которые показали, что после травления образуется сильно развитая крупнопористая поверхность, со средним диаметром пор до 1 мкм.

Исследование спектров фотолюминесценции  $por\text{-}GaAs$  показали:

– в образцах с исходной концентрацией носителей  $\sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$  наблюдалось смещение максимума краевой полосы в коротковолновую область, в образцах с концентрацией  $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$  полоса практически не смещалась;

– интенсивность краевого излучения в образцах с концентрацией носителей  $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$  возрастала в  $\sim 18$  раз, при уменьшении времени жизни неосновных носителей заряда в  $\sim 1.4$  раза (от 45 до 30 нс);

– уменьшалась интенсивность полос примесного излучения по сравнению с исходными образцами относительно краевого излучения;

– незначительно увеличивалась ширина краевой полосы.

Вызывает особый интерес сильный рост интенсивности краевого излучения для GaAs, имеющего концентрацию носителей  $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Возможными причинами этого явления могут быть:

- существенный рост поглощаемого излучения из-за наличия пор;
- уменьшение объема активной области рекомбинации за счет малой величины длины диффузии носителей тока в  $por\text{-}GaAs$ ;
- уменьшение поглощения выводимого фотолюминесцентного излучения.

При этом происходит перераспределение скорости рекомбинации между краевой и примесными полосами излучения и изменение времени жизни неосновных неравновесных носителей заряда. Такое существенное увеличение интенсивности фотолюминесценции может найти практическое применение в современной оптоэлектронике.



**Рекристаллизация тонких пленок ГЦК - металлов**Чапланов А.М.<sup>1)</sup>, Маркевич М.И.<sup>1)</sup>, Белая О.Н.<sup>2)</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>3)</sup><sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет, <sup>2)</sup>Педагогический университет им. М. Танка, <sup>3)</sup>Физико-технический институт

Тонкие металлические пленки, получаемые различными методами нанесения в вакууме на аморфные и кристаллические подложки находятся в термодинамически неравновесном состоянии и, вследствие этого при нагреве в них протекают процессы собирательной рекристаллизации.

В отличие от массивных материалов, осажденные пленки содержат высокую концентрацию точечных дефектов, что оказывает существенное влияние на кинетику образования и роста зерен в тонких пленках при стационарном и импульсном отжиге. Наличие в пленках высокой концентрации вакансий вызывает ускорение диффузионных процессов, облегчая как единичные, так и групповые переходы атомов из одного зерна в другое, что увеличивает подвижность границ зерен.

Рекристаллизация в тонких металлических пленках протекает при более низких температурах, чем в массивных материалах. В тонких пленках никеля она начинается при 500К, меди - 400К, алюминия 350К, серебра 400К. Немаловажную роль в этом играет и уменьшение свободной поверхностной энергии зерен в условиях пересыщения пленок вакансиями, особенно при низких температурах. При этом создаются благоприятные условия для протекания на первой стадии собирательной рекристаллизации процесса коалесценции путем слияния близлежащих зерен с близкой кристаллографической ориентацией. В дальнейшем рост зерен идет миграцией межзеренных границ, причем на начальных стадиях в условиях пересыщения вакансиями увеличивается диффузионная подвижность границ зерен. Наряду с этим, присутствие концентрации вакансий в пленках выше равновесного значения снижает удельную свободную энергию границы, что оказывает существенное влияние на процесс рекристаллизации. Изменение поверхностной энергии в пленке при наличии неравновесной концентрации вакансий при степени пересыщения пленки никеля вакансиями до  $10^7$  и температуре отжига 673 К дает значение 210 эрг/см<sup>2</sup>. При высоких скоростях обработки тонких пленок неравновесная концентрация вакансий в пленках возрастает. Собирательная рекристаллизация тонких пленках ГЦК-металлов, миграция межзеренных границ происходит при высокой степени пересыщения пленок вакансиями, что оказывает существенное влияние на энергию активации рекристаллизации в пленках, которая близка к энергии миграции вакансий.

## Анализ методики определения удельного заряда электрона с помощью цилиндрического магнетрона

Александрова Э.Н., Новоселов А.М., Савицкий В.Т.  
Белорусский национальный технический университет

Метод цилиндрического магнетрона широко используется в лабораторных практикумах для определения удельного заряда электрона. Различными авторами теоретически установлена связь между критической

индукцией магнитного поля ( $B_{кр}$ ) и удельным зарядом электрона ( $\frac{e}{m}$ ):

$$B_{кр} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{\frac{e}{m}}} \frac{\sqrt{u}}{b \left(1 - \frac{a^2}{b^2}\right)} \quad (1)$$

где  $u$  – анодное напряжение,  $a$  и  $b$  – диаметры катода и анода соответственно. Выражение (1) выведено для электронов, покидающих катод с нулевой скоростью, и не зависит от распределения потенциала в межэлектродном пространстве.

В данной работе показано, что распределение по скоростям (энергиям) электронов, вылетающих из катода, практически не сказывается на  $B_{кр}$  (1), так как начальные скорости электронов пренебрежимо малы по сравнению с их скоростями при подлете к аноду. Показано, что распределение потенциала между анодом и катодом оказывает влияние только на вид траектории электрона и не изменяет выражение (1). Известно, что практически  $B_{кр}$  определяется из анализа зависимости тока анода ( $J_a$ ) от индукции магнитного поля (сбросовая характеристика магнетрона). Однако при  $B=B_{кр}$  вместо ступенчатого, обычно наблюдается более или менее размытый спад сбросовой кривой с перегибом.

В данной работе экспериментально показано, что ход этой характеристики практически не зависит от температуры накала катода, анодного напряжения и режима работы магнетрона, а зависит только от используемого магнетрона (т.е. от его конструкции). Сделаны выводы:

распределение электронов, вылетающих из катода по скоростям, и распределении потенциала в межэлектродном пространстве не оказывает влияние на вид сбросовой характеристики магнетрона, а определяется его конструкцией и ее несовершенствами;

перегиб сбросовой характеристики соответствует выполнению условия (1) для основной группы электронов, и может быть использовано для определения удельного заряда электрона.

## Особенности измерения коэффициента трения качения

Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из широко применяемых методов определения коэффициента трения качения является метод наклонного маятника. Недостатком данного метода является то, что при значительном наклоне плоскости, в которой движется маятник (обычно это шар), к горизонтали, энергии маятника может уменьшаться не только в результате действия силы трения качения, но также и под действием силы трения скольжения.

При большом угле наклона плоскости к горизонтали составляющая силы тяжести, направленная вдоль плоскости, оказывается, по величине больше, чем сила трения скольжения. В таком случае на верхнем участке траектории происходит качение со скольжением, при этом точка приложения силы трения скольжения перемещается в пространстве. Данная сила будет выполнять отрицательную работу. Если отмеченное обстоятельство не принимать во внимание, величина коэффициента трения качения будет завышена.

В процессе движения по окружности элементарное перемещение шара можно представить как скатывание по наклонной плоскости с переменным углом наклона. Данный угол максимален в верхней точке траектории и равен нулю в нижней точке, где скорость максимальна.

Расчет показывает, что минимальная величина угла  $\beta$ , при которой еще не будет возникать скольжение, определяется неравенством:

$$\cos\beta < \mu [\sin\varphi_0(1 + \mu^2)]^{-1},$$

где  $\beta$  – угол между наклонной плоскостью и вертикалью,  $\varphi_0$  – угол максимального отклонения маятника в плоскости качаний,  $\mu$  – коэффициент трения скольжения между маятником и плоскостью.

Используя данное неравенство, можно оценить минимальный угол  $\beta$  при различных значениях  $\mu$ . Так, для  $\mu = 0,1$  минимальная величина угла  $\beta$  составляет  $55^\circ$ .

Однако данная оценка может быть сильно заниженной по следующей причине. В ранее выполненных работах отмечается, что величина  $\mu$  для шара с низкой степенью шероховатости поверхности оказывается заметно ниже, чем приводимая в справочной литературе для плоских поверхностей.

Поэтому достоверные данные для коэффициента трения качения могут быть получены из измерений при углах наклона  $\beta$ , превышающих полученное значение, при условии, что величина коэффициента трения качения не зависит от угла  $\beta$ .

**Исследование временных параметров переключения регулируемых ослабителей оптического излучения**

Развин Ю.В., Николаевский А.Р.

Белорусский национальный технический университет

В качестве базовой модели исследуемого ослабителя была выбрана трехэлементная схема, содержащая два поляризатора и регулируемый анизотропный элемент. Одним из возможных применений исследуемой схемы является использование её в различных оптических и лазерных системах в качестве оптических затворов для формирования световых импульсов с заданными амплитудно-временными параметрами. Оптические элементы должны сохранять свои характеристики в условиях взаимодействия с интенсивным лазерным излучением. Выполненные ранее исследования позволили определить динамический диапазон рассматриваемых схем поляризационных ослабителей, в пределах которого не наблюдаются искажения пространственно-когерентных параметров лазерного излучения. Наибольший интерес при этом представляет импульсный режим работы таких ослабителей. В тоже время режим традиционного для этих схем механического привода анизотропного элемента ограничивает эффективность формирования световых импульсов. Целью данной работы является исследование режимов импульсного переключения регулируемого поляризационного ослабителя с электрооптической анизотропной ЖК-ячейкой.

Особое внимание в работе уделено анализу электрооптических характеристик нематического ЖК и процессам переключения ЖК-слоя под действием импульсного электрического поля. Разработана соответствующая геометрия анизотропной ЖК-ячейки с планарной организацией электродов. В условиях выполненного эксперимента оптическая апертура электрооптического анизотропного элемента составляла 3...10 мм. Рассчитаны вольт-контрастные характеристики, определены основные зависимости временных параметров переключения. Экспериментально были изучены режимы переключения исследуемой схемы при различных условиях управления электрооптическим ЖК-слоем. В качестве источников питания в работе использовались генераторы непрерывного синусоидального и импульсного напряжений. Показана возможность получения дискретного режима переключения ЖК-ячейки. Проведено качественное сравнение результатов выполненного эксперимента с данными расчета. Анализ полученных результатов показывает, что в исследуемой схеме могут быть получены длительности переключения  $\sim 10^{-3} \dots 10^{-5}$  с.

## Явление теплопроводности – экспериментальная реализация в лабораторном практикуме

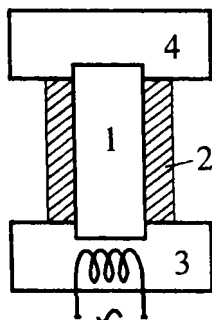
Кужир П.Г., Самойлюкович В.А.

Белорусский национальный технический университет

Изучению явлений переноса в курсе физики для специальностей строительного профиля уделяется особое место. Усвоение этого материала по зволит будущему инженеру более осознанно подходить к выбору материала для возведения сооружений, теплоизоляции стен, решать вопросы энергосбережения и энергоэффективности.

В лабораторном практикуме по физике, как правило, присутствуют работы по изучению теплопроводности газов, и нет работ по теплоемкости твердых тел. Мы восполняем этот пробел. Следует обратить внимание студентов на то, что в явлении теплопроводности происходит направленный перенос внутренней энергии. Теплопроводность твердых тел осуществляется не тем, что молекулы перемещаются в твердом теле, а посредством взаимодействия друг с другом, в результате которого их тепловое движение приобретает коллективный характер. Фактически тепловое движение представляет движение совокупности связанных между собой осцилляторов, которое описывают посредством учета нормальных мод колебаний системы. Носителями энергии в таком движении являются фононы.

В экспериментальной реализации процесса теплопроводности твердых тел рассматриваем одномерный случай. Предлагаемый макет лабораторной установки легко реализовать и его реализация не требует больших материальных затрат.



На рисунке представлен макет лабораторной установки. Нагревание нижнего торца цилиндра 1 осуществляется с помощью нагревателя 3. Температуру нижнего торца  $T_n$  регистрирует термопары. Теплоизоляция стержня 2 позволяет предположить, что в условиях эксперимента с достаточно хорошей степенью точности реализуется одномерный случай. Верхний торец стержня нагревается до температуры  $T_1$ . Вода, находящаяся в сосуде 4, тоже нагревается до такой же температуры. Т.о., мы можем подсчитать количество тепла  $\Delta Q$ , прошедшее через поперечное

сечение стержня  $\Delta S$  за время  $\Delta t$ , и затем найти коэффициент теплопроводности материала стержня. Далее по заданным значениям плотности материала, скорости звука и удельной теплоемкости можно найти среднюю длину пробега фононов в веществе.

## Влияние статических нагрузок на устойчивость работы магнитожидкостных мини-роторов

Кужир П.Г., Гульков Г.И., Руденя А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшей задачей, обеспечивающей устойчивость и надежность работы мини-роторов, является совершенствование гидродинамических подшипников. Для таких устройств важно снизить биения, исключить вибрации, повысить жесткость подшипника с целью смещения резонансных частот в область больших скоростей вращения вала.

В качестве смазки подшипника применяется ферромагнитная жидкость. На торцах подшипника в обечайке закреплены постоянные кольцевые магниты. Они удерживают феррожидкость внутри зазора подшипника и предотвращают утечки, вызванные гидродинамическим давлением в смазочном слое. В торцевых областях обечайки подшипника зазор, как правило, в десятки раз превышает зазор в центральной части, и поэтому торцевые области практически не влияют на несущую способность подшипника, которая обеспечивается гидродинамическим давлением в центральной части подшипника. Магнитное поле, сконцентрированное в торцевых областях подшипника, практически не проникает в центральную часть, а следовательно, не влияет на несущую способность, жесткость и демпфирование подшипника.

Нами разработана методика вычисления резонансных частот и порога гидродинамической неустойчивости подшипника в рамках линейного анализа малых биений ротора. Из решения уравнения Рейнольдса рассчитаны резонансные частоты вращения ротора, исследована неустойчивость вращения, приводящая к хаотическим биениям. Проведен линейный анализ биений с малой амплитудой колебаний вала, возникающих под воздействием периодической нагрузки, такой как статический дисбаланс, вызванный смещением центра тяжести ротора по отношению к его геометрическому центру. При наличии статического дисбаланса записаны уравнения перемещения вала, в которые входят силы реакции смазочного слоя. Эти силы выражаются через коэффициенты динамической жесткости и демпфирования, силы реакции на статическую нагрузку. Из решений уравнений следует, что биения вала устойчивы, если масса ротора меньше критической. Найден порог устойчивости, определяемый соотношением

$$\eta R^4(L/D)/\omega c^3 \frac{m_{кр}}{m} = 1.$$

$\eta$  – вязкость смазки,  $D$  – диаметр,  $R$  – радиус вала,  $L$  – длина вала,  $c$  – радиальный зазор подшипника,  $m$  – масса ротора.

**Перспективные пьезокерамические материалы:  
исследование и применение**

Савчук Г.К.<sup>1</sup>, Акимов А.И.<sup>2</sup>, Летко А.К.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>ГНПО "Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению", г. Минск, Республика Беларусь

В связи с ограничениями по использованию соединений свинца, принятыми в США, Японии и ряде стран Европы в настоящее время исследованию безсвинцовых пьезоэлектрических керамических материалов уделяется повышенное внимание.

Перспективными материалами, согласно литературным данным, для использования в качестве пиро- и пьезоэлектрических датчиков является твердый раствор  $\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3$  (NBT) и материалы на его основе.

NBT – сегнетоэлектрик-релаксатор, для которого характерно существование трех фаз: ромбоэдрическая (ниже  $200^\circ\text{C}$ ), тетрагональная (выше  $340^\circ\text{C}$  и до  $540^\circ\text{C}$ ) и кубическая (выше  $540^\circ\text{C}$ ). Для того, чтобы изменить диэлектрические свойства сегнетоэлектрика NBT, уменьшить степень размытия диэлектрической проницаемости  $\epsilon_{\text{max}}$  и избежать аномалий, связанных с переходом ромбоэдрической в тетрагональную фазу, необходимо ввести добавку сегнетоэлектрика с тетрагональной структурой. Для получения пьезокерамик на основе бинарной системы в качестве второго компонента был выбран твердый раствор  $\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3$  (SBT). Наличие SBT приводит к формированию ромбоэдрическо–тетрагональной морфотропной области, составы которой должны обладать высокими диэлектрическими свойствами.

**Целью** данной работы являлось изучение характера изменения диэлектрических свойств керамик бинарной системы  $x\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3 - (1-x)\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3$  в зависимости от содержания  $\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3$ .

Проведенные температурные исследования диэлектрических свойств керамик состава  $x\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3 - (1-x)\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3$  показали, что наименьшую степень размытости  $\epsilon_{\text{max}}$  имеют керамики, для которых  $x=0,64-0,67$ . Установлено, что введение ионов стронция  $\text{Sr}^{+2}$  меняет характер упорядочения в расположении ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Bi}^{+3}$ , что приводит к сужению областей существования ромбоэдрической, тетрагональной и кубической фаз системы  $x\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3 - (1-x)\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3$ .

Получено, что керамики состава  $(0,63-0,66)\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{TiO}_3 - (0,37-0,34)\text{Sr}_{0,7}\text{Bi}_{0,2}\text{TiO}_3$  имеют наиболее высокие значения диэлектрических и пьезоэлектрических параметров, которые составляют: тангенс диэлектрических потерь  $0,013 - 0,008$ ,  $\epsilon = 1500-2000$ ,  $d_{31}=(370-400)\cdot 10^{-12}$  Кл/В,  $k_p=0,4-0,58$ .

**Методологические аспекты формирования мышления у студентов  
при изучении курса общей физики**

Юркевич Н.П.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных задач профессиональной подготовки специалистов является развитие мышления. Мышление можно условно разделить на две части: утверждающую и отрицающую. Каждую из данных частей можно разделить на три части: механическую, эмоциональную, интеллектуальную. Механическая часть мышления работает практически автоматически и не требует никаких затрат на внимание. Функцией механической части является память, то есть регистрация информации, ассоциаций, впечатлений, воспоминаний. Особенностью механической части является отсутствие приспособляемости к изменяющимся обстоятельствам. Если механическая часть мышления принимает решения, то они отличаются узостью, штампами, ограниченностью. Эмоциональная часть интеллектуального мышления состоит из интеллектуальных эмоций. К ним относятся желание знать, понимать, удовлетворение от познания, неудовлетворение от незнания и т.п. Работа этой части не требует усилий по привлечению внимания. Внимание притягивается и удерживается самим предметом, интересом, энтузиазмом. Интеллектуальная часть включает в себя способность к творчеству, конструированию, изобретению, открытию. Данная часть не может работать без внимания, но здесь внимание должно контролироваться и сохраняться усилием воли. Поэтому при разработке методологии подготовки специалиста нужно учитывать следующие факторы. 1) Каждое действие студента в учебном процессе должно быть мотивировано. 2) Занятия по данной дисциплине в представлении студента должны уподобляться малому кусочку огромной мозаики, освоив который студент сможет перейти к познанию других кусочков и со временем развиваться до уровня видения всей картины в целом. 3) Преподаватель имеет дело со студентами, находящимися на разном уровне понимания как самих себя, так и окружающих. Следовательно, работа со студентами требует индивидуального подхода к каждому, что в настоящее время организовать весьма затруднительно по объективным причинам. 4) Мы имеем дело со студентами, которые обучаются, задействовав только механическую часть, только эмоциональную часть или их комбинации, и со студентами, у которых задействована интеллектуальная часть мышления. Таким образом, при организации учебного процесса необходимо разрабатывать методическое обеспечение, которое поднимет студента до «включения» интеллектуальной части мышления.



## Особенности разработки электронных изданий

Юркевич Н.П., Савчук Г.К., Сенько П.Б.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время создание электронного издания основано на использовании гипертекстовых информационных связей в структуре текста, представлении информации с помощью средств мультимедиа в виде рисунков, графических построений, компьютерной анимации, звуковой и видеоинформации, а также на включении интерактивных моделей с возможностью изменения параметров их работы пользователем при обучении.

Целью данной работы является анализ особенностей разработки электронных учебных изданий для студентов инженерно-технического профиля. Электронные учебные издания могут решать следующие задачи: построение теоретического материала в соответствии с порядком изучения тем; организация свободного выбора тем, использование иллюстраций и интерактивных моделей процессов, организация справочного материала и словаря терминов, наличие методических указаний к лабораторным работам, заданий для проведения практических занятий. При создании электронной версии учебника, необходимо учитывать следующие особенности.

- 1) Отсутствие стандартов и критериев на создание электронных учебных изданий.
- 2) Отсутствие единой унификации и стандартизации при разработке методических материалов для электронных изданий.
- 3) Неспособность преподавателя без значительных усилий и навыков сделать полноценный интерактивный электронный учебник.
- 4) Невозможность студенту задать вопрос, попросить пояснить материал, отсутствие обратной связи с преподавателем в интерактивном режиме
- 5) Усталость зрения при длительной работе с электронными учебниками
- 6) Выбор оптимальной для пользования структуры электронного издания
- 7) Недоступность готовых интерактивных оболочек для разработки и создания электронных учебников.

На кафедре физики идет активная работа по разработке и созданию электронных учебных изданий. Подготовлены и изданы в электронном виде сборник задач по механике, молекулярной и статистической физике, а также ряд лабораторных работ по курсу общей физики. Структура изданий реализована в виде Web-страниц с использованием развитой системы гиперссылок. Все электронные издания имеют иллюстративный материал, выполненный средствами векторной графики, что способствует эффективному усвоению материала студентами при их обучении.

**Особенности преподавания студентам строительных специальностей основ физики атомного ядра на занятиях физического практикума**

Климович И.А., Потачиц В.А.

Белорусский национальный технический университет

При изучении основ ядерной физики на занятиях физического практикума большое внимание уделяется рассмотрению вопросов связанных с естественной радиоактивностью окружающих нас природных материалов, в том числе строительных, излучение которых может значительно превосходить естественный радиоактивный фон, а сами они, попадая в организм человека, могут вызывать образование свободных радикалов и повреждение клеток.

