

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ

**Материалы 15-й Международной
научно-технической конференции
(70-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных работников, докторантов
и аспирантов БНТУ)**

В 4 томах

Том 3

**Минск
БНТУ
2017**

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72я431

Н34

Редакционная коллегия:

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

Ф. А. Романюк – чл.-кор. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор;

А. С. Калиниченко – д-р техн. наук

В сборнике представлены материалы 15-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (70-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

ISBN 978-985-583-114-4 (Т. 3)

ISBN 978-985-583-112-0

© Белорусский национальный
технический университет, 2017

Технические и прикладные науки

Проектирование дорог

Применение солнечной энергии в дорожном строительстве

Голодок К.В., Добрынович Я.А., Шохалевич Т.М.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время загрязнение атмосферы в Республике Беларусь довольно существенно. Это обусловлено тем, что используется энергия при выработке которой выделяются загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу. Для того, чтобы снизить загрязнение окружающей среды, необходимо использование альтернативных источников энергии.

Сегодня известно большое количество альтернативных источников энергии, но для дорожного строительства наиболее подходящими являются:

- Геотермальная энергетика;
- Ветроэнергетика;
- Гелиоэнергетика (солнечная энергетика).

В Республике Беларусь возможна технология по применению солнечной энергии в виде солнечных панелей, используемых в покрытии дорожной одежды. Так как мощность солнечного излучения, попадающая на поверхность территории страны выше 1000 кВт/м^2 , этого достаточно для эффективной работы солнечной панели, а также территория, необходимая для обеспечения годовой потребности энергии, составляет менее 0.2 % от территории республики.

Основными плюсами данной разработки являются:

- • Экологическая чистота;
- • Использование вторсырья при производстве;
- • Возобновляемый источник энергии;
- • Безопасность.

Для первоначального внедрения покрытий из солнечных панелей можно использовать автомобильные стоянки, территории предприятий, тротуары, где скорость движения минимальна, что позволит не подвергать опасности людей, двигающихся с небольшими скоростями. А в дальнейшем использовать эту технологию на всей дорожной сети Республики Беларусь.

Применение фотоэлектрических элементов в дорожном строительстве кажется трудновыполнимой задачей, но если рассмотреть все аспекты этой технологии, то при правильном подходе и рациональном использовании материалов возможно создать качественный продукт.

Романов Н.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в Республике Беларусь и странах СНГ распространена практика укрепления грунтов разными способами и методами. В первую очередь к ним можно отнести такие способы как: укрепление грунтов поргладцементом, известью, кислотами и солями различного состава. Это устоявшаяся практика в укреплении, однако, укрепление грунтов можно вывести на совершенно другой уровень, если к имеющимся материалам добавлять различные добавки способные улучшить свойства имеющихся в разы. К такой добавке можно отнести разработку специалистов из ООО «Никель» под названием Nicoflok. Добавкой можно укреплять как пылеватые грунты, так и добавлять в цемент- и асфальтобетон для улучшения физико-механических характеристик. Полимерно-минеральная композиция Nicoflok представляет собой смесь активированного кремнезема, активированного цемента, соли кальция, соли натрия и смеси редиспергируемых порошков на основе лигнина, в частности, модифицированного лигнина, карбоновых кислот, нафталинсульфокислоты и формальдегида. Nicoflok не ядовит, не горюч, не опасен. При укреплении материалов поргладцементом совместно с полимерной добавкой Nicoflok образуется сложные пространственные структуры, состоящие как из кристаллизационных жестких, так и из коагуляционных пластичных связей, обеспечивается активный ионный обмен. В результате ионного обмена пленочная влага из материалов вытесняется и замещается поверхностно-активными веществами, входящими в состав полимерной добавки Nicoflok, придавая, таким образом, всей системе гидрофобные свойства. При этом разрушается электростатический потенциальный барьер в полимерной системе. В результате этих процессов ионы, содержащиеся в таких многокомпонентных системах, проникают внутрь кристаллической решетки минералов и вытесняют оттуда ионы H^+ и OH^- , что способствует образованию более прочной связи между пакетами кристаллов. Исследования показали, что добавка повышает прочность грунтов, обработанных цементом в 1,5-2 раза и увеличивает их морозостойкость на 10,8–33,0 %. Экономическая эффективность при устройстве грунтов, укрепленных цементом с добавкой Nicoflok, связана со снижением расхода ресурсов при обеспечении надлежащей прочности, надежности, гидрофобности всей несущей конструкции дорожных одежд.