В качестве яркого примера рассматривается калийная соль (хлористый калий), которая широко используется в качестве удобрения при выращивании сельскохозяйственных культур. В состав хлористого калия входит радиоактивный изотоп, имеющий период полураспада  $1,29 \cdot 10^9$  лет. При радиоактивном распаде изотоп испытывает электронный  $\beta^-$  распад и  $\kappa$ -захват с испусканием характеристического рентгеновского излучения. Испускаемые при распаде ядра электроны, имея небольшую длину пробега, хорошо регистрируются галогенным  $\beta$ -счетчиком СТБ-10А. Рентгеновское излучение регистрируется счетчиком Гейгера-Мюллера с небольшой эффективностью  $\sim 10\%$ , которая определяется в основном взаимодействием рентгеновского излучения со стенками счетчика с образованием первичных фото и комптон-электронов, которые затем ускоряются в поле счетчика. Как показали измерения излучение радиоактивного изотопа примерно в два раза превышает естественный фон. Сравнивая результаты полученные  $\beta$ -счетчиком и счетчиком Гейгера-Мюллера студенты устанавливают, что  $\sim 11\%$  изотопов испытывают  $\kappa$ -захват, а также рассчитывают активность, массу радиоактивного изотопа и его процентное содержание. Используя многослойный поглотитель  $\beta$ -частиц, определяют максимальную границу  $\beta$  – спектра данного изотопа. Оказалось, что процентное содержание радиоактивного изотопа в хлористом калии составляет  $25 \cdot 10^{-6}\%$ , а максимальная энергия  $\beta$ -частиц равна  $\sim 0,9$  МэВ.

На занятиях физического практикума наряду с изучением теоретических основ ядерной физики, принципа работы, эффективности и недостатков применяемых средств регистрации студенты впервые сталкиваются с тем, что радиоактивность это не абстрактное понятие, что-то далекое, оно рядом с нами и от наших знаний в этой области во многом зависит наше здоровье. Все это дает возможность всесторонне развивать интерес студентов к изучаемой проблеме.

## Мотивационная структура получения высшего образования в историческом аспекте

Ветохин С.С.<sup>1</sup>, Климович И.А.<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет

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

Перемены, происходящие в современном обществе, приводят к изменениям во внутреннем мире студенчества. Изменяются мотивы получения профессии и получения высшего образования. В этой связи важным является выявление направленности этих изменений, определения мотивационной структуры получения высшего образования.

С целью определения направленности этих изменений в БНТУ было проведено статистическое исследование, в котором приняли участие 285 человек 1, 2 и 4-го курсов строительного факультета и факультета энергетического строительства. Студентам была предложена анкета, содержащая ряд вопросов. Обработка результатов опроса проведена с использованием программы SPSS 10.0 for Windows.

По итогам проведенного анкетирования можно сделать следующие выводы:

1. В мотивах выбора профессии и получения высшего образования у студентов преобладают прагматические и статусные установки. Для сравнения: в 60-е г.г. среди абитуриентов преобладала ориентация на общественную полезность труда; начиная с 1994 г. в структуре мотивов начинают преобладать мотивы получения высшего образования для культурного роста – 58 %, для успеха в жизни – 54 %, для карьеры – 37 %, для получения определенного социального статуса – 20 %. Исходя из цифр проведенного социологического исследования, можно утверждать, что перечисленные выше мотивы сохраняются и имеют тенденцию к усилению и ни сегодняшней день.

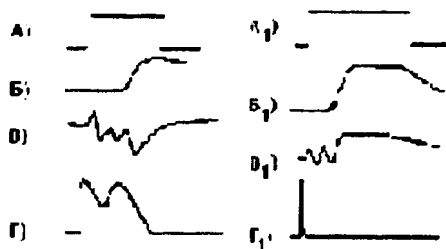
2. Качества будущего специалиста, привлекательные для студентов, можно охарактеризовать как портрет современного делового человека, первое место в котором принадлежит высокому профессионализму (85 %, согласно данным проведенного опроса). Как свидетельствуют данные других исследований, в 80-х годах прошедшего столетия главным в специалисте, по мнению студентов, являлись такие качества, как работоспособность (22 %), самостоятельность (20 %), целеустремленность (18 %), организованность (16%). В исследованиях 90-х годов отмечалось, что в связи с переходом к рыночным отношениям у студентов возросло понимание значимости для будущего специалиста высоких адаптивных способностей, которые имеют даже большее значение, чем профессиональная компетентность.

## Эффект сжатия твистовой ЖК-структуры в импульсном электрическом поле

Развин Ю.В., Потачиц В.А.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе исследуются влияния начальных искажений ориентации молекул жидкого кристалла (ЖК), вызванных контактом электродов, выступающих над поверхностью подложек, с молекулами кристалла, на электрические свойства микрообъемов ЖК. Процесс распределения молекул ЖК в микрообъёмах рассматриваем исходя из уравнения Франка для свободной энергии, после минимизации которого получаем:  $\partial\psi/\partial z + \partial\theta/\partial z = \text{const}$ , где  $\psi$  - угол закрутки слоя-ЖК,  $\theta$  - угол отклонения молекул жидкого кристалла в азимутальной плоскости, ось  $z$  направлена по толщине слоя кристалла. При использовании управляющего напряжения амплитудой меньше  $\approx 80$  В к



молекулам ЖК прикладывается однородное по толщине слоя управляющее поле. Центральные молекулы выстраиваются по полю, и наблюдается обычный режим модуляции света (осциллограммы А-Г). При использовании напряжения амплитудой больше  $\approx 100$  В происходит поляризация ЖК-слоя, к молекулам прикладывается неоднородное по толщине поле. Его максимальная величина приходится на тонкие приэлектродные области, где и происходит переориентация молекул ЖК ( $\partial\theta/\partial z$  увеличивается), происходит раскрутка ЖК-структуры в этих областях, и её сжатие к центральному непереориентированному слою. Включение происходит уже до отсечки режима Могена (осциллограмма В<sub>1</sub>). После выключения поля сжатая ЖК-структура будет увеличивать свою толщину, и задний фронт переключения полностью совпадает с ходом кривой, описывающей зависимость пропускания закрученной твистовой структуры от толщины слоя. Время полного переключения в этом случае уменьшается по сравнению с обычным переключением на три порядка. Толщина слоя-ЖК 10 мкм, размер пикселя  $100 \times 100$  мкм<sup>2</sup>, поляризатор параллелен анализатору. Для осциллограммы В и В<sub>1</sub> ячейка повернута на  $45^\circ$  относительно поляризатора. А А<sub>1</sub> импульсы управления Б, Б<sub>1</sub> и Г, Г<sub>1</sub> передний и задний импульсы переключения пикселя.

УДК 531.6(075.8).

## **Об экспериментальном исследовании закона сохранения импульса при упругом и неупругом ударе шаров**

Баранов А. А., Попко С. В., Григорьев С. А.

Белорусский национальный технический университет

Закон сохранения импульса утверждает справедливость сохранения импульса любой изолированной системы. Экспериментальную проверку этого закона можно осуществить на приборе для исследования столкновения шаров. Суть его состоит в определении импульса шаров до и после столкновения.

В установку входят наборы металлических шаров разного диаметра и разных масс, специальная форма для изготовления пластилиновых шаров, пластилин. Два шара подвешены к тонким двойным токопроводящим проволокам. Один шар находится в положении равновесия, другой шар отводят на некоторый угол (в пределах до  $15^\circ$ ), в результате чего он приобретает потенциальную энергию. В случае упругого удара металлический шар на заданном угле отклонения удерживается электромагнитом. При отключении электромагнита ударяющий шар приходит в движение, и его потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию. При ударе происходит замыкание электрической цепи установки при непосредственном контакте токопроводящих металлических шаров. Время соударения фиксируется микросекундомером установки. Но вследствие упругости проволок, на которых подвешены шары (в частности при испытании шаров одинаковой массы), угол отклонения ударяемого шара оказывается меньше первоначального угла отклонения ударяющего шара. При этом ударяющий шар отклоняется в сторону.

Аналогичные опыты проводятся при неупругом ударе пластилиновых шаров. Шары предварительно изготавливаются в специальной форме.

При неупругом ударе погрешностью, возникающей вследствие упругости проволок, можно пренебречь. Отсчет предельного угла отклонения слипшихся шаров следует брать по их общему центру масс. Поэтому особое внимание следует уделить юстировке прибора. Измерение предельных углов отклонения и последующие расчеты импульсов шаров до и после удара показывают их совпадение с точностью до 2%-4%.

Прибор для исследования удара шаров позволяет также на основании закона сохранения полной механической энергии и закона сохранения импульса определить основные параметры упругого столкновения шаров: энергию, импульс шаров, силу удара. Установка позволяет проводить изучение законов сохранения энергии и импульса.

## О понятии бесконечности в физике

Баранов А.А., Грачев И.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Понятие бесконечности в современной физике носит многоликий и относительный характер. Г.И.Наан предлагает делить бесконечность на пары равноправных, противоположных понятий: экстенсивная и интенсивная, потенциальная и актуальная, практическая бесконечность и бесконечность как безграничность. Также он выделяет метрическую, аффинную, проективную и топологическую бесконечность. Э.Шредингер и А.Зельманов обнаружили, что объем в ряде космологических моделей (де Ситтера и др.) может быть конечным или бесконечным в зависимости от выбора системы отсчета. Это указывает на то, что в метрической геометрии понятие бесконечности носит условный характер.

В теории множеств бесконечное множество может быть определено как такое, в котором существуют подмножества, эквивалентные самому множеству. Значит, в области бесконечного нарушается аксиома Архимеда: для любых двух положительных вещественных величин  $l$  и  $L$  можно найти такое натуральное число  $n$ , что имеет место неравенство:

$$(n-1)l \leq L < nl.$$

С открытием ультраметрических пространств понятие бесконечности приобрело новый аспект: неограниченное количество сложений конечных величин приводит к некоторой конечной величине. Например, в теории относительности результат сложения скоростей не может превысить скорость света в вакууме. Такие соотношения выполняются также для спиновых стекол, черных дыр, систем с иерархической структурой, используются в математике, физике, химии, биологии, космологии.

Аксиома Архимеда не выполняется и для фракталов. По Мандельброту, фрактал – это структура, состоящая из частей, подобных целому. Важнейшими свойствами фракталов являются изломанность (отсутствие производной в каждой точке) и самоподобие. Так кривая Коха имеет бесконечную длину, хотя её границы имеют предельное значение. Кроме того, она состоит из четырёх равных частей, каждая из которых подобна всей кривой. Значит, каждая часть кривой имеет бесконечную длину. Получается, что бесконечный элемент есть часть бесконечного элемента. Это доказывает, что для данного фрактала не выполняется аксиома Архимеда. Так как это следует из общих свойств фракталов, то можно сказать, что фракталы являются неархимедовыми элементами. Следовательно, их можно применять для моделирования и изучения других более сложных и недоступных человечеству на данном этапе научного развития объектов.

## Исследование физико-механических свойств композитов с углеродными наполнителями

Петренко С.И.

Белорусский национальный технический университет

Перспективным направлением создания композиционных материалов, которые должны работать в сложных экстремальных условиях: выдерживать воздействие низких и высоких температур, длительные напряжённые состояния, обладать высокой твёрдостью и малой износостойкостью, - является модифицирование их наноразмерными компонентами (фуллеренами, углеродными нанотрубками).

Цель данной лабораторной работы: изучение свойств и методов получения углеродных нанотрубок (УНТ), определение физико-механических характеристик вязкоупругих материалов, структурированных многослойными УНТ, исследование зависимости прочностных параметров от процентного содержания нанотрубок.

УНТ в силу многообразия их типов, характеризующихся хиральностью, диаметром и количеством стенок, обладают широким диапазоном свойств. В зависимости от геометрии УНТ их электрические свойства могут меняться от диэлектрических до металлических. Обладая высокой прочностью на разрыв и большим отношением длины к диаметру, УНТ является хорошим материалом для упрочнения композитов. Так введение углеродных наноматериалов в полиамид приводит к резкому снижению (в 4-6 раз) относительного удлинения, существенно расширяет интервал деформаций ( $\epsilon \sim 14$  до 18-22%) до момента вынужденной эластичности. Добавка 11,5 весовых процентов многослойных нанотрубок диаметром 0,2 мкм к полипропилену приводит к удвоению его прочности на разрыв.

Для экспериментального определения характеристик исследуемых материалов удобно использовать прибор IMPULSE-1R, применение которого исключает проведение испытаний на стандартных разрывных машинах и не требует изготовления специальных образцов. Принцип работы прибора довольно прост. Исследуемый образец подвергается воздействию индентора, который наносит удар малой энергии. После этого с материала начинают считываться характеристики взаимодействия, по которым определяют качество и прочность образца. В блок-схему измерительного канала входят датчики, являющиеся преобразователями механических параметров удара в электрические сигналы. Современный компьютеризированный метод и реализующая его аппаратура позволяют в результате одного измерения получить информацию о твердости, модуле упругости, пределе прочности, жесткости, коэффициенте вязкости исследуемого материала.

Бибик А.И.

Белорусский национальный технический университет

Цель данной работы состоит в том, чтобы помочь студентам первого курса, не имеющим опыта самостоятельных научных исследований, правильно выполнить предлагаемые им лабораторные работы по физике и максимально полно усвоить сопутствующий методический материал.

Особенное внимание в работе уделено таким моментам как необходимость правильного понимания студентами цели лабораторных работ, физической основы изучаемых в них явлений, правильной формулировки полученных результатов и выводов. Подробно разобраны основные недостатки, проявляющиеся при оформлении студентами лабораторных работ и систематизации полученных результатов, такие как неправильное изображение схем лабораторных установок, ошибки в расчетах вследствие не приведения исходных данных в систему СИ, ошибки при построении графиков и округлении измеряемых и вычисляемых физических величин. Дан пример правильного оформления лабораторной работы, построения графиков (см. рис. 1) и округления погрешностей измеряемых и вычисляемых величин.

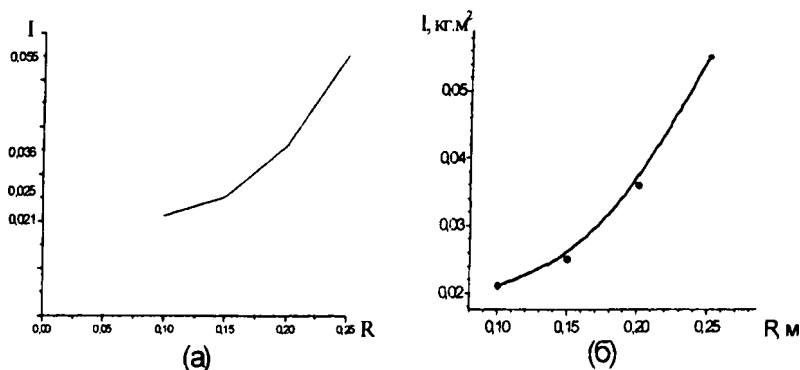


Рис. 1. Примеры неправильного (а) и правильного (б) оформления графиков

Автор надеется, что данная работа будет полезна не только студентам первого года обучения, но и преподавателям, начинающим педагогическую деятельность.



## Определение скорости звука в воздухе и показателя адиабаты акустическим методом

Бибик А.И.

Белорусский национальный технический университет

Разработаны методические указания к лабораторной работе, посвященной определению коэффициента Пуассона  $\gamma$ , равного отношению изобарической и изохорической теплоемкостей  $C_p/C_v$  идеального газа.

Вводная часть работы посвящена роли параметра  $\gamma$ , позволяющего:

- определить число степеней свободы молекул;
- записать уравнение адиабатического процесса

$$PV^\gamma = const,$$

- вычислить теплоемкости  $C_p$  и  $C_v$  идеального газа, непосредственные измерения которых затруднительны.

В работе дано описание адиабатического процесса, имеющего широкое практическое применение, как одного из политропических процессов, протекающих при постоянной теплоемкости  $C$ . Дан вывод уравнения политропы

$$PV^{C-C_p} = const.$$

В части работы, посвященной практической методике определения параметра  $\gamma$ , описана связь скорости распространения продольных звуковых волн в газах  $v = \sqrt{E/\rho}$  с термодинамическими характеристиками газа и

параметром  $\gamma$ . С учетом представления модуля Юнга  $E$  для газов как

$$E = -V \frac{dP}{dV}$$

в результате получаем выражение, позволяющее вычислить

отношение теплоемкостей:

$$\gamma = \frac{v^2 \mu}{RT},$$

где  $\mu$  – молярная масса газа;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – термодинамическая температура газа. Скорость волн в газе  $v$  можно определить при помощи акустического резонатора и осциллографа, зная частоты  $\nu_m$  и  $\nu_n$ , для которых длина резонатора  $l$  кратна количеству  $m$  и  $n$

длин образующихся в нем стоячих волн:  $v = \frac{2l(\nu_m - \nu_n)}{m - n}$ .

## Решения уравнения теплопроводности для расчета температурных режимов в помещениях\*

Дорошевич Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Произведен расчет распределения температуры  $v$  по длине  $x$  помещения при открытии наружных проемов. Расчет потерь тепла в помещении произведен для среды нулевой температуры внешней стены и поддерживаемой постоянной температурой  $V$  внутренней перегородки. Найдены распределения  $v=v(x)$  до и после открытия проема для нескольких разных случаев: сильной конвекции и быстрого перемешивания воздуха, отсутствия конвекции и перемешивания воздуха, а также при условии поддержания температуры внутренней стены перегородки постоянной и при ее изменении. Получены зависимости  $v=v(x)$ , близкие к линейным. Так, распределение  $v=v(x)$  после открытия двери найдено в следующем виде

$$v = V \left( 1 - \frac{x}{l} \right) - V \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \sin(\beta_n x / l)}{\beta_n} e^{-\beta_n^2 T},$$

где  $L, \beta_n$  - коэффициенты,  $l$  - длина помещения.

Далее считали, что тепловой поток через перегородку остается постоянным. До открытия проема он уравнивал потери тепла в помещении и обеспечивал температуру внутренней поверхности перегородки  $V$ . Если тепловое сопротивление перегородки велико, то температура внутренней поверхности перегородки уменьшится и станет равной  $v_2$ . Тогда с большой точностью можно считать, что ввиду теплообмена в помещении без перемешивания воздуха распределение температуры по длине помещения будет также линейным, но с другим углом наклона. При этом температуру внутренней поверхности стены считали близкой к нулю и равной найденной ранее температуре.

Если температура внутренней поверхности перегородки остается постоянной, то ввиду оттока тепла из помещения через проем со стороны стены количество теплоты в помещении уменьшилось на  $\Delta Q$ . Так как температура перегородки не изменилась, и температура стены осталась постоянной, то вместо линейного распределения температуры по длине помещения будет какое-то другое распределение. В рассматриваемом случае перенос тепла через перегородку осуществляется быстро, а перенос тепла в помещении происходит медленно. Поэтому с большой точностью можно принять, что уменьшение температуры найденного распределения с расстоянием происходит по обратному пропорциональному закону.

\*Работа выполнена под руководством Павлюченко В.В.

## Измерение напряженности магнитного поля при определении электрических и магнитных свойств материалов

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Измерение напряженности магнитного поля  $H$  производили с помощью магнитного носителя, магнитооптической пленки и преобразователей Холла. Точность измерений определялась точностью установки датчиков по высоте и ориентации относительно источника поля, а в случае магнитного носителя еще и плотностью прижима к нему считывающей магнитной головки, степенью износа магнитного носителя, и величиной выбросов поля противоположной полярности источника магнитного поля. При использовании магнитного носителя и преобразователей Холла величину  $H$  определяли по градуировочным характеристикам  $H=H(U)$  величин  $H$  от величин снимаемого напряжения  $U$  с учетом температурных зависимостей чувствительности преобразователей Холла. Величину  $H$  с помощью магнитооптической пленки измеряли по величине смещения границ доменов, предварительно создавая оптические изображения доменных структур и производя их градуировку в магнитных полях с записью на элементы памяти. При измерениях с помощью преобразователей Холла добивались минимального влияния наводок и измерительных кабелей и проводах питания путем их экранирования и поиска оптимального положения в пространстве относительно источника импульсного магнитного поля. При этом учитывали, что сигнал, снимаемый с преобразователя Холла, содержит не только полезный сигнал, но и сигнал, обусловленный наводками, а также индуцированный в контуре преобразователя сигнал, который пропорционален производной по времени от магнитного потока, пересекающего контур.

Параметры импульсов магнитного поля, а также импульсов тока источника магнитного поля определяли по осциллограммам, предварительно производя калибровку осциллографов с помощью сигналов эталонных генераторов. Погрешности измерений при измерениях на осциллографах определяли по формуле

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{np}^2 + \Delta x_k^2 + \Delta x_0^2 + \Delta x_{сл}^2},$$

где  $\Delta x_{np}$  – приборная ошибка,  $\Delta x_k$  – ошибка при калибровке,  $\Delta x_0$  – ошибка установления нулевого уровня,  $\Delta x_{сл}$  – случайная ошибка.

Полная погрешность измерений напряженности магнитного поля при определении электрических и магнитных свойств материалов не превышала 3%.