Проектирование отмыкания распределительного проезда от основной дороги

Кононова Е.И., Корончик А.В.

Белорусский национальный технический университет

Согласно ТКП 509-2014 «Пересечения и примыкания» устройство сквозных распределительных проездов следует предусматривать в следующих случаях:

- на дорогах I-а категории при отмыкании и (или) примыкании более двух съездов развязки с одной стороны дороги;
- на дорогах I-а, I-б и I-в категорий при длине участка переплетения потоков менее 250 м между точками расхождения кромок (без учета укрепленных и остановочных полос) на соседних примыкающем и отмыкающем съездах развязки;
- на дорогах I-а, I-б и I-в категорий, если суммарная расчетная интенсивность движения на соседних примыкающем и отмыкающем съездах развязки превышает 600 авт/час;
- на дорогах I-а, I-б и I-в категорий, если величина основного радиуса в плане хотя бы одного примыкающего или отмыкающего съезда не превышает 30 м.

Распределительный проезд отделяется от полос движения основной дороги с помощью разделительной полосы шириной z . Для этого необходимо запроектировать прямую и обратную кривую. Согласно ТКП 509-2014 при отмыкании распределительного проезда от основной дороги, на обратной кривой может быть сохранен направленный во внешнюю сторону закругления поперечный уклон величиной 20%, если величина радиуса обратной кривой составляет 1000 м и более.

Таким образом до начала правоповоротного ответвления необходимо предусмотреть полосу отгона, полосу торможения и прямую и обратную кривую, каждая из которых имеет длину K .

Определяем минимальное расстояние L от конца полосы торможения до начала ответвления:

$$L = 2 * K = 4 * R * \tan(A/2), \quad A = \arcsin(z / K),$$

где A — угол отклонения оси распределительного проезда.

Задаваясь минимальными величинами радиуса кривых $R=1000$ м и шириной разделительной полосы с устройством ограждения на ней $z=2,7$ м, определяем величину угла отклонения равную 3° и минимальное расстояние L от конца полосы торможения до начала ответвления равное 104,8 м.

Определение минимального радиуса закругления на автомагистралях

Кононова Е.И., Дударчик А.

Белорусский национальный технический университет

Для обеспечения безопасности дорожного движения необходимо соблюдать расстояние видимости для остановки. Требуемое расстояние видимости - это участок дороги, который необходим водителю для полной остановки автомобиля на мокром покрытии перед неожиданно возникшим препятствием (например, конец затора).

Фактическое расстояние видимости получается из положения трассы в плане и продольном профиле, из поперечного профиля и препятствий видимости в дорожном окружении. Оно описывается лучом видимости между точкой взгляда и точкой цели, которые находятся на оси одной и той же полосы движения.

Для автомагистралей на левой кривой точки взгляда и цели находятся на наиболее слева удаленной полосе движения односторонней проезжей части, а на правой кривой и на прямой они находятся на наиболее справа удаленной полосе движения.

Основное влияние на фактическое расстояние видимости оказывают радиус кривой и расстояние от определяющей полосы движения до препятствия видимости. Это расстояние в свою очередь зависит от ширины полосы движения, ширины центральной разделительной полосы и ширины препятствия высотой более 0,9 м (ограждающие устройства, озеленение и т. д.).