## О корректности постановки целей и задач лабораторных работ по курсу физики

Кушнир В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Любой физический эксперимент преследует следующие цели: установление или проверка закономерностей физических процессов; полное или частичное описание физических явлений. Эти цели предполагают определение набора физических величин, необходимых и достаточных для описания физической системы, выявление отношений и функциональных связей между физическими величинами, их изменений во времени. Эксперимент включает в себя этапы: планирование, непосредственные измерения, обработка и анализ полученных данных. В лабораторном практикуме почти ни один физический эксперимент не может быть осуществлен в полном объеме. Тем не менее, студент должен уметь точно сформулировать (на языке физических величин) цель и задачи работы, проанализировать полученные экспериментальные данные и, на основании этого анализа, сделать выводы (в частности о соответствии теоретических и экспериментальных данных). Как показывает опыт проведения лабораторных занятий, студенты первого и второго курса, как правило, с трудом формулируют цели и задачи выполняемой работы. Данный факт сопряжен, в частности, и с недостаточно тщательно продуманным разделом «Цель и задачи работы» в методических указаниях к лабораторным работам. Приведем один из примеров. На кафедре физики имеется установка по измерению распределения электростатического потенциала, создаваемого системой электродов. При этом, в методических указаниях целью работы ставится «изучение электростатического поля методом моделирования», что отражает возможность использования методики измерений в приложениях. (По поставленной цели, у студента, складывается ошибочное впечатление, что исследуемое поле не является реальным.) Между тем, гораздо более важно отразить фундаментальное значение данной лабораторной работы, поскольку она доставляет редкую возможность экспериментального решения основной (прямой) задачи одного из разделов физики, в данном случае, электростатики. Поэтому цель работы можно сформулировать следующим образом: «Построение распределения вектора напряженности электростатического поля, создаваемого заданной системой электродов, по измеренному в заданной области распределению потенциала». Цель работы, таким образом, сформулирована на языке физических величин и вполне конкретна. Кроме того, данная формулировка стилистически связывает лабораторную работу с материалом, изучаемым на лекциях и практических занятиях.

**Учет высоких порядков ангармонизма колебаний при описании термодинамических свойств двухатомных молекул**

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Системы, описываемые гамильтонианами с полиномиальным межатомным потенциалом, часто используются для моделирования колебаний реальных двухатомных молекул. Они применяются при описании термодинамических эффектов, связанных с высоким ангармонизмом колебаний, проявляющимся при высоких температурах. Простейшая из таких систем, ангармонический осциллятор, является, уже стандартной при апробации различных приближенных методов.

Решение задачи на расчет термодинамических характеристик рассматриваемых молекулярных систем сводится к последовательному построению приближения для энергетических уровней и аппроксимации для статистических характеристик системы на базе рассчитанного энергетического спектра. В работе анализ энергетических характеристик проводится на базе операторного метода решения уравнения Шредингера, использование которого позволяет получить равномерно пригодное приближение для уровней энергии при любых значениях параметров системы и квантовых чисел. При этом точность полученного приближения при сравнении с известными результатами, полученными другими авторами при использовании других приближенных методов решения уравнения Шредингера, получается не хуже, чем 80%. Рассматриваются системы, описываемые гамильтонианами с четными степенями оператора координаты (симметричным потенциалом), с членами типа  $x^3$  и  $x^5$ , моделирующими асимметрию реального потенциала. Увеличение степени оператора координаты в потенциале соответствует возрастанию степени ангармонизма колебаний атомов.

На основе построенного приближения для энергетических уровней проводится аппроксимация для статистической суммы системы. Приближенный расчет статистической суммы основан на использовании кумулянтного разложения, справедливого для любых экспоненциальных операторов при усреднении по нормированному базису. По вычисленной статистической сумме строятся приближения для свободной энергии, энтропии, теплоемкости и других термодинамических параметров системы, которые находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными, полученными в работах других авторов. Рассмотрение межатомного потенциала с нечетными степенями оператора координаты позволяет вычислить измеряемую характеристику газа – коэффициент теплового расширения.

## Использование пакета Origin 6.1 для интерпретации результатов лабораторных работ

Иванов А.А., Кушнир В.Н.

Белорусский национальный технический университет

При изучении курса общей физики огромное значение имеет выполнение лабораторных работ. В ходе лабораторного практикума студенты учатся корректно ставить перед собой цели, выделять существенные физические факторы и факторы, которыми можно пренебречь, проверяют изученные на лекциях законы на практике.

При обработке результатов лабораторной работы большое значение имеет правильная интерпретация полученных экспериментальных данных. Многие взаимосвязи между физическими величинами становятся наиболее наглядными при построении графиков. Грамотно построенный график позволяет не только установить сам факт зависимости одной величины от другой, но и определить характер этой зависимости, проанализировать допущенную в ходе измерения ошибку, определить условия наиболее эффективной работы физических устройств, найти точки экстремума. При построении графиков студенты допускают ряд ошибок, связанных с неумением правильно строить графики, экстраполировать и интерполировать полученные данные.

В данной работе предлагается использовать в ходе лабораторного практикума пакет Origin 6.1. Данный пакет позволяет легко и доступно провести графический анализ полученных в ходе лабораторной работы результатов. Студент вводит свои данные в таблицу, а далее программа обрабатывает их в соответствии с выбранным студентом алгоритмом. Пакет позволяет проводить интерполяцию полученных экспериментальных кривых разными методами, определять среднеквадратичную ошибку эксперимента, устанавливать характер функциональных зависимостей между физическими величинами. Студенты также имеют возможность рационального выбора масштаба по координатным осям, с чем связано большое количество ошибок при «ручном» построении графиков.

В ходе работы созданы готовые файлы для обработки результатов лабораторных работ «Изучение работы источника постоянного тока», «Изучение упругих деформаций растяжения», «Изучение работы транзистора», «Изучение явления электромагнитной индукции», «Изучение законов фотометрии». Предложенные файлы предлагается использовать в лабораториях «Механика и молекулярная физика» и «Оптика» кафедры физики в процессе работы со студентами строительных специальностей.

**Метод утилизации сильновязких асфальтосмолопарафинистых отложений**

Петраковский В.В., Шибeko E.M.

Белорусский национальный технический университет

Асфальтосмолопарафинистые отложения (АСПО) - нефтяные отходы предприятий нефтекомплекса, образующиеся при зачистках технологического оборудования резервуаров хранения нефти, буллитов, канализационных колодцев, а также пропарке насосно-компрессорных труб с использованием специальных установок для депарафинизации. АСПО скапливаются в местах добычи и хранения нефти в больших количествах, не находя применения.

АСПО представляют собой устойчивую многокомпонентную агрегативную физико-химическую систему, содержащую: углеводороды (5...90 мас.%); минеральные, неорганические примеси (1...65 мас.%) и воду (1...52 мас.%). Углеводородная компонента АСПО представляет собой смесь гетероорганических высокомолекулярных соединений: асфальтенов (3...8 мас.%); смол (11...16 мас.%), а также масел и парафинов (71...81 мас.%). Задачей утилизации АСПО является их разделение на фазы (нефтепродукт, воду и твердые механические примеси), с использованием физико-химических методов разделения фаз и разрушения водонефтяных эмульсий.

АСПО из донных осадков, образующихся в резервуарах для хранения нефти, характеризуются следующими физико-химическими свойствами:

- высокая плотность (до 1800...1900кг/м<sup>3</sup>)
- высокая вязкость (до 10...20 раз выше, чем у мазута)
- высокая влажность (до 50%)
- высокое содержание парафинов (до 19%масс)
- высокая зольность (до 65%).

При утилизации, это обуславливает необходимость перевода АСПО в низковязкие эмульсии, с последующим их гравитационным разделением на фазы.

После проведенного цикла лабораторных исследований, были предложены подходы к утилизации АСПО из донных осадков, с применением низкомолекулярных растворителей (продукты пиролиза нефти, ароматические углеводороды). Для перевода сильновязких АСПО в водонефтяную эмульсию, в работе используется диспергирование с помощью разработанного опытного механического диспергатора (мешалки), позволяющего интенсифицировать процесс химического растворения АСПО.

*Работа выполнялась в сотрудничестве с А.Е.Новиковым.*

**Методические указания к лабораторной работе  
«Радиометрия продуктов питания»**

Трофименко Е.Е. Султанова И.К.  
Белорусский национальный технический университет

Авторами модернизировано методическое руководство к выполнению лабораторной работы «Радиометрия продуктов питания» по курсу «Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность»

В теоретической части методических указаний описаны источники искусственной радиации, создающие дополнительное облучение к естественному радиационному фону. В настоящее время наибольшую опасность представляют долгоживущие изотопы цезия, стронция и плутония, появившиеся на территории Белоруссии после аварии на Чернобыльской АЭС.

Распад радионуклидов сопровождается излучением  $\gamma$ -квантов,  $\alpha$ -и  $\beta$ -частиц, энергия которых растрачивается на ионизацию и возбуждение атомов и молекул. Основные процессы лучевого поражения организма начинаются на уровне клетки, в которой регистрируется множество самых разнообразных реакций: задержка деления, угнетение синтеза ДНК, повреждение мембран. Ионизирующее излучение воздействует на организм человека как от внешних радионуклидов так и от инкорпорированных, которые поступают с пищей, водой, с вдыхаемым воздухом.

Далее в методических указаниях приводятся рекомендации по поведению и организации правильного питания для населения, проживающего на загрязнённой территории.

В экспериментальной части студентам предлагается измерить объёмную активность образцов по цезию-137, вычислить их удельную активность, массу радионуклида содержащегося в пробе.

Таким образом, в результате выполнения и защиты лабораторной работы студент должен:

\*Иметь представление о физических механизмах воздействия ионизирующих излучений на организм человека;

\*Знать и понимать биологические изменения, которые происходят в организме человека под действием радиации;

\*Знать и уметь применять на практике основные правила поведения на территориях, которые подверглись радиационному загрязнению;

\*Овладеть экспериментальными умениями по измерению объёмной и удельной активности проб.



## Методика преподавания темы “Термоэлектрические явления” в курсе физики

Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет

Тема “Термоэлектрические явления” является важной частью курса как с точки зрения той физики, которая может быть продемонстрирована студентам, так и с точки зрения возможных технических приложений. Она рассматривается в той части курса лекций, в которой изучаются электричество и магнетизм, а также включается в лабораторный практикум.

Изложение этой темы традиционно ведется в рамках классической физики и включает определение термоэлектрических явлений, представление о ряде Вольты для металлов, понятие контактной разности потенциалов и ее вычисление с использованием классической теории проводимости. При этом рассматриваются условия возникновения термоэдс, а также эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. Из практических применений термоэлектричества основное внимание уделяется возможности измерения температуры и использование термоэлементов в качестве источников тока.

Такой подход при изучении материала характеризуется простотой, ясностью используемых представлений и наглядностью, которая присущи классической физике. К сожалению, поскольку изложение осуществляется в рамках классической физики, количественное изучение явления термоэлектричества не удастся провести в достаточном объеме. Зачастую приходится ограничиваться качественным рассмотрением; к тому же число задач, которые могут быть предложены студентам технических вузов, весьма мало.

В настоящее время возрастающее значение квантовой физики и ее все более широкое применение в промышленности делают актуальной проблему более глубокого ее изучения, в том числе и привлечения представлений квантовой теории при рассмотрении термоэлектрических явлений. Однако предварительно студенты должны освоить основы квантовой физики, и частности, квантовой механики, изложение которых традиционно ведется в третьей части курса. В этой связи представляется целесообразным, кратко ознакомить студентов с термоэлектрическими явлениями во второй части курса, а более подробное их рассмотрение, как и весь раздел, связанный с изучением вопросов физики твердого тела, перенести в третью часть курса.

## Совершенствование лабораторного практикума по волновой оптике

Кононова Т.С., Мартинович В.А., Атрашевский Ю.И.  
Белорусский национальный технический университет

Неотъемлемой частью учебного процесса является лабораторный практикум, позволяющий студенту апробировать полученные знания и развить практические навыки для дальнейшей работы. Оптические методы широко используются для исследования, характеристики и диагностики веществ, на их основе строится научно-образовательный процесс во многих областях современной физики, техники, биологии, экологии и т.д.

Целью доклада является представление разработанных методических указаний к лабораторной работе по изучению дифракции света. В лабораторной работе необходимо рассчитать длины волн излучения ртутной лампы с помощью дифракционной решетки, угловую дисперсию решетки для желтого дублета и сравнить с ее теоретическим значением. В методических указаниях представлена краткая теория по дифракции Фраунгофера на одной щели и дифракционной решетке, разрешающей способности и дисперсии спектральных приборов. Студентам предлагается по измеренным с помощью гониометра углам дифракции в первом порядке рассчитать длины волн и сравнить полученные значения с табличными. Экспериментальные результаты представлены в таблице.

Линия	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\lambda_{\text{эксп}}, \text{нм}$	$\lambda_{\text{табл}}, \text{нм}$
Синяя	42°03'12''	16°52'18''	435,97	435,8
Сине-зеленая	43°42'33''	15°14'13''	491,84	491,6
Зеленая	45°20'30''	13°38'33''	546,22	546,1
Желтая 1	46°16'17''	12°43'49''	577,08	577,0
Желтая 2	42°20'03''	12°40'02''	579,18	579,1
Красная	47°33'10''	11°28'22''	615,62	614,21

По экспериментальным данным рассчитывается угловая дисперсия решетки для желтого дублета следующим образом:

$$D = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda} = \frac{0,0011}{2,1 \cdot 10^{-9}} = 5,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{рад}}{\text{нм}}$$

Теоретическое значение угловой дисперсии можно получить исходя из формулы дифракционной решетки:

$$D = \frac{m}{d \cos \varphi} = \frac{1}{d \cos 16,8^\circ} = 5,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{рад}}{\text{нм}}$$

Соответствие теоретических и экспериментальных значений длин волн и угловой дисперсии говорит о высокой точности предлагаемого метода.

## Электронная презентация лекции на тему « Поляризация света»

Султанова И.К., Белый В.И.

Белорусский национальный университет

Данная презентация посвящена изучению темы «Поляризация света» курса физики. Методика построения лекции следующая: учебный материал условно делится на три части, после просмотра каждой из них проводится анализ и обсуждение основных вопросов. Затем студентам даётся возможность под руководством лектора сделать соответствующие записи в конспект.

В первой части презентации формируется понятие поляризованного света и его характеристики.

Во второй части рассматриваются вопросы, связанные с получением поляризованных лучей. Здесь указывается на то, что, получить поляризованный свет из естественного, можно создав определённые условия для его распространения, например, если пропускать свет через анизотропную среду. Такими средами являются преимущественно кристаллические тела с невысокой степенью симметрии, обнаруживающих анизотропию диэлектрической проницаемости, что приводит к пространственному разделению естественного луча на два поляризованных во взаимно перпендикулярных направлениях, которые получили название: обыкновенный и необыкновенный. С помощью различных приспособлений можно выделить и исследовать каждый из них в отдельности. Поляризация света наблюдается при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков.

Третья часть презентации посвящена практическому применению поляризованных лучей. С этой целью используются изменения в поляризованном свете после прохождения исследуемой среды. Если отдельные молекулы среды обладают определённой асимметрией, то по мере прохождения линейно поляризованного света, плоскость его колебаний будет поворачиваться. Угол поворота плоскости поляризации пропорционален длине пути и концентрации растворов. Кроме того, поляризованные лучи применяют для обнаружения остаточной деформации, возникающей в стеклянных деталях при закалке, а также для определения оптических характеристик прозрачных кристаллов и проводить минералогический анализ.

Таким образом, наглядность лекционного материала, иллюстрации, приведенные в презентации, дают возможность использовать любой фрагмент изучаемого материала, что способствует усвоению темы.

## Определение коэффициента теплопроводности материалов. Лабораторная работа

Смурага Л.Н, Русак А.А.

Белорусский национальный технический университет

Любой курс технического университета нуждается в расширении и совершенствовании экспериментальной базы. На кафедре технической физики создана лабораторная работа по определению коэффициента теплопроводности различных материалов. Цели, которые ставятся в лабораторной работе, то их несколько: это изучение неравновесных процессов, которые реализуются в макроскопических системах и развиваются во времени по вполне определенным законам; изучение упорядоченного режима охлаждения тел; изучение метода определения коэффициента теплопроводности материалов с использованием регулярного теплового режима.

Большое значение уделяется закону физической кинетики – закону Фурье, его составляющим, направлению потока теплоты вследствие теплопроводности. Работа предусматривает рассмотрение существующих способов нагрева и охлаждения тел, с одной стороны и с другой - те ограничения, которые накладываются на протекание физического процесса. Рассматривается, что тело твердое и изотропное, охлаждение простое, температура окружающей среды и коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности тела остаются постоянными, перед охлаждением распределение температуры в теле может быть произвольным, а также отсутствие аппаратов, создающих тепло или холод, сопровождающихся тепловыделением или поглощением.

Установка позволяет нагреть тело до 80-90°C, далее предусматривается охлаждение тела, после чего студенты получают тепловой режим охлаждения тела в полулогарифмических координатах, темп охлаждения и наконец, коэффициент теплопроводности.

Размеры образца, мощность установки, методика обработки экспериментальных данных, выбирались с расчетом выполнения задания за одно академическое занятие.

Данная лабораторная работа предназначена для постановки ее в лабораторный практикум, изучающий курс общей физики по программе первого семестра технического университета. Особенно она будет полезна студентам, для которых будущая профессия связана с понятием теплоты, температуры.

## Типичные ошибки студентов-заочников при выполнении контрольных работ по физике

Блинков Г.Н., Блинкова Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для проверки знаний студентов-заочников по изучаемой дисциплине используется одна из самых распространенных форм - контрольная работа.

Данный вид деятельности является важнейшим элементом учебного процесса, наряду с лабораторными работами, самостоятельным изучением учебного материала, решением задач, зачетами и экзаменами. Качество написания контрольной работы прежде всего зависит от отношения к ней студента-заочника, от тех внутренних установок, с которыми он приступает к ее выполнению. Правильное представление и оформление дают возможность не только проявить приобретенные знания, но и показать умение самостоятельно работать с учебной и методической литературой, так как контрольная работа – это средство общения с преподавателем и своеобразный отчет о проделанной работе.

В основном большинство студентов-заочников хорошо справляются с решением контрольных. Но ряд студентов при их выполнении допускает ошибки, некоторым приходится переделывать свою работу.

Рассмотрим наиболее типичные ошибки.

В каждом методическом указании и контрольных заданиях существует раздел, где подробно изложены требования к оформлению работы. На некоторые из них студенты не обращают свое внимание, допуская ошибки, свидетельствующие о том, что студент не может систематизировать полученные знания, а также влияющие на качество выполнения и правильность оформления контрольной работы. Забывают записывать полное условие задачи, без сокращений; в конце решения не указывают список используемой литературы; не умеют правильно перевести числовые величины в одну систему единиц; не приводят пояснения к используемым формулам и законам; после получения расчетной формулы, не проводят ее проверку на правильность, не проверяют размерности полученных величин.

При записи ответа числовые значения величин не записывают в стандартном виде. Конечно, самая главная и серьезная проблема состоит в том, что работающий человек предпочитает не тратить время на самостоятельное изучение учебного материала, для дальнейшего применения полученных знаний при решении задач, а предпочитает использовать для сдачи преподавателю готовую контрольную работу, которой не разбирается самостоятельно.

**Поведение потоков плазмы во внешнем магнитном поле  
торцевого холловского ускорителя**

Аношко И.А., Ермаченко В.С., Сандригайло Л.Е.

Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси  
Белорусский национальный технический университет

Сильное внешнее магнитное поле позволяет получать скорости истечения плазмы, значительно превосходящие скорости истечения при обычном газодинамическом расширении в сопле, что обусловлено передачей импульса электромагнитного поля заряженным частицам плазмы. Взаимодействие магнитного поля с токами, которые несут тензорный характер, создает силы, вызывающие осевое, азимутальное и радиальное ускорение плазмы. Суммарное магнитное поле имеет три компоненты  $B_r$ ,  $B_z$ ,  $B_\theta$ . Ускорение плазмы в холловском ускорителе происходит, главным образом, под действием силы Ампера  $F_z = j_\theta B_r$ , обусловленной взаимодействием азимутального холловского тока  $j_\theta$  с радиальной составляющей магнитного поля  $B_r$ . Действие силы Ампера с точки зрения ускорения ионов сводится к разгону их самосогласованным электрическим полем, направленным вдоль оси  $z$ . Но в зависимости от параметров ТХУ вклад в ускорение потока могут вносить и другие механизмы: ускорение в собственном магнитном поле тока дуги  $j_r B_\theta$ , а также ускорение под действием радиальной составляющей силы Лорентца  $F_\theta = j_r B_z$ , которая, помимо радиального удержания плазмы, вызывает вращение потока плазмы как твердого тела. Действие магнитного сопла состоит в преобразовании кинетической энергии частиц, движущихся перпендикулярно магнитным силовым линиям, в энергию направленного движения плазмы. Это преобразование длится до тех пор, пока размер вращательного движения, перпендикулярного линиям магнитного поля, становится намного меньше, чем варьируемый размер поля ( $\|\nabla B\| \cdot r) / B \ll 1$ . Из этого условия определялось, какое количество вращательной энергии превращается в аксиальную энергию, и на каком расстоянии от разрядной зоны это происходит. В результате расчетов было получено уравнение для расчета скорости  $v$  плазменного потока ( $\dot{m}$  – массовая скорость уноса):

$$v = \frac{1}{\dot{m}} \left[ \frac{F_z}{2} + \sqrt{\left( \frac{F_z}{2} \right)^2 + F_\theta^2} \right].$$

Ускорение в магнитном поле тока дуги не учитывалось, т.к. отношение разрядного тока к индукции внешнего магнитного поля мало.

## Излучение плазмы в сжатом слое и свободной струе торцевого холловского ускорителя

Аношко И.А., Ермаченко В.С., Сандригайло Л.Е.  
Белорусский национальный технический университет  
Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова

Излучение рабочего газа составляет значительную долю общей энергии магнитоплазменных ускорителей и определяет эффективность их работы. К их числу относятся и торцевые холловские ускорители (ТХУ), разгоняющие плазму до больших скоростей и применяемые для моделирования движения космических аппаратов. Потери мощности плазменной струи ТХУ включают также вынос энергии излучением.