Длина дуги, соединяющей точку взгляда и точку цели по оси полосы движения водителя, равна фактическому расстоянию видимости S . Расстояние между осью полосы движения посередине дуги и лучом зрения водителя f должно быть не больше, чем расстояние от оси полосы до препятствия $f_{тр}$.

$$f = R * (1 - \cos(S / (2 * R))), f_{mm} = b / 2 + n,$$

где b - ширина полосы движения,

n - расстояние от кромки полосы движения до препятствия (1,0 м).

Таким образом задаваясь различными значениями радиусов подбираем такой, чтобы f было равно $f_{тр}$. Так для дороги I-а категории при минимальном расстоянии видимости 350 м и ширине полосы движения 3,75 м минимальный радиус закругления равен 5325 м, а для дорог I-б, I-в категорий при минимальном расстоянии видимости 250 м и ширине полосы движения 3,5 м минимальный радиус закругления равен 2840 м.

Современные тенденции в городской планировке

Гатальский Р.К., Бураковская А.В., Жевнеренко А.С.
Белорусский национальный технический университет

Выделим основные схемы планировок городов: радиально-кольцевые, свободные, прямоугольные, прямоугольно-диагональные. С ростом городов и различных особенностей местности добавились разновидности: лучевая (веерная), комбинированная, радиальная, многоядерная (лепестковая), полосовидная.

Прямоугольной схемы обычно придерживаются молодые города, такой тип застройки очень любят страны: США, Канады, Мексики, некоторые города Европейского союза (Барселона, Мадрид) и др.

В существующее время город Минск особенно озадачен перепланировкой старых существующих районов и кварталов в центре города, а также грамотным присоединением новых микрорайонов. Основной задачей является увеличение безопасности на существующих улицах, создание новых улиц с высоким уровнем безопасности, и на реконструируемых.

В опубликованных исследованиях Maher M.J., Hughes P.C., Smith M.J., Ghali M.O. в 1993 году. Создав модель дорожной сети города, было определено влияние оптимального маршрута на расход времени в пути и ДТП. В полученном результате говорится, что наименьшее время проезда дало наибольшее количество ДТП и наоборот. Такой результат можно объяснить тем, что потоки распределялись равномерно по всей сети дорог, без перегрузок различных отрезков. Такое распределение существенно повлияло на создание конфликтных ситуаций на перекрестках, тем самым увеличив значительно количество ДТП.

Зная, что город Минск относится к радиально-кольцевой схеме с наименьшим коэффициентом непрямолинейности (1,05-1,1) и многочисленные водители пользуются спутниковой навигацией для нахождения кратчайшего маршрута, необходимо: грамотно функционально зонировать город, правильно классифицировать улицы (при создании новых и реконструкции), делать понятные схемы перекрестков для водителей и транспортные развязки, стараться применять оперативные методы для перенаправления и управления потоком, применять информационные табло для водителей (об изменении режима движения) в местах где это возможно (кольцевая, магистрали, выезды с торговых площадок, парковок, арен).

Внедрение интеллектуальных транспортных систем для повышения безопасности движения

Агатенко Я.Ю., Гайдукевич А.Г., Бородич А.А.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время большое количество людей гибнет при дорожно-транспортных происшествиях. Поэтому существует необходимость в совершенствовании методов повышения безопасности на автомобильных дорогах РБ. Одним из вариантов решения проблемы аварийности является внедрение интеллектуальных транспортных систем, которые способны обнаруживать и регистрировать опасный участок, а также предупреждать участников дорожного движения о приближении к нему.

В работе рассматриваются несколько вариантов для определения наиболее рациональной схемы внедрения интеллектуальных транспортных систем. Основные этапы рассматриваемой системы:

- 1) обнаружение опасного участка;
- 2) регистрация опасного участка в центре управления;
- 3) предупреждение участников дорожного движения о приближении к опасному участку.

Обнаружение опасного участка возможно с помощью детекторов, камер видеонаблюдения, сообщений очевидца инцидента. Детекторы должны быть установлены на наиболее опасных участках и нацелены на идентификацию опасности. Существующим камерам видеонаблюдения необходима функция передачи данных о текущем состоянии на дороге в центр регистрации аварийного участка. Очевидцы могут сообщать о возникших аварийных ситуациях в соответствующие службы либо с помощью мобильных приложений.

Регистрация опасного участка в центре управления может осуществляться с помощью интеллектуальных транспортных систем (необходима разработка программного пакета), связи интеллектуальные компьютерные системы + человек-оператор, а также информации от пожарной службы, милиции, скорой медпомощи и др.

Предупреждение участников дорожного движения о приближении к опасному участку рассматривается с помощью FM-радио, мобильных приложений, 3D-голограмм, уличного освещения, электронных табло.

В работе выявлена наиболее рациональная схема интеллектуальных транспортных систем: интеллектуальные детекторы совместно с камерами видеонаблюдения + интеллектуальные системы с присутствием человека-оператора + светодиодные фонари.

Определение наиболее значимых факторов при анализе эксплуатационного состояния автомобильных дорог

Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Динамические процессы взаимодействия автомобиля и дороги в различной степени определяются множеством факторов, к которым также относятся неровность дорожных покрытий и параметры движущихся автомобилей. Поэтому была поставлена следующая задача: выявить наиболее значимые из них и математически связать значения динамических нагрузок автомобиля с качеством дорожного покрытия и скоростью движения транспортных средств по нему. Задача в такой постановке пока не решена в достаточной степени, что и определяет актуальность и новизну исследований в данном направлении.

Наиболее достоверными при решении указанной задачи являются исследования в реальных условиях на реальных объектах. В связи с этим целесообразным является совмещение факторного эксперимента с испытаниями проверенной модели на ЭВМ с поэтапной фиксацией параметров рабочих процессов, проходящих в системе «автомобиль – дорога», комплексной оценкой влияния выбранных факторов и выбором их оптимального сочетания.

Была поставлена задача установить значимость факторов, определяющих величину максимальных и средних динамических нагрузок, а также характер изменения динамической нагрузки автомобиля в зависимости от эксплуатационного состояния автомобильной дороги (в частности, от неровности покрытий).

По результатам выполненных расчетов и исследований можно сформулировать следующие выводы: использование математической зависимости для оценки влияния нескольких внешних факторов на оптимизацию динамической нагрузки автомобиля на дорогу позволяет получить упрощенное и адекватное описание взаимодействия элементов в системе «автомобиль – дорога»;

при исследовании влияния неровностей дорожного покрытия на максимальные динамические нагрузки на дорогу степень влияния выбранных факторов определена в следующей последовательности: масса автомобиля, неровность покрытия и скорость движения транспортного средства.

**Технико-экономические проблемы ремонта и содержания
автомобильных дорог**

Солодкая М.Г., Ждан А.С., Кара А.А.
Белорусский национальный технический университет

Автомобильные дороги в Республике Беларусь оказывают огромное влияние на социальное и экономическое положение страны. От их состояния и уровня развития непосредственно зависят основные экономические показатели, валовой национальный продукт, уровень цен, доходы государственного бюджета и степень занятости населения. Без надежно работающей, экономичной, безопасной и экологически чистой сети автомобильных дорог невозможны перестройка экономической и социальной сфер, формирование рыночных отношений в народном хозяйстве.

Транспортные средства, природно-климатические условия оказывают влияние на состояние автомобильных дорог. Для поддержания надлежащего транспортно-эксплуатационного состояния существующих дорог необходимо выполнять всевозможные виды дорожно-ремонтных работ. Особо значимыми являются вопросы эксплуатации автомобильных дорог, их содержания и ремонта. Поэтому, значимыми являются вопросы эксплуатации автомобильных дорог, их содержания и ремонта.

Технико-экономические проблемы ремонта и содержания автомобильных дорог разрешимы следующими способами:

- увеличение прочности дорожных одежд, необходимой для проезда транспортных средств с осевыми нагрузками до 13 тонн на ось;
- рациональное использование выделяемых финансовых средств, а так же поиск новых источников финансирования;
- повышение безопасности движения с целью обеспечения снижения количества ДТП;

Выполнение всего комплекса мероприятий обеспечит увеличение скорости сообщения, уменьшение всех видов потерь.