В работе приведены результаты расчетов мощности излучения  $P_{изл}$  в свободной струе и сжатом слое ТХУ, который создавался перед плоской цилиндрической преградой, расположенной соосно с плазменным потоком. Значение величин  $P_{изл}$  на 1 см длины плазменной струи (сжатого слоя) найдены в сечениях, отстоящих от среза сопла ускорителя на расстояниях 130 и 160 мм в сжатом слое и на расстоянии 130 мм в свободной струе при разрядных токах 2000, 2600 и 3000 А. Во всех случаях индукция магнитного поля в зоне разряда составляла 1 Тл, расход рабочего газа – 10 г/с (8,5 г – воздух, 1,5 г – азот).

Основу расчета  $P_{изл}$  составили ранее полученные экспериментальные данные радиального распределения по сечению плазменной струи электронной температуры и концентрации электронов для приведенных выше режимов работы ТХУ. Установлено, что мощность излучения на 1 см длины в сжатом слое увеличивается на 2-3 порядка по сравнению с ее значением в свободной струе. Увеличение разрядного тока при неизменной удаленности от среза сопла приводит к росту мощности излучения как в свободной струе, так и в сжатом слое. Найдено также, что с ростом удаленности от среза сопла мощность излучения в сжатом слое при неизменных значениях разрядных токов заметно выше. Это связано в первую очередь с увеличением кинетической энергии плазменной струи, обусловленной скоростью направленного осевого движения частиц, которая в зоне торможения гасится практически полностью.

Анализ полученных результатов по расчетам мощности излучения в сжатом слое совокупно с данными по радиальному распределению температуры позволяет сделать вывод, что механизм разгона плазменной струи за пределами разрядной зоны ускорителя по меньшей мере не ослабевает вплоть до удаленностей от среза сопла 160 мм.

**Программа структуризации и систематизации  
учебно-методического материала**

Летковский И.В., Маников В.О., Блинков Г.Н.  
Белорусский национальный технический университет

Программа каталогизатор решает основные задачи для хранения статей, их быстрого просмотра и при необходимости конвертирования в один формат. Разработанная программа позволяет создавать, поддерживать и представлять в удобной форме упорядоченную структуру (каталог) файлов без постоянного физического доступа к данным. Успешное решение этой задачи достигается за счет применения давно и хорошо знакомой формы представления, в виде дерева объектов: в левой части окна отображаются корневые разделы и директории, а также вложенные в них статьи.

Каталог сохраняется в виде файла, который можно просматривать и редактировать средствами данной программы. В результате упрощается решение рутинных задач по выделению категорий и сортировки статей. В программу встроена поддержка распространенных форматов файлов: DOCX, DOC, RTF, PDF, XML, HTML, CSS, GIF, BMP, JPG, PNG, TXT. Работа с этими форматами происходит средствами программы. На основе компонента TX Text Control был встроены быстрый текстовый процессор с богатым набором функций: секции, вложенные таблицы, текстовые рамки, заголовки, колонтитулы, гиперссылки, пронумерованные списки, масштабирование, просмотр страниц, изображений, OLE объекты и многое другое.

Программа обладает простым и удобным интерфейсом, а также поддержкой «скинов». Продукт предназначен для платформы windows, обладает невысокими системными требованиями, что позволяет ему успешно работать даже на слабых компьютерах.

Отличительной чертой программы является малый размер, по сравнению с аналогичными продуктами, и высокая скорость работы. Программа просто распространяется, не требует установки (нужно только скопировать программу и её компоненты в одну папку).

В докладе приводится пример структуризации и систематизации учебно-методического материала по физике для студентов, включающий лекции, задачи, презентации, биографии с фотографиями ученых, схемы приборов и экспериментальных установок, описания лабораторных работ, компьютерные лабораторные работы, тесты, экзаменационные вопросы и многое другое.



## Органические фотосенсибилизаторы в диагностике и фотодинамической терапии злокачественных образований

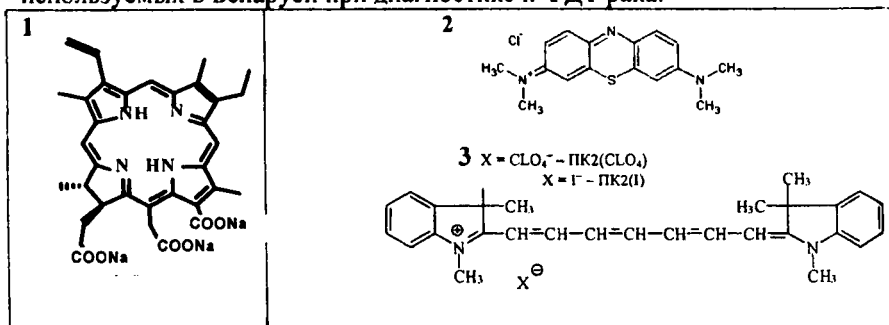
Зенькевич Э.И.<sup>1</sup>, Пархоц М.В.<sup>2</sup>, Гинько Т.А.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

<sup>3</sup>Белорусский государственный медицинский университет

В настоящее время фотодинамическая терапия (ФДТ) является актуальным методом лечения онкологических заболеваний, основанным на способности ряда органических молекул (фотосенсибилизаторов, ФС) селективно накапливаться в ткани опухолей и при локальном воздействии светом вызывать образование синглетного кислорода ( $^1\Delta_g$ ) или радикалов, что приводит к гибели раковых клеток. В докладе сравниваются спектральные свойства, квантовые эффективности генерации  $^1\Delta_g$  и результаты клинических испытаний трех основных типов ФС, используемых в Беларуси при диагностике и ФДТ рака:



Фотолон (хлорин еб + поливинилпирролидон 1:1, разработчик «Белмедпрепараты», рис. 1); гистологического красителя Метиленового синего (МС), (испытатель БГМУ, рис. 2) и Полиметиновых красителей (ПМ, разработчик БГУ, рис.3).

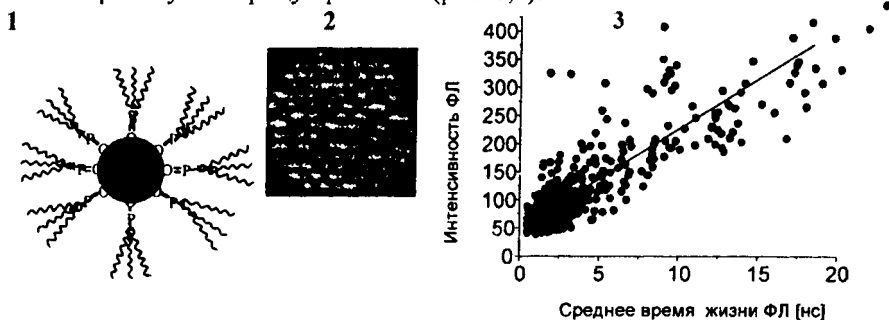
Сравнительный анализ проведен с учетом следующих факторов: 1) избирательность накопления в раковых клетках; 2) поглощение в области наибольшей прозрачности биоткани; 3) эффективность генерации  $^1\Delta_g$  и положение триплетного уровня ФС (не ниже  $790\text{ см}^{-1}$ ); 4) низкая темновая токсичность и устойчивость при хранении и введении в организм; 5) скорость выведения ФС из организма; 6) доступность и цена получения. Показано, что ФДТ на основе МС и низкоинтенсивного лазерного облучения может быть использована в эндоскопическом лечении пациентов с метаплазией слизистой оболочки пищевода и желудка.

## Одиночные полупроводниковые нанокристаллы CdSe/ZnS: спектральные свойства и релаксационные процессы

Зенькевич Э.И., Сакевич Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Разработка новых композитных материалов «полупроводниковый нанокристалл (НК) - органическая молекула» требует выяснения ряда вопросов, касающихся люминесцентных свойств и релаксационных процессов в НК при их взаимодействии с органическими лигандами различной природы. В этом плане уникальную информацию дают исследования эффектов мерцания интенсивности (blinking) и кинетики затухания фотолюминесценции (ФЛ) одиночных НК CdSe/ZnS, пассивированных молекулами триоктилфосфин оксида и помещенными в полистирольную матрицу при 295 К (рис. 1,2).



Методами конфокальной микроскопии и пикосекундной флуоресцентной спектроскопии проведена визуализация одиночных НК и впервые исследованы корреляционные соотношения между эффективностью свечения и кинетикой затухания ФЛ индивидуальных квантовых объектов (рис.3). Показано, что мерцание интенсивности фотолюминесценции одиночных НК обусловлено захватом электрона ловушками (на поверхности или в матрице), эффективность которого возрастает с увеличением полярности окружения.

Одиночные органические молекулы с функциональными «якорными» группами могут использоваться в качестве специфических зондов для исследования сложных физико-химических интерфейсных явлений в полупроводниковых нанокристаллах. Полученные результаты представляют интерес при создании прототипов наноразмерных фотопереклюателей и светособирающих устройств в молекулярной электронике, органической фотовольтаике и нанотехнологиях.

## Сила давления света в технических устройствах

Авсиевич Т.А., Францкевич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

При изучении курса физики техническое применение явлений и закономерностей вызывают у студентов интерес. Цель разработки — ознакомить будущих инженеров с возможностью использования силы давления солнечного света для движения космических транспортных средств.

Поток фотонов с частотой  $\nu$ , соответствующих спектральной излучательности  $r_{\lambda T_c}$  на расстоянии  $d$  от поверхности Солнца:

$$j_\nu = \frac{r_{\lambda T_c} R_c^2}{h\nu d^2} \quad (1), \quad \text{где } R_c - \text{радиус Солнца.}$$

Давление, оказываемое фотонами (поток импульса) всего спектрального диапазона излучаемых частот:

$$P = \int_0^\infty P_\nu d\nu = \int_0^\infty j_\nu \frac{h\nu}{c} k d\nu, \quad (2)$$

где  $\frac{h\nu}{c}$  - импульс одного фотона;  $k = 1 + \rho$ ,  $\rho$  - коэффициент отражения.

С учетом (1), и закона Стефана-Больцмана получим:

$$P = \frac{R_c^2 k}{d^2 c} \int_0^\infty r_{\lambda T_c} d\nu = \frac{k\sigma T_c^4 R_c^2}{c d^2}. \quad (3)$$

Для расстояния Солнце - Земля (1 а.е.) расчет по формуле (3) для зеркальной поверхности дает значение  $P = 9,3 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$ .

Существуют проекты по использованию столь малого давления для движения в космосе.

I Парусная гонка Земля-Луна	Парус $\varnothing 276\text{м}^2$ из алюминированной капроновой пленки. Масса парусника 3 кг
II Парусная гонка Земля - Марс	
III Доставка на Марс груза (42т)	Парус $800 \times 800\text{м}^2$

Если предположить, что другие факторы не влияют на движение, расчеты дают следующие результаты для этих проектов:

Параметры	I	II	III
Сила давления $F=P \cdot S(\text{Н})$	0,56		6
Ускорение $a=F/m \text{ (м/с}^2\text{)}$	0,185		$1,42 \cdot 10^{-6}$
Время движения	18 часов	10 дней	376 дней

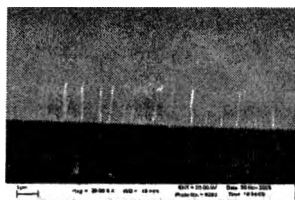
## Формирование системы вертикальных нанотрубок состава $\text{Si}_x\text{O}_y$ в кремниевой пластине, посредством имплантации гелия и обработкой плазмой кислорода

Францкевич Н.В., Францкевич А.В., Шеденков С.И.  
Белорусский национальный технический университет

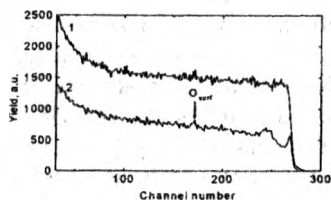
В работе показана возможность создания системы вертикальных нанотрубок состава  $\text{Si}_x\text{O}_y$  в монокристаллической кремниевой матрице путем развития к поверхности одномерных дефектов из глубинного дефектного слоя кремния, содержащего гелий, с последующим геттерированием на дефектах кислорода, введенного в кремний из DC плазмы.

Стандартная 4,50м·см n-типа Cz Si пластина была имплантирована гелием с энергией 200кэВ и дозой  $2 \cdot 10^{16} \text{см}^{-2}$  при комнатной температуре. Проективный пробег Rp имплантированных ионов составляет 1,4мкм. Далее образцы отжигались при температуре, не превышающей  $700^\circ\text{C}$ , что приводило к развитию 1-D дефектов. Кислород вводился в кремний из DC плазмы в количестве  $2 \cdot 10^{17} \text{см}^{-2}$ . В заключении, образцы отжигались в вакууме при температуре  $900^\circ\text{C}$ . Полученные структуры изучались методами ВИМС, СЭМ и POP.

Согласно результатам СЭМ (рис. 1а) в кремниевой пластине по нормали к поверхности формируется система нанотрубок. Максимальная длина трубок  $L=1,4$  мкм. Диаметр трубок составляет около 100 нм.



а)



б)

Рис. 1. СЭМ образ сформированной структуры (а) и спектры POP (б) снятые в случайном (1) и ориентированном (2) направлениях

Детальный анализ спектров POP (рис. 1б) и сравнение этих результатов с данными СЭМ, позволяет заключить, что дефектность кремниевой матрицы между нанотрубками сравнима с исходным кремнием.

Результаты ВИМС показывают, что до глубины 1,4мкм наблюдается накопление кислорода. Этот факт позволяет утверждать, что наблюдаемые в СЭМ 1-D дефекты соответствуют  $\text{Si}_x\text{O}_y$  композиции.

## Дифференцированный тестовый контроль текущей успеваемости студентов

Шеденков С.И.

Белорусский национальный технический университет

Тестовый контроль успеваемости позволяет провести оперативный контроль знаний студентов на всех видах учебных занятий (лабораторные и практические занятия, лекции и т.п.). Достоинствами такого способа контроля являются быстрота проведения и проверки тестовых заданий. К недостаткам можно отнести сложность подготовки многовариантных неповторяющихся тестов.

Дифференцированный тестовый контроль подразумевает подготовку тестов разного уровня сложности. Необходимость создания таких заданий диктуется как разным уровнем подготовки студентов, так и возможностью организовать процесс обучения по принципу «от простого к сложному».

Целью настоящей работы было создание автоматизированного комплекса, позволяющего облегчить труд преподавателя как при подготовке тестов, так и при их проверке. Для решения этой задачи потребовалось создать банк тестовых заданий и компьютерную программу, позволяющую формировать тест из банка тестовых заданий.

Банк тестовых заданий представляет собой набор заданий (задач и качественных вопросов), которые дифференцированы по тематике и уровню сложности (задания по каждой теме разбиты по уровню сложности на пять блоков). Банк можно постоянно пополнять новыми заданиями, а так же есть возможность редактировать старые задания.

Для того, чтобы компьютерная программа сформировала тест, необходимо указать тематику теста, уровень сложности, количество тестовых заданий в тесте. Программа случайным образом выбирает тестовые задания и формирует из них тесты, количество которых указывается при запуске программы. Каждый тест имеет купон, содержащий варианты правильных ответов (тест и купон одинаково пронумерованы). Преподаватель распечатывает тесты, отрывает купоны, которые в дальнейшем используются при проверке тестов, и тесты готовы к работе.

В данной работе речь шла о создании программы для организации тестового контроля знаний студентов по физике. Однако данная программа без каких либо серьезных изменений может быть использована для контроля знаний по другим предметам (как естественно-научным, так и гуманитарным). Необходимо лишь создать свой банк тестовых заданий.

УДК 621.317.332.1(088.8)

**Адаптивный гребенчатый фильтр с АСС и исследование его характеристик на компьютерной модели в программе MATLAB-SIMULINK**

Гриднев Ю.В., Чеснойть П.В., Шеховцов В.В.  
Минский государственный высший авиационный колледж

Доклад посвящен адаптивной обработке флуктуирующего полезного сигнала на фоне комбинированных помех.

Известно, что оптимальная обработка сигнала с помехой заключается в декорреляции сигнала помехи и когерентного накопления полезного сигнала на фоне шума.

Сигнал помехи имеет случайные амплитуду и фазу. Случайность амплитуды и фазы помехи определяется коэффициентом междупериодной корреляции и соответственно шириной спектра. Оптимальная система подавления такой помехи должна иметь соответствующую сигналу помехи зону подавления. Так как ширина спектра помехи изменяется во времени, то и ширина зоны подавления так же должна изменяться, подстраиваясь под спектр сигнала помехи. Следовательно, оптимальный фильтр подавления такой помехи должен быть адаптивным.

Реализовать данные условия можно с помощью амплитудной системы самонастройки (АСС) устройства черезпериодного вычитания (ЧПВ), параметры которого подстраиваются под характеристики сигнала помехи.

На базе программы MATLAB-SIMULINK была разработана и исследована компьютерная модель адаптивного фильтра ЧПВ с АСС. Компьютерная модель включает в себя: генератор сигнала помехи с постоянной амплитудой и доплеровским набегом фазы, генератор “белого” шума, блоки индикации и измерения характеристик сигналов, смеситель на промежуточной частоте, с помощью которого можно смещать по оси частот зоны режекции фильтра ЧПВ и устройство ЧПВ, состоящее из прямого и задержанного каналов и схемы вычитания.

В компьютерной модели в задержанном канале ЧПВ коэффициент ослабления  $\alpha$  подстраивается с помощью амплитудной системы самонастройки под междупериодный коэффициент корреляции сигнала помехи. В результате на выходе ЧПВ сигнал помехи будет почти полностью подавлен. Небольшая неподавленная часть помехи является “платой” за адаптацию (за счет динамической и флуктуационной ошибок амплитудной системы самонастройки). Полоса следящей системы АСС выбирается из условия минимальной суммарной ошибки слежения и максимального коэффициента подавления помехи.

**Адаптивный гребенчатый фильтр с фазовой следящей системой (ФСС) и исследование его характеристик на компьютерной модели в программе MATLAB-SIMULINK**

Гриднев Ю.В., Солохо С.Н., Онищенко Д.С.

Минский государственный высший авиационный колледж

Доклад посвящён особенностям обработки коррелированного сигнала, из которого выделяется радиолокационная информация о воздушной обстановке.

Принципы обработки такого сигнала сводятся к следующим положениям:

- обработка сигнала делится на два этапа: этап подавления помехи и этап выделения сигнала;
- подавление помехи осуществляется путем спектральной режекции по всему пространству наблюдения;
- выделение сигнала осуществляется путем спектральной фильтрации на коррелированном интервале наблюдения и поступающего некогерентного интегрирования на оставшемся интервале наблюдения.

В качестве устройства обработки сигнала можно использовать оптимальный гребенчатый фильтр череспериодного вычитания (ЧПВ), у которого зоны фильтрации согласованы по частоте со спектром полезного флукутирующего сигнала. Наличие скорости полёта воздушного судна приводит к появлению частоты Доплера отражённого сигнала и к смещению спектра сигнала по оси частот, что нарушает условие оптимальности. Следовательно фильтр ЧПВ должен быть адаптивным, самоподстраивающимся по частоте.

Адаптивный фильтр ЧПВ представлен структурной схемой рециркулятора и реализован в виде компьютерной модели на базе программы MATLAB-SIMULINK адаптивного фильтра ЧПВ с ФСС.

Для формирования доплеровского набега фазы помехи в модели сделано рассогласование между периодом повторения импульсов помехи и временем задержки в линии устройства ЧПВ. В процессе адаптации ФСС увеличивает время задержки линии до уровня периода повторения РЛС. Путём изменения полосы следящей системы ФСС можно обеспечить минимум суммарной динамической и флукутационной ошибок слежения и повысить коэффициент подавления помехи. Работоспособность адаптивного фильтра ЧПВ с ФСС подтверждена эпюрами сигнала.

**Теоретическая  
и компьютерная  
механика**



## Расчет параметров пористой вставки эндопротеза тазобедренного сустава с учетом первичной фиксации

Куриленко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Многолетний опыт эндопротезирования показал, что успех эндопротезирования зависит от остеоинтеграции, которая определяется первичной стабильностью компонентов эндопротеза и биосовместимостью покрытия эндопротеза и костной ткани. Первичная стабильность эндопротезов достигается за счет заклинивания их компонентов в кости, так называемой пресс-фиксацией. Первичная стабильность в результате длительной эксплуатации эндопротеза теряется, и в случае недостаточной остеоинтеграции наступает расшатывание эндопротеза, проявляющееся болевым синдромом. Для создания длительной стабильности протеза применяются всякого рода пористые вставки различных конфигураций. Разрабатываемые протезы основаны на принципе первично-стабильной фиксации компонентов эндопротеза (ножка). Клинообразная форма ножки в трех плоскостях обеспечивает полную стабильную фиксацию в проксимальном отделе бедра и исключительную ротационную устойчивость имплантата по сравнению с иными формами. Пористые титановые вставки достаточной толщины обеспечивают прочное срастание протеза с костной тканью в проксимальной части ножки имплантата.

Система «кость-имплантант» в условиях первичной фиксации в общем случае испытывает состояние сложного сопротивления. Ввиду преобладания сдвиговых деформаций производится расчет на сдвиг. Касательные

напряжения при сдвиге определяются по формуле  $\tau_{max} = \frac{Q}{F_1}$ ,

где  $Q$  – сдвигающая сила;  $F_1$  – площадь сдвига.

В нашем случае под сдвигающей силой понимается вес тела человека, а под площадью сдвига понимается общая площадь поверхности вставленного в кость эндопротеза. При этом условие прочности записывается следующим образом:  $\tau_{max} \leq [\tau]$ . Величина допустимого напряжения  $[\tau]$  определяется из условий невозможности проскальзывания эндопротеза в кости. В дальнейшем при прочном срастании пористой вставки с костной тканью расчет касательных напряжений следует производить по форму-

$$\tau_{max} = k \frac{Q}{F_2},$$

где  $k > \frac{F_2}{F_1}$  – коэффициент, учитывающий степень срастания. Проведенный расчет позволяет выбирать и устанавливать пористые вставки оптимальных размеров.