При оценке экономической эффективности в ремонт и содержание автомобильных дорог необходимо использовать системный подход, то есть исходить из показателей производительности и себестоимости перевозок. Состояние дорожной сети, уровень безопасности и комфортности движения, высокий скоростной режим напрямую определяют окупаемость автомобильных перевозок и в целом стимулируют развитие бизнеса и сопутствующих сфер хозяйственной деятельности.

Повышение эффективности работы дорожных организаций

Кара А.А., Ждан А.С.

Белорусский национальный технический университет

Повышение эффективности деятельности строительных предприятий обеспечивается путем разработки и внедрения мероприятий, рекомендаций и решений, направленных на создание благоприятных условий внешней и внутренней среды.

В области дорожной инфраструктуры предусматривает решение трех основных задач:

- сохранение и модернизация уже существующих дорог, завершение начато строительства, преодоление тенденций к разрушению дорожной сети;
- приоритетная модернизация и развитие опорной дорожной сети, в первую очередь - автомагистралей в составе международных транспортных коридоров, а также автодорог, обеспечивающих целостность экономического пространства страны;
- совершенствование и развитие сети региональных и муниципальных автодорог для реализации потенциала территорий, городов и сел.

Эффективность деятельности дорожно-строительного предприятия зависит от взаимодействия различных групп факторов внешней и внутренней среды, а также определяется интегральным показателем эффективности деятельности, который учитывает рациональное сочетание между собой всех видов ресурсов, особенности дорожно-строительного производства, влияние факторов внешней и внутренней среды, а также тип ситуации, в которой находится дорожно-строительное предприятие.

Предприятия дорожного хозяйства обладают уникальными по своему составу средствами труда и кадрами специалистов, а также наличием производственных мощностей общего назначения, которые могут быть использованы для выполнения строительных и ремонтных работ не только в транспортном, но и в других видах строительного производства. Трудовые ресурсы играют огромную роль в деятельности дорожной организации. Эффективность производства зависит от квалификации рабочих, их расстановки и использования, что, в свою очередь, влияет на объем и темп прироста вырабатываемой дорожно-строительной продукции, использование материально-технических средств. В дорожных организациях всегда существуют определенные альтернативы выбора наилучшего использования своих ресурсов в сложных конъюнктурных обстоятельствах, а также повышению норм труда.

**Изменение пропускной способности дорожных развязок
в разных уровнях при увеличении числа полос движения
на пересекаемых дорогах**

Жук А.А., Дерман Н.И., Селюков Д.Д.
Белорусский национальный технический университет

Под пропускной способностью дорожной развязки понимают наибольшее количество транспортных средств, которые могут изменить направление движения на дорожной развязке в единицу времени при максимальной интенсивности движения на автомобильных дорогах, подходящих к узлу.

Пропускная способность дорожной развязки в разных уровнях зависит:

- от конструктивных особенностей дорожной развязки;
- от количества слияния, разветвления и переплетения транспортных потоков;
- от наличия и количества горловин;
- от особенностей вливания и ответвления поворотного транспортного потока от основного транспортного потока.

Известны методики определения пропускной способности дорожной развязки:

- по условию, когда возможно вливание наибольшего количества автомобилей поворотного транспортного потока в основной транспортный поток. При этом состояние основного транспортного потока рассматривают как состоящий из трех и из пяти компонентов;
- методом коэффициентов пропускной способности, представляющим отношение максимального количества автомобилей (%), которые могут свернуть на дорожной развязке вправо или влево, к суммарной пропускной способности дорог, подходящих к узлу (%).

Для каждой дорожной развязки в разных уровнях изменяется пропускная способность, а поскольку она зависит от суммарной пропускной способности дорог, подходящих к узлу, то возникает задача, как изменяется пропускная способность дорожной развязки при увеличении числа полос движения на автомобильных дорогах, подходящих к узлу.