## Расчет эндопротеза тазобедренного сустава на изгиб

Куриленко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Введенный в организм имплантат, такой как эндопротез тазобедренного сустава подвергается различного рода воздействиям: сжатию, растяжению, кручению, сдвигу и изгибу. В данной работе подробно рассматривается система «кость-имплантат» на изгиб в первом приближении. В этой задаче на изгиб рассчитывается сама кость круглой формы (диаметр 40 мм) с прямоугольным вырезом (25x10 мм) и эндопротез прямоугольной формы (25x10 мм). Берется сечение системы в сагитальной плоскости. Предполагается, что система работает в условиях косоугольного изгиба, т.е.  $0 < \alpha < 90^\circ$ .  $\alpha$  – угол, образуемый плоскостью действия изгибающего момента  $M=40\text{Н}\cdot\text{м}$  и главной центральной осью сечения  $У$ . Момент выбран с учетом неблагоприятных условий, возникающих при ходьбе. Принимается  $\alpha=45^\circ$ .

Изгибающие моменты в главных плоскостях:

$$\max M = M \cos \alpha = M \sin \alpha = 40 \cdot 0,707 = 28,28 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Расчет производился исходя из условия прочности для точек, в которых возникают наибольшие растягивающие напряжения. С учетом допустимых значений  $[\sigma]_{\text{кости}} = 20 \text{ МПа}$  и  $[\sigma]_{\text{энд.}} = 160 \text{ МПа}$  были получены следующие значения:

1) Расчет наибольших напряжений кости с прямоугольным вырезом:

$$\sigma_B = \max \sigma_p = \frac{\max M_z y_B}{J_z} + \frac{\max M_y y_B}{J_y} = 6,7 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{\text{кости}}$$

2) Расчет наибольших напряжений эндопротеза

$$\sigma_B = \max \sigma_p = \frac{\max M_z y_B}{J_z} + \frac{\max M_y y_B}{J_y} = 94,5 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{\text{энд.}}$$

Далее было учтено распределение изгибающего момента ( $M=40\text{Н}\cdot\text{м}$ ) на кость и эндопротез в соответствии с их площадями в сагитальной плоскости соответственно. В результате установлены окончательные значения:

$$\begin{cases} \frac{\max M_{z\text{энд}} y_C}{J_z} + \frac{\max M_{y\text{энд}} y_C}{J_y} = 19,1 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{\text{энд.}} \\ \frac{\max M_{z\text{к}} y_B}{J_z} + \frac{\max M_{y\text{к}} y_B}{J_y} = 5,4 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{\text{к.}} \end{cases}$$

Таким образом решена задача на изгиб системы «кость-имплантат», а также кости и эндопротеза по отдельности для реального протеза. Установлено, что эти значения не превышают допустимых значений.

## Исследование давлений на вращающихся лопастях малонапорных гидроэлектростанций

Куриленко А.Е., Недбальский В.К.

Белорусский национальный технический университет

Для гидротурбин малонапорных гидроэлектростанций, устанавливаемых в свободные водные потоки, главная проблема состоит в том, что любая попытка использовать течение, проходящая через турбину, более эффективна неизбежно привела бы к изменению направленности течения, а это может в конечном счете уменьшить коэффициент полезного действия. В первом приближении важный вопрос проблемы эффективности может быть сформулирован в условиях гидравлического сопротивления, пренебрегая особенностью конструкции турбины. Здесь достаточно предположить, что имеет место ламинарное течение со скоростью  $V_\infty$ , а область  $\Omega$  считается полупроницаемой преградой для течений с внутренней плотностью сопротивления  $r$ .

Во втором приближении следует учитывать, что для речных гидроэнергетических турбин, напор воды, протекающий через турбину, должен создавать максимальное гидродинамическое давление на ее лопастях. Это обстоятельство достигается посредством установки поперек течения водяных дамб. В последнее десятилетие многие ученые и инженеры безуспешно пытались использовать для свободной и низконапорной воды традиционные турбины. А для их использования приходилось строить очень дорогие дамбы. Предложенный авторами проект свободен от этих недостатков и даже при использовании простейших недорогих дамб позволяет увеличить эффективность гидротурбин более чем в четыре раза.

Для количественной оценки работоспособности гидротурбины вводят коэффициент эффективности  $\varepsilon$ , определяемый по формуле

$$\varepsilon = \frac{S_n \nabla p \cdot V}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 |\Omega_n|} \quad (1)$$

где  $p$  – давление в потоке;  $V$  – скорость потока;  $\Omega_n$  – проекция рабочей области гидротурбины на поперечное сечение потока;  $\rho$  – плотность воды. С учетом уравнения фильтрации -  $\nabla p = rV$  уравнение (1) переписать в виде

$$\varepsilon = \frac{p}{p_\infty} = \frac{S_n r V^2}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 |\Omega_n|} \quad (2)$$

здесь  $r$  – внутренняя плотность сопротивления

В последнее время появляется все больше и больше работ, посвященных проблеме автоматизации процесса проектирования и оптимизации форм элементов гидротурбин. Это связано со значительным прогрессом в развитии методов вычислительной гидродинамики.

## Аппроксимация функций неортогональными рядами

Акимов В.А., Кожушко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Теория интерполирования и приближения (аппроксимации) функций была и остается одной из основных линий развития современной теоретической и прикладной математики. Приближение функций на конечном промежутке конечными суммами алгебраических и тригонометрических полиномов является удобным для расчета видом решений многих практических задач. Большое распространение получили так называемое точечное интерполирование, квадратические приближения, средние степенные и равномерные приближения, сплайны и другие. В последнее время в связи с развитием операторных методов для решения задач стали привлекаться так называемые неортогональные ряды.

Возьмем в качестве исходного базиса, по которому осуществляется разложение некоторой заданной функции  $f(x)$  в ряд типа Фурье, неортогональную тригонометрическую  $\{\sin \lambda_k x, \cos \lambda_k x\}_{k=0}^{\infty}$  или гиперболическую  $\{\operatorname{sh} \lambda_k x, \operatorname{ch} \lambda_k x\}_{k=0}^{\infty}$  систему функций, где  $\lambda_k$  – корни некоторого уравнения  $R(\lambda)=0$ .

Рассмотрим способы нахождения коэффициентов разложения функций в неортогональные ряды на конкретных примерах. Первоначально определим коэффициенты  $a_k$  и  $b_k$  в рядах вида

$$\operatorname{sh}(ax) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin \lambda_k x, \quad (1)$$

$$\operatorname{sh}(ax) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos \lambda_k x, \quad (2)$$

где  $\lambda_k$  – корни функции Бесселя  $I_0(\lambda_k)=0, k=1,2,3\dots$

Поставленную задачу решают дифференциальные операторы  $D_1 = \frac{d_x \operatorname{sh}(d_x)}{1+d_x^2/\lambda_k^2}$  для уравнений (1) и операторы  $D_0=I_0(d_x)$  и  $D_2=d_x D_1$  для уравнения (2), где  $d_x = \frac{d}{dx}$ , а  $I_0(z)$  – модифицированная функция Бесселя нулевого порядка.

Теперь разложим функцию  $f(x) = \exp(\exp(x))$  в ряд вида  $\exp(\exp(x)) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \operatorname{sh}(kx) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \operatorname{ch}(kx) + B_0$

Используем для этой цели операторы

$$D_1 = \frac{\sin \pi d_x}{k^2 - d_x^2}, \quad D_0 = \sin \pi d_x, \quad D_2 = \frac{d_x \sin \pi d_x}{k^2 - d_x^2}.$$

Отсюда получаем  $B_0=1, A_k=B_k=1/k!$ , а исходные разложения принимают вид  $\exp(\exp(x)) = \sum_{k=0}^{\infty} (\operatorname{sh}(kx) + \operatorname{ch}(kx))/k!$

Ряды Фурье можно трактовать как частный случай неортогональных тригонометрических рядов.

**Решение задач динамики  
методом полных дифференциалов**

Тульев В.Д., Мышковец М.В., Петровский И.Г.  
Белорусский национальный технический университет

В теоретической механике при решении динамических задач студентам необходимо составить и решить дифференциальное уравнение. Большие сложности в решении вызывают уравнения, содержащие переменную массу тела. Рассмотрим движение вагонетки с начальной скоростью  $V_0$  по наклонной плоскости, к которой прикреплена разматывающаяся цепь. Вес вагонетки постоянен, а вес цепи пропорционален ее длине. Запишем дифференциальное уравнение движения вагонетки с цепью в проекции на ось  $x$  под действием сил тяжести вагонетки  $P$  и цепи  $\gamma x \sin \alpha$ , а также силы трения цепи  $f\gamma x \cos \alpha$ .

$$\frac{d}{dt} \left( \left( \frac{P + \gamma x}{g} \right) \dot{x} \right) = P \sin \alpha + \gamma x \sin \alpha - f\gamma x \cos \alpha. \quad (1)$$

Возьмем производную и преобразуем

$$\gamma \dot{x}^2 + (P + \gamma x) \ddot{x} = f(x) \quad (2)$$

Где  $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ ,  $\ddot{x} = \frac{d\dot{x}}{dt}$ .

$$f(x) = (P \sin \alpha + \gamma x \sin \alpha - f\gamma x \cos \alpha)g.$$

Используем замену:  $\ddot{x} = \frac{x d\dot{x}}{dx}$ .

Тогда уравнение (2) примет вид

$$\gamma \dot{x}^2 dx + (P + \gamma x) \dot{x} d\dot{x} = f(x) dx. \quad (3)$$

Умножим выражение (3) на  $(P + \gamma x)$  и получим

$$(P + \gamma x) \gamma \dot{x}^2 dx + (P + \gamma x)^2 \dot{x} d\dot{x} = (P + \gamma x) f(x) dx. \quad (4)$$

Левая часть уравнения (4) представляет собой полный дифференциал:

$$d \left( \frac{(P + \gamma x)^2 \dot{x}^2}{2} \right) = (P + \gamma x) f(x) dx. \quad (5)$$

После интегрирования уравнения (5) и преобразований окончательно получим:

$$\begin{aligned} \dot{x}^2 = & \frac{P^2 V_0^2}{(P + \gamma x)^2} + \frac{2Pg}{2\gamma} \left( 1 - \frac{P^2}{(P + \gamma x)^2} \right) \sin \alpha + \frac{2gx}{3} \sin \alpha - \frac{f\gamma P x^2}{(P + \gamma x)^2} \cos \alpha - \\ & - \frac{2fg\gamma^2 x^3}{3(P + \gamma x)^2} \cos \alpha. \end{aligned} \quad (6)$$

Выражение (6) показывает изменение скорости вагонетки с разматывающейся цепью с учетом начальной скорости.

**Об организации практики студентов  
специальности 1-31 03 02 «Механика»**

Горбутович Ю.Г., Соколовский Г.С.  
Белорусский национальный технический университет

Практика студентов специальности 1-31 03 02 «Механика» проходит на 2,3,4 и 5 курсах обучения студентов и является важнейшей частью подготовки высококвалифицированных специалистов. Основными местами прохождения практики являются машиностроительные предприятия, научно-исследовательские институты и конструкторские бюро.

Цель практики состоит в закреплении теоретических знаний, полученных студентами в процессе обучения, а также в знакомстве с работой предприятий и научных учреждений на которых организуется практика. На всех четырех курсах перед учебной практикой ставятся разные задачи.

Программа учебной вычислительной практики на 2-ом курсе предполагает знакомство со структурой вычислительного центра предприятия, ознакомление с методами программирования и пакетами программ, используемых на этом центре.

На 3-ем курсе студентам предстоит пройти производственную расчетную практику, задачей которой является изучение тематики задач и производственных процессов, решаемых на предприятии, а также выполнение практических заданий по компьютеризации элементов работ, ведущихся на предприятии.

Производственная проектная практика, проходящая после 4-го курса, ставит своей задачей знакомство студентов с разработкой математических моделей, алгоритмов и использованием пакетов прикладных программ для расчетов на прочность узлов и деталей машин. Кроме того, на этой практике студентам предстоит ознакомиться с САД-системами и САЕ-пакетами для расчета динамики прочности узлов проектируемых машин и изучить методы освоения и внедрения CALS технологий.

На 5-ом курсе студентам предстоит преддипломная практика, являющаяся важным этапом подготовки студентов к дипломному проектированию. Практика студентов-дипломников происходит на предприятиях, имеющих тематику работ близкую к темам их дипломных проектов. В задачу этой практики входит сбор материала по теме дипломной работы: изучение аналогов объекта дипломного проектирования, применяемых методов расчета и существующего технологического процесса изготовления элементов проектируемой системы, а также экономических показателей и методики расчета экономической эффективности конструируемой системы.

**Аналитико-экспериментальный метод  
оптимизации параметров производственных процессов  
применительно к измельчению горных пород**

Шпургалова М.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Одной из проблем недостаточного использования на практике компьютерных систем оптимизации производственных процессов является сложность их формализации, а так же разработка методов численной реализации формализованных задач. Поэтому исследуемая в данной работе проблема разработки аналитико-экспериментального метода оптимизации параметров производственных процессов применительно к измельчению горных пород является актуальной научной задачей.

Разработанная и предложенная в работе методика представляет собой описание процедур, выполняемых в определённой последовательности, обеспечивающих определение оптимальных значений параметров, характеризующих производственные процессы.

Вначале определяется метод оптимизационной производственной задачи, а затем реализуется алгоритм определения оптимальных значений параметров, характеризующих производственный процесс.

Задача оптимизации параметров процесса измельчения горных пород может быть формализована в виде экономико-математической модели, целевые функции и ограничения которой представлены в виде композиции базовых функций одной переменной. Аналитические выражения части базовых функций устанавливаются методами компьютерной математики по экспериментальным измерениям. Другая часть базовых функций может быть установлена как результат решения сформулированной прикладной математической задачи.

Адекватность построенной таким образом модели и достоверность полученных с её помощью результатов предполагается обосновать путём реализации режима опытной эксплуатации конкретной модели.

Экспериментально-аналитический подход, суть которого заключается в объединении преимуществ математического моделирования и экспериментальных исследований, используется для решения многих производственных задач по оптимизации параметров производственных процессов и так же позволяет формализовать оптимизационную задачу в аналитическом виде, а для её численной реализации использовать методы и компьютерной математики.

# **Военное дело**

**Военное искусство.  
Вооружение и военная техника.  
Военное обучение и воспитание.  
Военная история**



**Использование электронного обучения в военном образовании**

Безлюдько А.В.

Белорусский национальный технический университет

Возрастание роли применение информационных и коммуникационных технологий обусловлено глубокими переменами в жизни общества. Необходимость постоянной переподготовки и овладения новыми знаниями и навыками; быстрое внедрение новых научных достижений как в сферу экономики, так и в социальную сферу.

Происходящие изменения требуют от обучаемого обязательного владения основами применение информационных и коммуникационных технологий, которые начинают играть ключевую роль в создании и использовании новых знаний и навыков для военного образования, в том числе и в нашей республике.

На военно-техническом факультете в БНТУ разработана модель образовательной информационной среды и проведены эксперименты по применению разработанных средств для поддержки управляемой самостоятельной работы курсантов.

Достоинством системы является модульный принцип построения, позволяющий самостоятельно создавать и дополнять систему новыми модулями. Модули представляют комплексы изучаемых (программных) тем по дисциплинам. В системе реализовано три роли пользователя: администратор системы, инструктор (преподаватель) и курсант. Старший преподаватель, контролирует регистрацию пользователей, осуществляет политику разграничения пользователей. Инструктор создает учебные курсы и их практическое использование в конкретных боевых условиях, осуществляет текущий и завершающий контроль усвоения курса. При этом используется 4 типа тестов: «да - нет», «множественный выбор», «открытые тесты», когда курсант записывает ответ на заданный вопрос в свободной форме, и, наконец, тесты-опросы.

По дисциплинам сформированы тесты ответов в режиме «усвоения», и также по 2–3 варианта решений по выполнению конкретных задач.

Курсанты в ходе самостоятельной работы по подготовке к групповым занятиям и упражнениям могли принимать различные варианты приведенных решений, несколько отличные друг от друга. Практика показала повышение эффективности такого обучения на 10–15 %, повышение активности работы курсантов, выработку ключевых компетенций в основных видах деятельности будущих офицеров.

## Контроль знаний курсантов

Белоножкин Г.П.

Белорусский национальный технический университет

Средствами достижения передачи знаний и умений от преподавателя к курсанту являются, во-первых, регулярная работа курсанта в течение всего семестра и, во-вторых, систематический контроль полученных им знаний.

Модульно-рейтинговая система складывается из двух взаимосвязанных и дополняющих друг друга частей: модульной и рейтинговой.

Цель модульной системы – поставить курсанта перед необходимостью регулярной учебной работы в течение семестра, что достигается делением дисциплины на блоки, по завершении которых он сдает промежуточные экзамены. Полученные баллы за все промежуточные экзамены суммируются и составляют рейтинг курсанта по данной дисциплине. Весомость этих баллов повышается тем, что при получении достаточной суммы баллов за все промежуточные экзамены их результаты могут засчитываться курсанту, как итоговый (семестровый) экзамен. Этим самым и решается задача приучения курсанта к систематической учебной работе.

Цель рейтинговой системы – дать объективную развернутую оценку знаний курсанта по изучаемым дисциплинам в виде его рейтинга, который целесообразно использовать при любой аттестации и распределении по назначению.

Простейший рейтинг – средний экзаменационный балл курсанта – не учитывает значимость каждой дисциплины и, кроме того, проявляется лишь в итоге обучения, что делает его пассивным показателем. Для стимулирования курсанта рейтинг должен быть активным показателем, заставляющим стремиться к его увеличению. Для этого курсант должен знать об изменении своего рейтинга в процессе обучения, что достигается введением промежуточных экзаменов.

Попытки совмещения в рейтинге оценки знаний (успеваемости) и оценки отношения к учебе (выполнения текущих заданий) бесплодны, так как невозможно найти общий эквивалент этим показателям даже в рамках одной дисциплины. Считается, что баллы, полученные при итоговом контроле знаний курсанта, ни при каких переводных коэффициентах не могут быть эквивалентны баллам, полученным им в процессе учебы.

Опыт принципиального подхода к выполнению этих требований показывает, что качество учебного процесса, его организация и итоги значительно повышается в качественном аспекте.

## **Руководство самовоспитанием и самообразованием в курсантских коллективах**

**Бессараб А.В.**

**Белорусский национальный технический университет**

В условиях современного социально-экономического развития страны возрастают не только возможности для проявления инициативы и самостоятельности каждого человека, но и требования к нему со стороны общества. Чтобы быть на уровне современных требований, будущим офицерам необходимо непрерывно заниматься самосовершенствованием, которое осуществляется в двух взаимосвязанных формах: самовоспитанием и самообразованием. Эти формы взаимно дополняют друг друга, оказывая совокупное влияние на развитие личности офицера. Вместе с тем самовоспитание и самообразование – два относительно самостоятельных процесса, которые предполагают как общие, так и специфические условия организации.

Руководство самовоспитанием и самообразованием – сложный, многогранный процесс, представляющий собой систему учебных, воспитательных, организационных мероприятий, направленных на обеспечение целенаправленной, систематической и разносторонней работы каждого курсанта по совершенствованию своей личности.

Основная задача руководства состоит в целенаправленном побуждении курсантов к активной работе над собой, выработке у них соответствующих мотивов на разностороннее совершенствование, создании для этого необходимых условий. Само руководство зависит от многих объективных и субъективных факторов и осуществляется во всех видах деятельности.

Пропаганда опыта самовоспитания и самообразования предполагает систему мероприятий, направленных на формирование в сознании каждого курсанта образца деятельности по работе над собой, ознакомление его с методами и приемами самовоспитания и самообразования, выработку стремления к систематическому самосовершенствованию. С этой целью используются различные формы работы: лекции и беседы, конференции, обсуждение научной, военно-мемуарной и художественной литературы, собрания, посвященные вопросам самовоспитания и самообразования и др.

Как в самовоспитании, так и в самообразовании определяющее значение имеет личный пример командира и глубокие разносторонние знания, требовательность к себе в большом и малом, систематическая работа над собой как нельзя лучше стимулирует курсантов к самовоспитанию и самообразованию.

## Некоторые принципы формирования организационной структуры частей и соединений

Валежанин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Основываясь на многофункциональности задач оперативно-тактического объединения, можно сформулировать следующие принципы формирования бригад:

- операционная территориальная принадлежность;
- подготовленность по оперативному назначению;
- модульность при формировании и максимальная автономность;
- мобильность и маневренность действий;
- оперативная совместимость при взаимодействии;

Реализация этих принципов обеспечит:

- выбор наиболее оптимальных форм и способов выполнения боевых задач на основе использования боевых возможностей вооружения и военной техники;
- максимальную самостоятельность соединений и частей при ведении боевых действий;
- своевременность реагирования на любые изменения оперативной обстановки;
- централизацию управления и её быстрое восстановление при понесенных потерях;

Совершенствование организационно-штатной структуры можно осуществить через реализацию принципа модульности при формировании бригад, то есть в комплектовании их самостоятельными подразделениями «боевыми модулями», представляющими собой боевую единицу, способную действовать в любой обстановке, самостоятельно выполнять конкретную задачу, имеющую для этого соответствующий боевой потенциал. Исходя из возможного характера и способов ведения боевых действий, их напряженности и динамичности очень важен принцип максимальной автономности бригады, то есть способности вести боевые действия в отрыве от главных сил и даже в полном окружении.

Данный принцип формирования общевойсковых соединений должен основываться на наличии современных образцов военной техники и вооружения, новых подходах к совершенствованию технического и тылового обеспечения бригады, подготовке высококвалифицированных, инициативных офицерских кадров, целенаправленной боевой учебы частей и подразделений, и др.

**Влияние технического обеспечения отдельной механизированной бригады на ход и исход боевых действий**

Гаман М.И.

Белорусский национальный технический университет

Количественный и качественный рост оснащенности войск вооружением и военной техникой, в том числе высокоточным и другим новым оружием, предопределяет значительное возрастание роли материальной основы общевойскового боя.

Изменения характера и способов его ведения ведут к массовым потерям войск в личном составе, вооружении и военной технике и других материальных средствах, что приводит к быстрому снижению боеспособности войск. Поддержание укомплектованности войск вооружением и военной техникой, их состояния, степени владения ими личным составом, а также обеспеченности боеприпасами и военнотехническим имуществом на уровне, обеспечивающем выполнение поставленных боевых задач, становится более сложной и трудоемкой задачей.

Исходя из этого, воинские части и подразделения обр должны обладать высоким уровнем огневых и ударных возможностей, подвижности, защищенности и живучести, иметь эффективные средства для самостоятельной организации управления и связи в бою, всех видов обеспечения, в том числе и технического обеспечения, подъема достаточных запасов боеприпасов, горючего и других материальных средств.

Массовые потери личного состава, ВВТ и материальных средств приведут к росту психологического воздействия на людей, к резкому изменению соотношения сил и средств сторон, возникновения кризисных ситуаций и вынужденному переходу от одного вида общевойскового боя к другому, увеличению объема мероприятий по техническому и тыловому обеспечению.

Таким образом, можно сделать вывод, что успешное ведение современного боя невозможно без своевременного, полного и эффективного выполнения задач силами и средствами технического обеспечения. Ход и исход боевых действий в современной войне будет в значительной степени зависеть от возможностей войск по восстановлению поврежденных ВВТ, своевременности обеспечения ракетами и боеприпасами и необходимым ВТИ.

**Объединенная Белорусская военная школа (ОБВШ) –  
кузница военных кадров**

Долготович Б.Д.

Белорусский национальный технический университет

Приказом Революционного Военного Совета за № 288 от 5 февраля 1921 года в состав 81-х Минских пехотных курсов влились 2-е Московские курсы, а чуть позже 45-е Витебские, 43-е Полоцкие, 55-е Житомирские и 87-е Рославльские.

Школа в 1924 году получила наименование 7-я Объединенная Белорусская высшая школа имени ЦИК БССР.

В 1934 году она переименована в минское пехотное военное училище имени М.И. Калинина.

В приказе войскам Белорусского военного округа № 15 от 5 февраля 1931 года в связи с 10-летием ОБВШ отмечалось, что в эти годы школа выпустила 1850 командиров для национальных, кадровых и территориальных частей.

В разное время в ней учились такие известные военачальники из числа белорусов и уроженцев Беларуси, как Маршал Советского Союза, дважды Герой Советского Союза И.И. Якубовский, генералы армий В.Ф. Маргелов и В.А. Пеньковский, генерал-полковник Ф.И. Добыш, генерал-лейтенанты Матвей Вайнруб, Иван Лисов, Николай Мультиан, генерал-майоры Н. Буков, А. Владычанский, Антон Слиц, Н. Киданский, Е. Чернов и многие другие.

К сожалению, в республике кроме краткой статьи в Белорусской Энциклопедии об этой школе других сведений нет.

**Начальники ОБВШ**

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1. Алехин Е.С.    | 7. Лаур Ж.И.       |
| 2. Быков Ф.В.     | 8. Левашов А.Ф.    |
| 3. Василевич И.И. | 9. Ловягин П.Е.    |
| 4. Власов С.Н.    | 10. Пузиков И.М.   |
| 5. Клауз Л.П.     | 11. Фабрициус Я.Ф. |
| 6. Кобленц Г.М.   |                    |

**Помполиты ОБВШ**

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 1. Андреев И.Н. | 6. Михайлов Н.О.  |
| 2. Арабей Н.Л.  | 7. Темкин А.И.    |
| 3. Балашов И.С. | 8. Уласович С.А.  |
| 4. Банник П.Б.  | 9. Шадуро Д.А.    |
| 5. Конюхов Н.Г. | 10. Якубович Н.А. |

**Опыт освоения автомобилей отечественного производства  
в 15 ЗРБр ВВС и войск ПВО**

Дымарь Ю.Л.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с Программой переоснащения отдельных воинских частей Вооруженных Сил автомобильной техникой отечественного производства на укомплектование 15 ЗРБр ВВС и войск ПВО поставлено 67 ед. автомобилей МАЗ различных модификаций, из них:

по тактико-техническим характеристикам данные автомобили предназначались для замены устаревших автомобильных тягачей КрАЗ-255Б (-255В), КрАЗ-260(-260В), которые использовались для перевозки технического имущества и личного состава огневых дивизионов С-300ПТ, буксировки вооружения на базе прицепа МАЗ-5224В.

В ходе освоения новых автомобилей командованию и инженерно-техническому составу бригады совместно с руководством МАЗа предстояло решить ряд специфических задач. В данной работе показаны некоторые из них.

По взаимному соглашению между предприятием и командованием воинской части на Минском автомобильном заводе проведена подготовка офицеров – автомобилистов по изучению особенностей устройства, правил эксплуатации автомобилей. После чего в воинской части были проведены сборы по переподготовке водителей на новые марки машин.

На период обкатки установлены ряд ограничений, которые были доведены до водителей и строго контролировались.

В гарантийный период эксплуатации, в соответствии с требованиями завода-изготовителя, техническое обслуживание автомобилей допускается проводить только на сервисных центрах МАЗа. Было принято совместное решение о подготовке специалистов из состава ремонтного подразделения бригады на производственной базе «ССЦ МАЗ» с предоставлением допуска на право обслуживания и ремонта автомобилей МАЗ в ремонтных мастерских воинской части.

При организации и проведении работ ТО-1000 возникли определенные трудности по замене масел и смазок, а также сменными фильтрующими элементами, которые не идут по нормам снабжения Министра обороны. Для их закупки довольствующими службами перечислены денежные средства. В последующем, довольствующими службами были внесены дополнения в номенклатуру снабжения.

При буксировке вооружения потребовалось переоборудовать пневматические и электрические соединения на прицепах.

**Повышение надежности ходовых систем гусеничных машин**

Жданович Ч.И., Радченко П.В., Юрко С.В.

Белорусский национальный технический университет

Конструктивные особенности современных гусеничных машин во многом предопределяются условиями эксплуатации, которые, в свою очередь, характеризуются цикличной, резко меняющейся по величине нагрузкой, большим разнообразием грунтов, обладающих высокими абразивными характеристиками и твердостью. Возросшие скорости движения, разнообразие использования и агрегатирования, интенсификация выполняемых производственных процессов, тяжелые почвенно-климатические условия эксплуатации гусеничных машин предъявляют высокие требования к надежности их ходовых систем.

Гусеничный движитель является одним из важнейших механизмов, определяющих тяговые качества, производительность, экономичность и надежность машин. Исходя из этого, можно заключить, что совершенствование конструкции гусеничного движителя, выбор его оптимальных параметров, рациональное сочетание характеристик отдельных элементов, разработка более совершенной схемы привода, конструкции катков и формы обвода гусениц представляют ответственный этап при создании или модернизации гусеничных машин.

При этом следует отметить, что усовершенствование гусеничного движителя возможно только на базе серьезных теоретических и экспериментальных исследований, при наличии современной испытательной и исследовательской базы.

Одним из методов повышения эксплуатационных характеристик ходовых систем гусеничных машин является улучшение конструкции опорных катков, направленное на увеличение ресурса и надежности гусеничного движителя, улучшение ходовых свойств машины и уменьшение динамических нагрузок в движителе.

Наиболее простым и качественным вариантом решения данного вопроса является применение внутренней амортизации опорных катков гусеничных машин. Данное решение подразумевает собой разборную конструкцию опорного катка с установкой между диском катка и его ободом резинового демпфера, воспринимающего усилия и нагрузки, возникающие между гусеницей и подвеской машины.

Данное решение позволит снизить динамические нагрузки, возникающие в опорных катках гусеничного движителя в 1,5...2 раза, а также упростить и удешевить ремонтпригодность опорных катков гусеничной машины.



**Центральный штаб партизанского движения на Беларуси –  
создание и организация работы**

Козел Д.А.

Белорусский национальный технический университет

30 мая 1942 года, решением Государственного комитета обороны при Ставке Верховного Главнокомандования начал свою работу Центральный штаб партизанского движения (ЦШПД). Начальником ЦШПД был утвержден первый секретарь ЦК КП(б)Б П.К. Пономаренко. Этим же постановлением при военных советах фронтов создавались Украинский штаб партизанского движения (при Военном совете Юго-Западного направления), Брянский, Западный, Калининский, Ленинградский, Карело-Финский фронтовые штабы партизанского движения с подчинением их Центральному штабу и военным советам соответствующих фронтов.

Директивой от 5 июля 1942 г. ЦШПД установил фронтовым штабам партизанского движения границы оккупированной территории, в пределах которых они должны были руководить партизанскими формированиями. На штаб при Военном совете Калининского фронта возлагалось руководство партизанскими формированиями, действовавшими на территории Витебской и Вилейской областей. Штабу партизанского движения при Военном совете Западного фронта вменялось в обязанность руководство партизанскими отрядами и бригадами Могилевской, Минской, Барановичской, Брестской и Белостокской областей. Деятельность партизан Гомельской, Полесской и Пинской областей координировал партизанский штаб при Военном совете Брянского фронта.

Однако уже первые месяцы работы ЦШПД и фронтовых штабов показали серьезные недостатки такой структуры. Полосы и направления действий фронтов часто менялись и не совпадали с довоенными границами республик и областей. Учитывая эти обстоятельства и опираясь на опыт руководства борьбой со стороны республиканских и областных партийных организаций, был взят курс на реорганизацию штабов партизанского движения по административно-территориальному принципу.

Ранее действовавшие группы и фронтовые штабы не позволяли быстро ориентироваться в изменениях фронта. Партизанские отряды не всегда оперативно получали распоряжения о границах действий, не было достаточного взаимодействия с соседними отрядами. Создание единого штаба партизанского движения на Беларуси позволило более эффективно решать организационные задачи по его руководству.

Костко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Решение задач по повышению боевой и мобилизационной готовности Вооруженных Сил непосредственно связано с качественным развитием и модернизацией военного образования, подготовкой военных специалистов в военных учебных заведениях.

Необходимо в ходе модернизации военного образования решать, на наш взгляд, проблемы:

как в новых условиях решить задачу достижения максимального эффекта военного образования, повысить качество подготовки выпускников при ограниченных временных сроках и материальных затратах;

как обеспечить единство фундаментального образования и профессиональной подготовки к конкретной должности.

Очевидно, решение этих проблем возможно, если система военного образования будет своим отдельным направлением в Государственном образовательном стандарте, а также организация военно-профессиональной подготовки на основе компетентностного подхода.

Разработанная в ходе исследования концептуальная модель военного специалиста представляет собой систему взаимосвязанных научно-методических материалов, которые необходимы при организации и планировании учебного процесса, формировании учебных программ и учебных планов.

При разработке такой модели в основу был положен компетентностный подход к военно-профессиональной подготовке выпускников. Были определены и сферы деятельности для выработки ключевых компетенций: боевая, технико-эксплуатационная, административно-управленческая и воспитательная.

Таким образом, для подготовки офицера инженерных войск необходимо разработать учебные модули по группам тем учебных программ по инженерному обеспечению боя, тактико-специальной и специальной подготовке. Целевое, объемное и качественное содержание модулей формируется и определяется перечнем задач инженерного обеспечения. С использованием компетентностного подхода и квалиметрического метода представляется возможным указанные модули положить в основу разработки модели военно-профессиональной подготовки и определения их количественного содержания.

**Ключевые компетенции в военно-профессиональной подготовке курсантов и студентов**

Костко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В современном бою значительно повысились требования к офицеру-командиру. Главные задачи высшей школы на современном этапе: готовить специалистов, способных видеть перспективы развития своей отрасли, быстро осваивать новую технику и умело ее применять; научить их квалифицированно решать задачи по организации порученной им работы и управлению коллективами, которые они будут возглавлять. Всеми этими качествами, безусловно, должен обладать и офицер. В целом общие требования к офицеру инженерных войск можно свести к следующим основным понятиям:

- нужно готовить идейно убежденных, политически зрелых офицеров, которые должны быть примером беззаветной преданности и служения Родине;
- необходимо привить офицерам чувство высокой дисциплинированности и исполнительности, собранность, честность и правдивость, готовность и способность точно выполнять приказы начальников;
- надо выработать инициативу и самостоятельность, способность взять на себя ответственность за наиболее активные действия и решения, за исход боя и судьбы людей;
- необходимо развивать в офицерах их командирскую волю и организаторские способности;
- следует научить офицеров умело обучать и воспитывать подчиненных;
- нужно привить им высокую общую и военно-техническую культуру.

Качества офицера инженерных войск, отвечающие этим требованиям, вырабатываются еще в период обучения курсантов в вузе и затем совершенствуются в ходе служебной деятельности в войсках. Одной из основных дисциплин, обеспечивающих выработку этих качеств, является тактико-специальная подготовка.

Тактико-специальная подготовка является основой для выработки ключевых компетенций интегральных компетентностей, которые дополняются модульно-боевыми, нравственными и социально-личностными качествами выпускника.

**Модернизация базовых шасси машин инженерного вооружения**

Котлобай А.Я.

Белорусский национальный технический университет

Одним из направлений модернизации парка машин инженерного вооружения может явиться диверсификация автотракторной гражданской техники, предполагающая доработку данной техники под стандарты Вооруженных Сил без изменения конструкции основных базовых агрегатов. В Беларуси наибольшее распространение получила пневмоколесная техника, используемая в качестве базовых шасси широкой гаммы технологических машин различного отраслевого применения, обеспечивающая необходимый уровень проходимости для выполнения практически всех видов работ в природно-климатических условиях Беларуси.

Основными требованиями, предъявляемыми к колесным базовым шасси машин инженерного вооружения, являются высокие тягово-сцепные качества, реализуемые при решении широкого круга инженерных задач.

В Республике Беларусь накоплен богатый опыт создания колесной базы землеройной техники. Минский тракторный завод выпускает широкую гамму колесных тягачей высокой проходимости для лесной отрасли.

Могилевский автомобильный завод разработал гамму колесных шасси, агрегируемых с землеройным оборудованием. Эти машины с шарнирно-сочлененной рамой оснащены гидромеханической трансмиссией и двумя ведущими мостами, обладают отличной проходимостью и высокими тяговыми показателями. Пневмогидравлическая подвеска позволяет развивать транспортную скорость до 45–50 км/ч.

Анализ показывает, что увеличение тягового класса пневмоколесных двухосных шасси приводит к увеличению габаритов ходового аппарата, при ограниченных габаритных возможностях по установке многофункционального технологического оборудования.

Одним из возможных направлений модернизации базовых шасси машин инженерного вооружения является создание пневмоколесных тягачей с числом осей более двух. Многоосные тягачи позволят заменить гусеничные базовые шасси машин инженерного вооружения при обеспечении достаточного уровня тягово-сцепных качеств и проходимости по грунту с низкой несущей способностью. Расширяются возможности установок инженерного вооружения, необходимого при решении широкого круга боевых задач, транспортабельности техники при использовании развитой сети автомобильных дорог Беларуси.

## Пути совершенствования практической подготовки военных специалистов в гражданских учреждениях образования

Крицков И.Г.

Белорусский национальный технический университет

В ходе дальнейшего развития Вооруженных Сил до 2010 года одним из главных направлений деятельности является дальнейшее совершенствование военного образования, направленного, прежде всего на повышение качества готовящихся военных специалистов. Повышение качества военнослужащего, как специалиста означает достижение нового уровня развития, при котором он приобретает новые характеристики и способности, удовлетворяющие современным потребностям.

Одним из основных направлений реформы системы военного образования является ориентация на подготовку специалистов в гражданских учреждениях образования Республики Беларусь. Анализ подготовки специалистов на военных факультетах и кафедрах гражданских высших учебных заведений в новых условиях, позволяет выделить ряд проблемных вопросов, которые требуют исследования с целью решения таких задач повышения качества подготовки специалистов как

- совершенствование системы довузовской подготовки абитуриентов к прохождению службы с участием в этом процессе военных факультетов;
- оптимизация системы профессионального отбора обучаемых – как первичного условия качества будущего военного специалиста;
- оптимизация организационно-штатной структуры образовательной системы;
- совершенствование управления качеством обучения и контроля;
- внесение изменений в программы и планы подготовки военных специалистов, с учетом увеличения практической направленности и обучения с опережением (т.е. учить тому, что будет необходимо данному специалисту на день выпуска при убытии в войска);
- повышение квалификации профессорско-преподавательского состава;
- совершенствование и внедрение новых форм и методов обучения, инновационных технологий в процесс обучения;
- совершенствование методики самостоятельной работы обучаемых.

Сегодня именно эти вопросы требуют проведения научных исследований с участием всех педагогических коллективов факультетов и кафедр, направленных на дальнейшее улучшение качества военных специалистов, готовящихся в гражданских учреждениях образования.

**Состояние и перспективы развития бронетанкового  
вооружения и техники**

Кузнецов С.С.

Белорусский национальный технический университет

Мировая практика показывает, что в последние десятилетия развитие обычных средств вооруженной борьбы вышло на качественно новый уровень. В этих условиях реальные перспективы не только решения боевых задач, но и выживания личного состава на поле боя без современной техники и вооружения практически сводятся к нулю. Это обстоятельство, а также высокоманевренный характер современных боевых действий обуславливает увеличение доли бронированных машин в Сухопутных войсках и силах специальных операций, повышение их боевых и технических характеристик. В силу разных причин в последнее время выдвигаются разные точки зрения в отношении использования бронетанкового вооружения в будущих конфликтах. Одной из них является игнорирование роли танков и тяжелого бронетанкового вооружения. При этом предпочтение отдается сочетанию «интеллектуального» высокоточного оружия дальнего боя с достаточно эффективными силами быстрого развертывания. Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов последних десятилетий как раз показывает, что за танками сохраняется ведущая роль в составе общевойсковых формирований как средства маневра вслед за огневым поражением противника и как основного боевого средства в ближнем бою. Современная военная наука говорит о том, что потребность в танках в ближайшем будущем сохранится, однако это должны быть современные машины. Подтверждением правильности оценки роли и места бронетанкового вооружения, в частности танков, является оценка их развития за рубежом. Государства, производящие танки, активно ведут работы по поиску принципиально новых технических решений, повышающих их основные боевые свойства. Танк должен обладать следующими характеристиками: иметь боевую массу не более 50 т, экипаж 2–3 человека; обладать способностью поражать цели на дальностях до 8 км; иметь активные и пассивные системы защиты, способные противодействовать всем видам современных и перспективных противотанковых средств; обладать повышенной скрытностью на поле боя; эффективно вести боевые действия на любых театрах военных действий (ТВД), в различных климатических и погодных условиях при применении как обычных, так и высокоточных средств поражения. Танки были, есть и остаются основной ударной силой в наземных операциях.

## Задачи и место учебно-методического кабинета в педагогической подготовке преподавателей

Лещинский Е.Л.

Белорусский национальный технический университет

Назначение учебно-методического кабинета:

- изучение руководящих документов, планов, программ;
- изучение основ педагогики, психологии и методов обучения;
- плановая методическая подготовка в системе занятий с молодыми преподавателями;
- тренировки в становлении техники речи;
- участие в научно-методических конференциях и семинарах;
- изучение методик подготовки к занятиям;
- подготовка и проведение пробных, показательных и открытых занятий, зачетных занятий на допуск к самостоятельному преподаванию (в полном объеме или фрагментно);
- проведение консультаций, тестирования, изучение ТСО и пользование ими;
- просмотр учебных кинофильмов, обучающих программ и т.д.;
- изучение и знакомство с передовым опытом, внедрение его в учебный процесс;
- подбор литературы по профессиональному становлению, педагогике, психологии методике обучения;
- подготовка преподавателей к очередному занятию с применением ТСО.

При учебно-методическом кабинете с сентября по май постоянно действует научно методический семинар. Задачи семинара:

- вооружение начинающих преподавателей глубокими знаниями по педагогике, психологии и методам обучения;
- глубже овладеть умением реализовать принципы обучения и воспитания;
- анализировать и обобщать опыт преподавательской деятельности;
- формировать педагогическое и психологическое мышление преподавателя.

Практика показала большую эффективность работы методического кабинета при серьезном отношении к его функциям со стороны кафедр. В течении уже первых месяцев занятий в методическом кабинете молодые преподаватели приобретают необходимые для проведения занятий знания и методические навыки

**Практические рекомендации по усилению идеологического аспекта  
в ходе преподавания учебных дисциплин**

Лихотыкин А.А.

Белорусский национальный технический университет

Общая цель обучения и преподавания военных дисциплин на военном факультете – это передача и усвоение будущими офицерами знаний военного дела, формирование навыков и умений эффективного использования знаний в различных ситуациях мирного и военного времени. Знания, умения и навыки курсантов в области военных дисциплин следует рассматривать в теснейшем единстве. Как единое целое они составляют основу профессиональной компетентности офицера.

Одним из условий усиления идеологического аспекта является научность преподавания военных дисциплин. Объективность, всесторонность, историзм, тесная связь с практикой – вот основные элементы научности преподавания военных дисциплин.

В ходе занятий целесообразно осуществлять увязку развития боевой техники с общим техническим прогрессом, показывать необходимость правильной эксплуатации вооружения для укрепления оборонной мощи нашего государства. Подчеркивать приоритет наших ученых и нашей техники, тем самым воспитывая у обучаемых чувство патриотизма и гордости за страну. Широко использовать принцип сотрудничества обучаемых и преподавателей. На лекционных, семинарских, практических занятиях необходимо показывать связь преподаваемых дисциплин с общественными, военными и техническими дисциплинами, убедительно доказывать роль каждой дисциплины в укреплении обороноспособности страны, ее место и задачи в формировании офицера, высококлассного специалиста.