Решение этой задачи неразрывно связано: с областью применения дорожных развязок в разных уровнях, с подбором конкурентоспособных полных дорожных развязок, с выбором стадийности строительства дорожной развязки при увеличении числа полос движения на автомобильных дорогах, подходящих к узлу.

Повышение эффективности конструкции шумозащитных экранов

Жуковский Е.М., Шохалевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

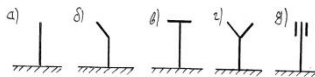
Шумовое воздействие негативно сказывается не только на общем психическом состоянии человека, но так же вызывает его физическую утомленность, что негативно сказывается на производительности труда.

На уровень шума влияют факторы: транспортный поток, дорожное покрытие, планировочное решение территорий и наличие зеленых насаждений.

Ограничение движение не всегда возможно, поэтому для защиты от транспортного шума используют шумозащитные экраны. В работу экранов положены принципы дифракции звука и его отражения и поглощения.

Важный аспект дифракции – разность длины δ между траекторией от источника через вершину экрана до приемника и прямого пути от источника к приемнику при отсутствии между ними препятствий, поэтому, для повышения эффективности классических шумозащитных сооружений необходимо увеличение их геометрических параметров.

Повышение эффективности шумозащитных экранов может вестись по нескольким направлениям: применение звукопоглощающих материалов, изменение конфигурации экрана (б), применение различных надстроек на свободном ребре (в-д).



Эффективность экранов, обработанных звукопоглощающими материалами зависит от свойств применяемых материалов.

Изменение конфигурации экрана и применение надстроек влияет на разность траекторий δ , увеличивая ее.

Надстройки позволяют не столько уменьшить высоту существующего экрана, а увеличить снижение звука при существующих габаритах.

Эффективность применения надстроек на свободном ребре

| Тип экрана | С консольной надстройкой | С Т-образной надстройкой | С параллельной надстройкой |
|---|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Дополнительное снижение уровня звука, дБА | 0–0.32 | 0–3.6 | 0.1–0.3 |
| Снижение высоты | 4% | 35% | 4% |

Направления модернизации транспортной развязки «Клеверный лист»

Яцевич И.К., Давыденко Д.Б., Коледа А.А.
Белорусский национальный технический университет

Наиболее распространенной двухуровневой полной транспортной развязкой является «Клеверный лист» вследствие относительно малой стоимости. На развязке «Клеверный лист» имеются четыре участка переплетения потоков. Пропускная способность полосы переплетения определяет пропускную способность всей транспортной развязки.

Для повышения пропускной способности полосы переплетения до 1800 авто/час предусматривают увеличение длины полосы переплетения до 250 м и устройство сквозного распределительного проезда.

Повышение пропускной способности и качества транспортного обслуживания осуществляется модификацией транспортной развязки «Клеверный лист» путем устранения одного или нескольких участков переплетения при одновременном улучшении параметров трассы развязки.

При наличии на пересечении дорог одного мощного левоповоротного транспортного потока взамен петлеобразного соединительного ответвления предусматривают полупрямые ответвления. Оно исключает два участка переплетения потоков.

Полупрямые ЛПО могут проектироваться как элементы кольца, огибая часть транспортной развязки. Их называют улучшенными огибающими левоповоротными соединительными ответвлениями. Полупрямые ЛПО могут проектироваться как самостоятельный элемент вне основной трассы, направленный по кратчайшему расстоянию к сопрягаемой проезжей части. Их называют улучшенными направлениями ЛПО.

При наличии на пересечении дорог двух левоповоротных транспортных потоков с большой интенсивностью движения заменяют два петлеобразных ЛПО на улучшенные огибающие или направленные.

Координально улучшает условия движения на левоповоротных направлениях применение прямых левоповоротных соединительных ответвлений взамен петлеобразных ЛПО.

Прямые ЛПО на двухуровневых транспортных развязках «Клеверный лист» требуют отдельного трассирования встречных направлений основных проезжих частей дороги категории I на развязках. В практике проектирование транспортных развязок такого типа нашла применение схема «Раздвинутый клеверный лист».