Каждый преподаватель должен овладеть механизмом превращения знаний в убеждения и осознанные действия, разрабатывать и внедрять формы и средства воздействия, соответствующие современным прогрессивным методам обучения и воспитания, особенностям преподаваемого предмета.

Используемые в активных формах обучения методы взаимной оценки, контроля, самооценки, самоконтроля являются благоприятным условием для выявления, коррекции и формирования убеждений как важнейшего фактора усиления идеологической компоненты.

Практика показывает большую эффективность этих методов. Повышается активность курсантов в более глубоком изучении дисциплин.



## **Некоторые пути активизации работы курсантов на практических занятиях**

Лихотькин А.А., Осипенко Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Плодотворная практическая деятельность выпускников военных кафедр на закреплённой технике в войсках немыслима без формирования и развитая у курсантов потребностей в самостоятельном приобретении знаний, методических навыков к умений. Как показывает опыт, решение этих задач во многом зависит от степени эффективности практических занятий.

В начале практического занятия для контроля знаний курсантов, как правило, проводится «летучка». Во время проведения «летучек» преподаватель оказывается в роли строгого наблюдателя, а курсанты думают только о том, как бы воспользоваться заранее заготовленным материалом. Эффективность проведения контроля знаний курсантов достигается за счет постановки таких вопросов, на которые нет однозначных ответов в литературе.

Как правило, в начале обучения курсанты лихорадочно листают учебники, конспекты, пытаются найти ответы на поставленные вопросы «летучки». Однако основная масса курсантов (70–80%) вначале обдумывают поставленные вопросы, намечают пути их решения, а конспектами пользуются лишь с целью уточнения частных вопросов.

По окончании ответа курсанта группа обсуждает его достоинства и недостатки, в процессе ответа уточняет вопросы, вызвавшие затруднения. В то же время, чтобы стимулировать дальнейшую деятельность отвечающего курсанта, ему выставляется промежуточная оценка. Эту оценку он может на протяжении занятия как повысить, так и понизить в зависимости от его дальнейшей работы. Кроме того, использование на практических занятиях персональных ЭВМ и решение с их помощью индивидуальных задач позволило нам дополнительно интенсифицировать и индивидуализировать занятия, повысить производительность труда преподавателей, активизировать обучаемых.

Таким образом, проведение творческих «летучек», постоянное участие всей группы в обсуждении вопросов и решение индивидуальных задач на персональных ЭВМ позволяет, на наш взгляд, активизировать мыслительную деятельность обучающихся на занятии, стимулировать самостоятельное добывание знаний и индивидуализировать занятия, что в конечном итоге обеспечивает формирование творчески мыслящего, подготовленного к решению задач выпускника высшей военной школы.

**Роль и место инновационных технологий  
в учебном процессе**

Миронов Д.Н.

Белорусский национальный технический университет

С каждым годом происходит расширение области применения современных информационных технологий. Затронуло это и учебный процесс.

Первоначально преподаватель излагал материал голосом, применяя плакаты, мел и доску. Студенты, в свою очередь, старательно записывали материал дисциплин в общие тетради. С развитием современных технологий преподаватель применяет мультимедийное оборудование, с помощью которого может высветить необходимые схемы, рисунки фотографии и показывать учебные фильмы, увеличивая тем самым объем материала, который можно изложить на двухчасовом занятии. Студент в свою очередь, используя диктофон, «флешку», ноутбук, принтер, цифровой фотоаппарат может не вести нецифровой конспект или пропускать занятия.

При подготовке к экзамену, студенты уже не пишут «шпаргалки», а серийно их изготавливают с использованием принтеров и ксероксов.

В результате обучаемый при копировании, распечатывании и фотографировании выхватывает лишь поверхностное представление об изучаемой дисциплине. Накопленный цифровой материал исправно передается от старших курсов младшим, тем самым еще больше сокращая число студентов посещающих библиотеки и прочитавших книги по изучаемой дисциплине.

В настоящее время на кафедрах интенсивно разрабатываются учебно-методические комплексы, электронные тестирующие программы и презентационный материал для каждой дисциплины; отрабатываются программы. Высокая информативность занятия приводит к тому, что студент из-за большого потока информации плохо усваивает излагаемый материал и применяемые инновационный технологии теряют свою эффективность.

С дальнейшим развитием и внедрением информационных технологий в учебный процесс преподавателя читающего лекцию заменит электронный учебный фильм, демонстрирующий материал по изучаемой теме занятия и имеющий стандартные ответы на возникающие в процессе занятия вопросы. А преподаватель будет необходим для создания таких учебных фильмов.

**Некоторые вопросы организации и проведения самостоятельной подготовки и самостоятельной работы офицерами курсового звена**

Москальцов О.В.

Белорусский национальный технический университет

Самостоятельная подготовка и самостоятельная работа (СП и СР) являются основными видами учебных занятий на военном факультете, проведение которых, как правило, возложено на начальников курсов и курсовых офицеров (офицеров курсового звена). Задача и роль офицеров курсового звена заключается в том, чтобы организовать и направить учебную деятельность курсантов, а, следовательно, добиться выполнения целей СП и СР, как видов учебных занятий. Учебная деятельность курсантов на СП и СР наилучшего эффекта достигает тогда, когда происходит плановое, систематическое и целенаправленное управление этими видами занятий.

Для достижения максимального качества учебной работы курсантов и достижения учебных целей на СП и СР офицеры курсового звена должны уметь:

- планировать содержание самостоятельной подготовки и самостоятельной работы, особенно на младших курсах;
- эффективно руководить проведением этих занятий;
- оказывать курсантам помощь, как в организационном, так и в методическом плане;
- контролировать качество работы обучаемых.

Подготовка может носить текущий характер (организация и проведение СП и СР «на сегодня») и перспективный характер (планирование и организация СП и СР на предстоящую неделю).

Перспективная подготовка

Определение офицером курсового звена содержания самостоятельной подготовки и самостоятельной работы на предстоящую неделю может проходить на основе следующего алгоритма.

1. Изучение расписание занятий на следующую неделю.
2. Уточнение у преподавателей учебных задач по дисциплинам, занятия по которым будут проводиться на следующей неделе.
3. Определение и конкретизация, учебных задач.
4. Составление недельного плана организации и проведения СП и СР.
5. Постановка учебных задач личному составу на предстоящую неделю.

Осипенко Н.В.

Белорусский национальный технический университет.

Одним из важных вопросов в вооруженных силах является вопрос сохранения работоспособности машин в процессе длительного срока хранения. Коррозия поражает все металлические части машин, чем портит не только внешний вид, но и снижает их эксплуатационные свойства.

По механизму коррозионного процесса различают два основных типа коррозии: химическую и электрохимическую.

Вопросам проектирования антикоррозионной защиты автомобилей уделяют серьезное внимание все производители. Западные фирмы при выборе проектных решений тщательно изучают характер агрессивных воздействий, условия эксплуатации, моральный срок службы. При этом широко используются рекомендации фирм, производящих материалы для антикоррозионной защиты и располагающих лабораториями для исследования и обработки защитных систем из выпускаемых ими материалов.

Актуальность решения проблемы противокоррозионной защиты диктуется необходимостью сохранения природных ресурсов, защиты окружающей среды, повышения надежности и сохраняемости техники.

Таким образом, защита техники от коррозии определяется агрессивностью условий их эксплуатации. Наиболее надежными защитными системами металлических конструкций являются алюминиевые и цинковые покрытия.

Широкое распространение в автомобильной промышленности получили методы защиты металлических деталей с помощью лакокрасочных покрытий и полимерных пленок.

Среди многочисленных полимерных материалов, применяемых за рубежом в противокоррозионной обработке, значительное место занимают конструкционные пластмассы, а также стеклопластики, получаемые на основе различных синтетических смол и стекловолоконистых наполнителей.

Производство коррозионностойких сплавов само по себе уже является способом борьбы с коррозией, причем лучшим. Нержавеющая сталь и чугун, так же как и коррозионностойкие сплавы цветных металлов весьма ценный конструкционный материал. Однако применение таких сплавов не всегда возможно по причине их высокой стоимости или по технических соображениям.

**Проблемные вопросы восстановления автомобильной техники  
в оборонительной операции**

Пухальский Э.С.

Белорусский национальный технический университет

Своевременное восстановление вооружения и техники в ходе боевых действий является одним из основных условий обеспечения боеспособности войск и значительно влияет на выполнение боевых задач.

Опыт ведения боевых действий в Персидском заливе, Афганистане, Чечне показал, что существующая система восстановления автомобильной техники не в полной мере выполняет стоящие перед ней задачи по обеспечению подвижности войск, ремонтно-эвакуационные подразделения и части не отвечают требованиям современных операций по показателям автономности, мобильности, живучести, технологической делимости, управляемости, возможности быстрого выхода на нормативные производственные мощности в условиях подготовки и ведения боевых действий, не способны максимально охватить восстановлением имеющийся ремонтный фонд во всей полосе построения войск.

В ходе исследования разработана имитационная модель функционирования системы восстановления автомобильной техники соединения. Созданная имитационная модель даёт возможности провести исследования функционирования системы восстановления автомобильной техники и выработать предложения по совершенствованию организации восстановления неисправных машин в ходе ведения боевых действий войск.

Выполненные исследования и проведённые расчёты показывают, что в соединениях силами и средствами нештатных органов технической разведки за сутки боевых действий может быть выполнен комплекс задач по разведке только на 45–50 %.

Своевременная и оперативная эвакуация неисправной техники оказывает существенное влияние на обеспечение ремонтным фондом ремонтных органов, что будет способствовать более быстрому возвращению неисправных машин в строй.

Для эффективного выполнения задач по эвакуации предлагаются следующие пути их решения:

приближение ремонтных органов к ремонтному фонду (уменьшение плеча эвакуации);

увеличение возможностей эвакуационных средств;

уменьшение объёма эвакуации.

**Инновационные технологии в военном образовании**

Рогов А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Анализ инновационных технологий в военном образовании в Республике Беларусь и странах СНГ показывает, что прослеживается необходимость подготовки специалистов двойного назначения т.е.:

обеспечение выполнения программ подготовки граждан по военно-учётным специальностям;

возможность получения обучающимися в военно-учебных заведениях как военно-учётных, так и гражданских специальностей.

Проведение реформирования Вооруженных Сил выявило ряд проблемных вопросов в военном образовании, требующих принятия незамедлительных решений. Одним из таких вопросов является проблема несоответствия между содержанием ведомственных образовательных программ обучения военных специалистов и государственных требований к минимуму содержания и уровню профессиональной подготовки специалистов. Проблемы возникали также при сопоставлении квалификации военного специалиста.

Ряд проблем требующих инновационных решений и решаемых в настоящее время были вызваны возникшими противоречиями между необходимостью опережающего характера развития военного образования и его традиционным и в какой-то мере необходимым консерватизмом; ведомственными программами обучения военных специалистов и государственными требованиями к минимуму содержания подготовки специалистов; резко возросшим объемом требований к подготовке военного специалиста и жёстко фиксированным сроком освоения образовательных программ.

Одной из основ при подготовке военных специалистов определяется тесная связь с политическими и экономическими процессами государственной жизни. Одновременно с анализом состояния высших учебных заведений, перспектив их развития, а также описания процесса обучения, много внимания уделяется вопросам воспитания нравственных сторон личности офицера. Специалистами рассматриваются способы формирования ценностных установок офицеров старой, в основном русской, армии, отмечаются изменения статуса армии на различных исторических этапах. Осуществляется поиск путей повышения боеспособности армии посредством перестраивания системы ее образования и воспитания.

**Совершенствование преподавания военно-медицинской подготовки курсантам технического профиля**

Саевич Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

Учитывая высокую значимость в нашей республике вопросов сохранения и укрепления здоровья нации, в целях обеспечения высокого физического потенциала офицерских кадров, и выполняя государственную программу по подготовке военных кадров в Республике Беларусь, на военно-техническом факультете в БНТУ возобновлена традиция преподавания военно-медицинской подготовки для курсантов, младших командиров и офицеров запаса. Огромное внимание на факультете уделяется вопросам сохранения и укрепления здоровья офицеров и курсантов, формирования у них потребности в здоровом образе жизни. С целью смягчения периода адаптации и заложения надежного фундамента в формировании здорового образа жизни в учебной программе «Физическая культура» для первокурсников 8 лекционных часов отводится на беседы с курсантами по темам «Основы санитарно и гигиенического обучения и воспитания военнослужащих. Процесс адаптации военнослужащих», «Закаливание основополагающий фактор, формирующий здоровый образ жизни», «Формирование здорового образа жизни, сохранение здоровья военнослужащих в повседневной жизнедеятельности», «Основы рационального питания». Актуальность преподавания военно-медицинской подготовки будущим офицерам обуславливается тем, что одним из основных видов медицинской помощи, оказываемой на поле боя, в отсутствие медицинского работника, является первая помощь, осуществляемая военнослужащими в порядке само и взаимопомощи. В дисциплине «Техническая подготовка и вождение автомобилей» отведено 16 часов для обучения военнослужащих оказывать первую помощь при возникновении дорожно-транспортных происшествий. Знание основных приемов оказания первой помощи пригодится не только при ДТП, но и других чрезвычайных ситуациях. Чтобы действия были адекватными, помощь была действительно помощью, а не усугубляла положение, необходимо владеть хоть бы минимумом знаний в этой области при различных травмах и критических состояниях. Проводится анализ отзывов из войск, оценка его профессионально должностной подготовки, боевой теории вероятности, проводится сравнительный анализ, в том числе и по уровню военно-медицинской подготовки, при котором молодой офицер успешно будет выполнять задачи, поставленные перед ним как в мирное, так и в военное время.

**Формирование военно-исторического сознания у курсантов –  
важнейшая задача учебно-воспитательной работы**

Самусь В.Н.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время значительно оживился интерес к нашей отечественной истории вообще, и военной в частности. Это явление вполне можно объяснить как объективными, так и субъективными факторами:

на крутых поворотах истории всегда возрастал интерес к военно-историческому прошлому;

в отечественной военно-исторической науке процесс становления и развития отечественных вооруженных сил изображался нередко как беспроблемное победоносное шествие;

«историческое беспамятство» стало оборачиваться не только разрушением памятников военной истории, истории Отечества, культуры, но и разрывом преемственности поколений, даже родственных связей;

причинами позитивного сдвига в массовом военно-историческом сознании в последнее время являются публикации в газетах и журналах, передачи радио и телевидения.

В целях качественного налаживания учебно-воспитательного процесса по формированию научного военно-исторического сознания необходимо повысить интеллектуальную регенерацию, т.е. систему подготовки квалифицированных кадров военных историков, а также перестроить всю систему исследовательских военно-исторических учреждений и переосмыслить военно-историческое наследие всех времен.

Проведенные социологические исследования среди офицеров и курсантов показали, что у всех этих категорий уровень интереса к военной истории Отечества высокий, а уровень военно-исторических знаний является низким. И это не вина офицеров и курсантов, а их беда. Причин этому немало.

Во-первых, в этом во многом повинно школьное образование. Как показали социологические исследования, только около 50 % юношей, поступивших на факультет, имели отличные и хорошие оценки по истории Отечества.

Во-вторых, недостаточно гуманизировано высшее военно-специальное и военное образование.



**Модульно-рейтинговая система  
тактико-специальной подготовки курсантов**

Селивончик Н.М.

Белорусский национальный технический университет

В современных научно-технических и социально-экономических условиях основным требованием к профессиональной подготовке специалиста становится гарантированность формирования четко определенного уровня профессиональной компетентности, под которой следует понимать интегральное свойство личности, характеризующее стремление и способность (готовность) реализовать свой потенциал (знания, умения, опыт, личностные качества) для успешной деятельности в определенной профессиональной среде; интегрированная характеристика качеств личности, результат подготовки выпускника вуза для выполнения деятельности в определенных областях.

Это влечет за собой смену традиционных образовательных технологий, при которых невозможно оценить вероятность потенциального результата обучения.

Одной из уже апробированных и дающих положительные результаты педагогических технологий является модульно-рейтинговая технология обучения, основной акцент в которой сделан на виды и структуру модульных программ (укрупнение блоков теоретического материала с постепенным переводом циклов познания в циклы деятельности) и рейтинговые шкалы оценки усвоения.

Приняв целевую установку на повышение качества военно-профессиональной подготовки военного специалиста, мы разработали и апробировали модель модульно-рейтингового обучения тактико-специальной подготовки курсантов, интегрирующую достижения теории модульного обучения и рейтинговой системы контроля и оценки знаний.

Составляющими модели модульно-рейтингового обучения тактико-специальной подготовки являются: целевая компонента, ведущие принципы, специальные способы проектирования содержания обучения, сочетание методов, форм и средств обучения, а также рейтинговая, система контроля, самоконтроля, коррекции и оценки знаний.

Акцент в этой методике делается на виды и структуру модульных программ и рейтинговой шкалы оценки усвоения. Модульно-рейтинговое обучение позволяет интегрировать и дифференцировать обучение путем группировки материала в учебные модули, обеспечивать индивидуализацию учебной деятельности.

## Факторы, определяющие проблему подготовки офицерских кадров для инженерных войск

Селивончик Н.М.

Белорусский национальный технический университет



## **Организация и методика войсковой стажировки студентов по финансовому обеспечению воинской части**

Ситкович Д.Ф., Сержанович Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью обучения является формирование военного специалиста – офицера запаса Вооруженных Сил, способного выполнять функциональные обязанности по первичной офицерской должности в соответствии с полученной военно-учетной специальностью.

Обучение проводится в течение пяти семестров методом военного дня по 6 часов в день один раз в неделю. Начало обучения – весенний семестр второго курса

По завершении программы военного обучения в вузе, перед выпускным экзаменом, студенты проходят стажировку в войсках продолжительностью 30 календарных дней.

В практическом обучении студентов особое внимание уделяется выполнению студентами обязанностей помощника командира воинской части по финансово-экономической работе.

В ходе войсковой стажировки особое внимание обращается на приобретение студентами практических навыков по выполнению служебных обязанностей на первичных офицерских должностях финансово-экономического профиля в соответствии с осваиваемой военно-учётной специальностью и служебным предназначением.

Государственный выпускной экзамен за полный курс обучения по дополнительной образовательной программе подготовки офицеров запаса по военно-учётным специальностям проводится непосредственно на военной кафедре университета.

По прибытии студентов с войсковой стажировки начальник военной кафедры организывает проведение индивидуального зачета по оценке результатов её прохождения каждым студентом. Зачёт проводится на военной кафедре университета в течение дня.

Студенты, успешно прошедшие полный теоретический курс военного обучения, представившие установленные отчётные документы и успешно сдавшие зачет по выполнению программы войсковой стажировки, допускаются к сдаче Государственного выпускного экзамена за полный курс обучения по программе подготовки офицеров запаса.

Практика показывает необходимость тщательного планирования и взаимоувязки войсковой стажировки с выполнением конкретных задач в войсках.

**Организация самостоятельной работы курсантов**

Соболевский И.А.

Белорусский национальный технический университет

Преследуя цель повышения качества подготовки специалистов, следует наряду с сообщением определенных программных сведений, необходимо активно осуществлять управление процессом получения и усвоения знаний курсантами, особенно при их самостоятельной работе.

Решить эту задачу можно путем разработки и внедрение в процесс обучения современных, научно обоснованных учебных и методических пособий, которые по использованным в них способам представления знаний отходят от традиционного исполнения, характерного для большинства учебной литературы. При этом, учебные пособия должны выполнять функции: информационную, организационно-контролирующую, управляющую.

Управляющая функция проявляется в рубрикации, в текстовом выделении основных положений учебного материала, в наличии структурно-логических схем, выявляющих взаимосвязь учебных материалов, в обобщающих выводах.

Организационно-контролирующая функция проявляется при переходе к активным формам обучения, способствующим развитию у курсантов навыков самостоятельной работы. Вместе с тем мыслительную активность, позволяющую курсанту полностью раскрыть свои способности и ускорить процесс усвоения получаемой информации, необходимо организовывать в процессе обучения.

Постановка курсанта перед необходимостью выбора и принятия решения реализуется с помощью учебных пособий управляющего типа, в которых создаются условия для самоконтроля и самокоррекции в процессе самостоятельного изучения программного материала.

Такого рода пособие состоит из трех частей. Первая включает информационный текст, составленный на основании программы учебной дисциплины. Вторая, содержит вопросы к информационному тексту и выборочные ответы к ним, которые курсант должен подвергнуть анализу. Третья – консультации-комментарии к предложенным ответам на поставленные в предыдущей части вопросы.

Учебные пособия указанной структуры должны органически включаться в общий учебный процесс, определяя различные формы самостоятельной работы курсанта.

**Износ двигателей внутреннего сгорания при пуске и прогреве**

Стефанович В.Р., Тарасевич В.А.

Белорусский национальный технический университет

Существующее в настоящее время представление о распределении износа по времени в период пуска и прогрева сводится к тому, что наибольший износ происходит в начальный период работы двигателя, т.е. тогда, когда между деталями еще не образовалась устойчивая масляная пленка. Затем при прогреве двигателя, когда создаются условия для хорошей смазки его деталей, износ снижается. Пусковые качества дизелей значительно хуже, чем карбюраторных двигателей. При отрицательных температурах окружающего воздуха пуск дизелей вызывает большие трудности.

Большой износ после пусков холодного дизеля происходит вследствие высокой вязкости моторного масла обычного способа получения, которая при температуре пуска  $-20^{\circ}\text{C}$  примерно равна 29000 сСт. При предпусковом разогреве блока горячей водой вязкость масла, находящегося на поверхности деталей цилиндропоршневой группы, значительно понижается, в результате чего снижается и износ гильз цилиндров при пуске.

Кроме того, после пуска требуется определенное время для подачи на трущиеся детали двигателя достаточного количества масла и его прогрева до оптимальной температуры.

Продолжительность периода от начала пуска до достаточной скорости подачи масла из картера двигателя на трущиеся детали зависит не только от конструкции двигателя и устройства его масляной системы, но и от сорта моторного масла и способа пуска. Например, период масляного голодания при низких температурах пуска значительно меньше при заправке в двигатель моторных масел, имеющих небольшую вязкость. В этом случае двигатель очень быстро развивает необходимые для достаточной подачи масла к трущимся деталям числа оборотов коленчатого вала.

Таким образом, на изнашиваемость деталей двигателя в режиме пуска влияет много факторов: способ пуска, температура масла в картере и его сорт, температура окружающего воздуха, охлаждающей воды, деталей двигателя и т. д.

Рассмотренные вопросы требуют дальнейшего изучения и исследования. В этих целях целесообразно в рамках выполнения научно-исследовательских работ провести практическое внедрение предлагаемых решений.

**Требования к военно-профессиональной, тактико-специальной  
подготовке офицеров инженерных войск**

Тамело В.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Главные задачи высшей школы на современном этапе:

готовить специалистов, способных видеть перспективы развития своей отрасли, быстро осваивать новую технику и умело ее применять;

научить их квалифицированно решать задачи по организации порученной им работы и управлению коллективами, которые они будут возглавлять.

Всеми этими качествами, безусловно, должен обладать и офицер. Но военная служба, характер современного боя предъявляет к офицерским кадрам и свои специфические требования.

В целом общие требования к офицеру инженерных войск можно свести к следующим основным понятиям:

первое и самое главное требование состоит в том, что нужно готовить идейно убежденных, политически зрелых офицеров, которые должны быть примером беззаветной преданности и служения Родине;

второе требование – необходимо привить офицерам чувство высокой дисциплинированности и исполнительности, собранность, честность и правдивость, готовность и способность точно выполнять приказы начальников;

третье требование – надо выработать инициативу и самостоятельность, способность взять на себя ответственность за наиболее активные действия и решения, за исход боя и судьбы людей;

четвертое требование – необходимо развивать в офицерах их командирскую волю и организаторские способности;

пятое требование – следует научить офицеров умело обучать и воспитывать подчиненных;

шестое требование – нужно привить им высокую общую и военно-техническую культуру.

Содержание военно-профессиональной подготовки курсантов определяется на основе перспектив развития видов Вооруженных Сил, тактики и инженерного обеспечения боя. Определяются виды и сферы деятельности, в которых определяются ключевые компетенции и интегральные компетентности. При этом компетентность понимается как способность выпускника применять полученные компетенции адекватно обстановке.

**Методология педагогического эксперимента  
по инновационным технологиям**

Тамело В.Ф., Усов А.К.

Белорусский национальный технический университет

Эффективность инновационных образовательных технологий необходимо проверять (оценивать) в ходе педагогических экспериментов. На военно-техническом факультете в Белорусском национальном техническом университете разработана и внедрена в практику методика проведения педагогических экспериментов (ПЭК). Для проведения ПЭК определяются не менее двух учебных групп, контрольная и экспериментальная. В этих группах количество обучаемых должно быть примерно равным, занятия проводятся по одной и той же учебной дисциплине.

Практика показала необходимость проведения ПЭК по дисциплинам, в которых имеются все виды учебных занятий: лекции, семинары, групповые занятия и упражнения, тактические и тактико-специальные занятия. Часть из них проводится в поле и на военной технике. При выборе инновационных технологий определяющим является предполагаемая эффективность как по видам занятий, так и в целом по дисциплине. Основой ПЭК является правильное и полное формирование содержания инновационных технологий. Для примера приведем ПЭК по проблемному обучению и управляемой самостоятельной работе курсантов. Для проведения ПЭК был разработан «Задачник» – перечень проблемных заданий и проблемных ситуаций с определением их уровня сложности и оценки в баллах за решение этих проблем. Подобный задачник использовался на всех видах занятий в экспериментальной группе. Аналогичным образом были составлены «Творческие задания» на управляемую самостоятельную работу по изучаемой дисциплине. При этом содержание «Творческих заданий» способствовало более широкому освоению дисциплин. Некоторые из них в дальнейшем курсанты использовали в научной работе, при написании научных рефератов и выступлений на научных конференциях.

Результаты ПЭК подводились по итогам учебного года в контрольной и экспериментальной группах. При этом в контрольной группе занятия проводились по ранее принятой на кафедре методике. Результаты ПЭК оценивались по успеваемости, уровню полевой выучки, командных и методических навыков.

**Подготовка офицеров автомобильной службы  
в Вооруженных Силах Республики Беларусь**

Тарасенко П.Н., Цыганков В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Защита суверенитета и территориальной целостности независимого государства Республика Беларусь требовала создания собственных Вооруженных Сил, для успешного функционирования и развития которых необходимо было решить проблему подготовки офицерских кадров. В августе 1992 г. на базе Минского высшего военного политического училища создается Минское высшее военно-командное училище, предназначенное для подготовки офицеров сухопутных войск, в том числе и офицеров автомобильной службы. С образованием Военной академии Республики Беларусь, в 1995 г. на базе двух кафедр «Автомобильной техники» и «Инженерного обеспечения», а также курсантов автомобильной и инженерной специальностей был создан факультет инженерных и автомобильных войск. На факультете готовили офицеров для Министерства обороны Республики Беларусь, Комитета пограничных войск, КГБ, МВД, УЖДВ по двум специальностям: управление подразделениями инженерных войск; управление подразделениями автомобильных войск. Срок обучения – 4 года.

Однако в целях совершенствования системы подготовки военных кадров для Вооруженных Сил Советом Министров Республики Беларусь было принято постановление № 775 от 11 июня 2003 г. о создании четырех военных факультетов в учреждениях образования Республики Беларусь. С сентября 2003 г. ведется подготовка офицеров автомобильной службы на военно-техническом факультете в Белорусском национальном техническом университете. Для организации и проведения учебного процесса на факультете была создана кафедра «Автомобильной техники», начальником которой в 2003 г. назначен полковник Горюнов И.Г., а в 2006 г. – Капич В.В.

Факультет инженерных и автомобильных войск Военной академии провел в 2003 г. последний набор курсантов автомобильной специальности и организовал их выпуск в 2007 г.

Таким образом, мониторинг учебно-воспитательного процесса подготовки курсантов в БНТУ и результаты государственной выпускной комиссии 2008 г. свидетельствуют о том, что выпускник офицер автомобильной службы, имеет более высокий уровень теоретической подготовки, чем при бывшей 4-летней системе подготовки его в Военной академии.



Тарчишников А.А.

Белорусский национальный технический университет

Новые виды и формы вооруженного противоборства, отчетливо проявившиеся в ходе локальных войн и вооруженных конфликтов последних десятилетий, настоятельно требуют обратиться к основам военной теории – принципам ведения боя, переосмыслению их содержания, приведению их в соответствие с характером новой эпохи. В различные периоды этот принцип назывался по-разному: «принцип ударности», «концентрация сил», «частная победа», «численное превосходство», «массирование». Эти названия появились неслучайно – они отражали возникшие новые способы вооруженной борьбы. Но во все времена этот принцип считался главным. В послевоенный период в связи с обновлением средств вооруженной борьбы возникла необходимость поиска иных путей практического применения принципа сосредоточения основных усилий в наступлении и обороне. На первый план в достижении превосходства над противником в силах и средствах выдвинулись не столько количественное, сколько качественное соотношение. Под влиянием этого изменились и содержание самого принципа, и способы его применения. Материальной основой сосредоточения усилий стали выступать два взаимосвязанных компонента – огонь и удар войск при определяющей роли огневого фактора. Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов последних десятилетий настоятельно требует по-новому подойти к способам применения в операциях принципа сосредоточения усилий. Смысл состоит в том, чтобы этот принцип отвечал требованиям эффективного применения разнородных сил и средств, составляющих основу ударной группировки (авиационных, ракетно-артиллерийских, электронно-огневых, военно-морских, радиотехнических, информационно-психологических сил и средств). Это, в свою очередь, требует иных подходов к определению уязвимых мест в расположении противника. Раньше, как известно, слабым местом в боевом порядке являлись участки, занятые менее боеспособными войсками, стыки между частями, открытые фланги, используя которые, наступающий имел возможность быстрее проникнуть в тыл противника и подорвать оперативную устойчивость его обороны. Теперь же, когда центром сосредоточения основных усилий в расположении противника являются ядерные и огневые средства, авиация, крылатые ракеты, РУК, РОК, средства ПВО, РЭБ, важно установить сильные и слабые стороны именно этих элементов, определить, нарушение какого узлового звена наиболее реально и доступно для наступающего.

**Организация предварительного контроля работниками финансовых органов получателя бюджетных средств**

Тропец В.А.

Белорусский национальный технический университет

Внутренний финансовый и хозяйственный контроль подразделяется на три вида: предварительный, текущий, последующий. Каждый вид контроля осуществляется в формах, способствующих достижению соответствующих целей. Предварительный финансовый контроль осуществляется до совершения финансово – хозяйственных операций путем проверки сметно-плановых, договорных, расчетных и других документов с целью предупреждение нарушений. Финансовой службой применяются следующие основные формы предварительного контроля:

проверка сметно-плановых документов (расчетов потребности в денежных средствах, смет доходов и расходов, смет и др.).

предварительная проверка раздаточных ведомостей.

проверка заключаемых договоров начальником финансовой службы до их подписания командиром воинской части.

проверка расчетных и платежных документов (расчетно-платежных ведомостей, счетов, авансовых отчетов и др.) до их оплаты.

предварительная экспертиза документов и визирование начальником финансовой службы всех документов, представляемых командиру воинской части, связанных с расходованием денежных средств.

проверка финансовой и бухгалтерской отчетности.

Используются следующие 4 группы методов контроля:

1-я группа – методы документального контроля;

2-я группа – методы фактического контроля;

3-я группа – расчетно-аналитические;

4-я группа – информативные.

Организация предварительного внутреннего контроля в финансовом органе осуществляется путем: взаимодействия работников финансового органа с командованием воинской части, начальниками служб, командирами подразделений; ежемесячного планирования в работе финансового органа мероприятий самоконтроля; распределения функциональных обязанностей в финансовом органе.

Таким образом, предварительный финансовый контроль должен осуществляться систематически, постоянно, широким кругом должностных лиц, с использованием всех его разнообразных форм; чем систематичнее и последовательнее будет осуществляться этот контроль, тем значительнее будет его эффект, тем лучше будут его результаты.

**Военно-профессиональная подготовка студентов –  
проблемные вопросы**

Усов А.К.

Белорусский национальный технический университет

Основные направления по улучшению качества подготовки военных кадров:

1) для повышения качества военно-профессиональной подготовки студентов по программе младших командиров рассмотреть возможность перехода на другие сроки обучения;

2) для сокращения разрыва во времени между окончанием 1-го уровня подготовки и прохождением службы в войсках осуществлять набор студентов для обучения только на 1-м уровне (т.к. закончить 2-й уровень не успевают) после 2-го и 3-го курсов;

3) осуществлять набор для обучения значительно большего количества студентов, чем согласно заказа Министерства обороны;

4) для совершенствования практических навыков проводить в конце обучения на 1-м уровне подготовки сборы при воинской части не менее 1-й недели, а не методом военного дня; с началом прохождения службы в войсках планировать проведение сборов до 1-го месяца при воинских частях с целью восстановления и совершенствования полученных знаний навыков и умений, доподготовки с учетом произошедших за это время изменений в военном деле.

5) для совершенствования физической подготовленности при отборе на 1-й и 2-й уровни принимать нормативы по физической подготовке и учитывать результаты в конкурсном отборе; в ходе обучения не реже 1 раза в квартал проводить контрольные занятия;

6) совершенствовать систему работы кураторов учебных взводов;

7) для более достоверного анализа качества подготовки специалистов и оперативного внесения изменений и дополнений в учебные планы и программы продолжить совершенствование методики внутренней оценки качества подготовки обучаемых, совершенствовать систему взаимодействия с заказчиком для оперативного внесения дополнений и изменений в учебные планы и программы.

Исследования, направленные на поиск путей улучшения качества подготовки военных кадров, должны постоянно сопутствовать учебному процессу с целью его постоянного совершенствования. Немаловажное значение здесь должно иметь более тесное взаимодействие военных кафедр с деканатами, от которых осуществляется набор студентов.

## Дистанционное обучение в военном образовании

Усович В.В.

Белорусский национальный технический университет

Практика показывает, что в военном образовании целесообразно использовать для повышения эффективности процесса обучения – методы дистанционного обучения.

Преимущества технологий дистанционного обучения:

гибкость, модульность и вариативность, параллельность, многообразие источников информации, технологичность, модифицируемость, доступность, повышение учебной мотивации, экономичность и др.

Недостатки технологий дистанционного обучения:

существует целый ряд практических навыков, которые можно получить только при выполнении реальных (а не виртуальных) практических и лабораторных работ;

успешность обучения частично зависит от технических навыков в управлении компьютером, перемещении в Интернет и от способностей справляться с техническими трудностями;

сложность восприятия больших объемов информации с экрана;

обучаемые превращаются в некоторой степени в пассивных, и ряд других недостатков.

Целесообразно использовать технологии дистанционного обучения в комплексе с традиционными учебно-методическими средствами.

Для курсантов использование технологий дистанционного обучения эффективно на самоподготовке перед проведением практических занятий с целью закрепления материала.

Для студентов, обучающихся по программе младших специалистов методом военного дня (один раз в неделю), использование дистанционного обучения более как оправдано – сокращает время на теоретическое усваивание материала, что позволяет в ограниченной программой часами увеличить практическую составляющую, а также повысить качество подготовки специалистов в условиях ограниченной часами программой.

Практики подготовки курсантов и студентов на военно-техническом факультете показала большую эффективность дистанционного обучения в управляемой самостоятельной работе обучаемых.

Для этого разрабатывается перечень творческих заданий по каждой дисциплине, по которым курсанты впоследствии представляют отчеты.

Творческие задания выдаются индивидуально каждому курсанту, их цель – углубить знания по наиболее важным темам учебной программы, привлечь курсантов к научно-исследовательской работе.

**Интегрированная система средств защиты личного состава  
от радиационного, химического и биологического оружия**

Чижик В.В.

Белорусский национальный технический университет

Анализ основных направлений совершенствования радиационного, химического и биологического оружия (РХБО) в различных странах мира свидетельствует, что в настоящее время интенсивно ведутся работы по повышению эффективности поражающего действия традиционных и разработке перспективных его видов, основанных на новых принципах и технологиях. Поскольку РХБО широкомасштабно никогда не применялось, то и комплекс мероприятий по защите личного состава от его поражающих факторов в боевых условиях реально не проверялся. Формирование, развитие и изменение РХБО происходит на основе представлений о характере возможных войн и операций, результатов полигонных испытаний, опыта учений и прогнозной оценки масштабов и последней стадии применения оружия массового поражения. Каждый очередной этап развития или изменения средств поражения всегда сопровождается пересмотром требований к системе средств защиты войск. Создание интегрированной системы средств индивидуальной и коллективной защиты от РХБО позволит сократить номенклатуру изделий, обеспечить их взаимозаменяемость и совместимость, сократить трудоемкость технического обслуживания и ремонта, упростить систему материально-технического снабжения, снизить финансовые затраты на закупку новых образцов. Анализ боевого функционирования средств индивидуальной и коллективной защиты по обеспечению защищенности одних и тех же военнослужащих свидетельствует о необходимости создания (сохранения) нескольких групп унифицированных средств, применяемых на различных этапах боевых действий. В основу такого деления целесообразно положить возможность (вероятность) воздействия на человека тех или иных поражающих факторов, а также интенсивность выполняемой работы.

Предлагаемая структура и технический состав интегрированной системы средств индивидуальной и коллективной защиты военнослужащих от РХБО позволит обеспечить сохранение требуемого уровня боеспособности личного состава в условиях ведения современного общевойскового боя, а также снизить затраты на производство, эксплуатацию и ремонт элементов системы.

**Система отбора, подготовки и учета военных специалистов, обучающихся на военных факультетах гражданских учреждений образования**

Шмуляев Н.Г.

Белорусский национальный технический университет



**Система подготовки и повышения квалификации научно-педагогических кадров на военно-техническом факультете**

Шмуляев Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

На военно-техническом факультете в БНТУ разработана система подготовки и повышения квалификации научных кадров. Сущность системы состоит в следующем. Из числа выпускников ВТФ формируется научный резерв. Процесс создания научного резерва начинается путем отбора наиболее интеллектуально развитых, творчески мыслящих курсантов и студентов старших курсов. Индивидуальное изучение творческих способностей курсантов ведут опытные преподаватели. Результатом такого изучения является интеллектуальная карта выпускника. Структурно интеллектуальная карта включает склонности и способности личности, учет его научных работ, выступлений на научных конференциях, участие в конкурсах, олимпиадах и т.п. Отобранным кандидатам для включения в научный резерв выдаются обычно на 3–4-м курсе творческие задания. Творческие задания являются научным направлением для проведения исследований и написания рефератов, участия в научных конференциях, написания научных статей, изобретательской работы. Результаты этих исследований используются обучаемыми при разработке дипломных проектов. Особенностью образовательного процесса на военных факультетах высших учебных заведений является специфика формирования профессорско-преподавательского состава. На преподавательскую работу обычно назначаются офицеры, имеющие большой опыт работы в войсках или педагогический опыт в других учебных заведениях. Возраст их, чаще всего более 40–45 лет. Поэтому подготовка научно-педагогических кадров из числа этих преподавателей на военных факультетах ведется в форме соискательства. Одной из проблем в этой работе является большая нагрузка учебной и методической работой. Как на начальном периоде, так и в ходе работы диссертантов значительные трудности соискатели испытывают в руководстве их научной работой. Работа кафедр по руководству работой соискателей ведется также формально. Таким образом, получается так, что соискатели в большинстве своем, работают сугубо лично, без реальной помощи и контроля. Поскольку на военно-техническом факультете БНТУ своей адъюнктуры и аспирантуры нет, прикрепление соискателей проводится в других учебных заведениях.

**Минское гетто. 1941-1943 гг.**

Мазец Е.В.

Белорусский национальный технический университет

3 июня 2009 года белорусский народ будет отмечать 65-ю годовщину освобождения Беларуси от немецких оккупантов. Жертвами Второй мировой войны стали 57 миллионов человек. «Холокост» – уничтожение евреев Советского Союза, в том числе белорусских, – одна из наиболее мрачных сторон этой трагедии. В 1939–1945 годах нацисты истребили на территории Европы 6 миллионов евреев. Это был самый трагический период за всю историю еврейского народа. Большинство белорусских евреев погибло от рук нацистских палачей и их пособников в многочисленных гетто. Минское гетто было одним из самых крупных в Европе, а на оккупированной территории СССР занимало второе место по количеству узников после Львовского, которое насчитывало 136 тысяч человек. Среди погибших в этой войне около 20 родственников моего дедушки были убиты нацистами в Березинском районе, и более 10 родственников моей бабушки стали жертвами Холокоста в рабочем посёлке Гродзянка Осиповичского района Могилёвской области. Братья Залман и Велвел Фрумкины – одни из них. Решение о создании Минского гетто было принято 19 июля 1941 года – через три недели после захвата Минска немецкими войсками. Все евреи города должны были в пятидневный срок переселиться в отведенный для них район в северо-западной части города. Есть основания считать, что в годы войны в Минске кроме «большого гетто» существовало ещё два его филиала.

Первое («большое») гетто существовало с августа 1941 по 21–23 октября 1943 года (39 улиц и переулков в районе Юбилейной площади).

Филиалы:

«Малое» гетто, которое находилось в районе завода им. Молотова (теперь завода им. Ленина) с 1941-го до конца июня 1944 года.

«Малое» гетто, которое располагалось на бывшей кожгалантерейной фабрике имени Куйбышева и действовало с августа 1941 года до конца июня 1944 года.

Второе гетто – «Зондергетто» (часть гетто по ул. Сухой и Обувной). Здесь были помещены тысячи евреев, депортированных нацистами из семи стран Западной, Центральной и Восточной Европы. «Зондергетто» существовало с ноября 1941-го по сентябрь 1943 года.

Минское гетто просуществовало около 800 дней. Почти столько же в этом лагере смерти за колючей проволокой патриоты вели мужественную борьбу с оккупантами.



## Содержание

### Технические и прикладные науки

Судостроение и гидравлика	3
Энергетическое строительство	19
Геодезическое обеспечение строительства	52
Сопротивление материалов и теория упругости	66
Металлические и деревянные конструкции	72
Технология бетона и строительные материалы	86
Архитектура зданий и сооружений	104
Теория, история и перспективные проблемы современной архитектуры	135
Дизайн архитектурной среды	142
Градостроительство	152
Дорожно-строительные материалы и технологии	161
Диагностика автомобильных дорог, их ремонт и содержание	193
Транспортные сооружения	214
Строительные и дорожные машины	226
Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов	244

### Естественные и точные науки

Естественно-научные дисциплины	276
Математика и приложения	295
Математическое моделирование в прикладных исследованиях и учебном процессе	325
Математические модели механики сплошных сред, теории переноса и теории обработки информации	341
Физика	355
Теоретическая и компьютерная механика	403

### Военное дело

Военное искусство. Вооружение и военная техника.	
Военное обучение и воспитание. Военная история	411

Научное издание

НАУКА –  
ОБРАЗОВАНИЮ,  
ПРОИЗВОДСТВУ,  
ЭКОНОМИКЕ

Материалы Седьмой международной научно-технической  
конференции  
В 3 томах

Том 2

Ответственный за выпуск Л.Э. Ляшенко

---

Подписано в печать 28.10.2009.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 26,33. Уч.-изд. л. 20,59. Тираж 150. Заказ 1185.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.