Материалы, применяемые при устройстве дорожной разметки

Федорович В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Дорожная разметка позволяет без лишних финансовых затрат улучшить движение автомобилей и пропускную способность дороги, а также снизить количество дорожно-транспортных происшествий более чем на 20 %.

Для этих целей применяют различные дорожные разметочные материалы, среди которых следует отметить краски, термопластики, холодные пластики и светоотражающие материалы. Вместе с тем во многих странах ведется разработка новых более эффективных технологий нанесения разметки на дорожные покрытия и создание новых дорожных маркировочных материалов с улучшенными качествами.

Предлагается обратить внимание на один из перспективных способов повышения качества оптических свойств разметочных материалов, применения которого позволяет сделать разметку более четкой, яркой и видимой на достаточно больших расстояниях. Такие материалы могут быть получены путем применения технологий, повышающих светоотражающий эффект. Состояние разметки, ее долговечность определяются как свойствами материала, из которого она выполнена, так и условиями эксплуатации.

Обязательным требованием при нанесении разметки на автомобильных дорогах является использование светоотражающих материалов. Светоотражающие свойства покрытию добавляют стеклянные микршарики, которыми посыпают свеженанесенную дорожную разметку. Лучи света от фар попадая на дорожную разметку, частично отражаются от внутренних поверхностей микрошариков и возвращаются в сторону водителя.

Для повышения износостойкости дорожной разметки используют холодный пластик. Это двухкомпонентная система, в которой вторым компонентом является отвердитель, поставляемый отдельно. Он вводится в композицию непосредственно перед нанесением разметки.

Наряду с красками для дорожной разметки широкое распространение получили термопластичные материалы. Их преимущество перед красками состоит в том, что толщина наносимого слоя увеличивается до 1,5 - 4,0 см, и поэтому срок службы разметки продлевается до нескольких лет.

Правда, при этом и стоимость работ по разметке увеличивается в 3 - 4 раза. Преимущество этих материалов перед холодными пластиками состоит в полностью механизированном способе нанесения. Однако при работе с ними необходимо уделять большое внимание безупречной работе термометров, контролирующих температуру в котлах разметочных машин, так как

превышение температуры сверх допустимой приводит к термодеструкции полимера и ухудшению качества термопластика.

Спрей-пластик для дорожной разметки – еще один вид материала, предназначенного для повышения безопасности дорожного движения путем создания маркировочных линий. Также спрей-пластик может использоваться для обновления уже существующей дорожной разметки цементобетонного или асфальтобетонного покрытия. В случае правильного нанесения спрей-пластика на дорожное покрытие можно добиться повышения износостойкости разметки в сравнении с маркировкой, созданной с помощью краски.

Полимерные ленты представляют собой изделия полной заводской готовности и применяются при изготовлении линий, символов и надписей горизонтальной продольной и поперечной дорожной разметки проезжей части дорог и улиц.

Ленты белого цвета, а также желтого цвета используются для постоянной разметки, а ленты желтого цвета и оранжевого цвета для временной разметки дорожного полотна.

Наличие на автомобильных дорогах и улицах населенных пунктов современных технических средств организации движения, позволит не только повысить безопасность движения, но и создаст более комфортные условия работы водителей, повысит пропускную способность существующей сети дорог.

Работа выполнена под руководством доцента Мытько Л.Р.

УДК 625.7/8.004

Использование геоинформационных технологий при проектировании и содержании автомобильных дорог

Тихон К.Н.

Белорусский национальный технический университет

Геоинформационные системы (ГИС) активно используются в управлении и содержании автомобильных дорог и городских улиц, при выборе различных мероприятий по улучшению их эксплуатационных качеств. Используя ГИС дорожные специалисты могут получать данные, включающую в себя всю паспортную информацию такую как: геометрические параметры, типы и состояние дорожных покрытий, расположение водопропускные трубы, наличие препятствий на дороге, а также характеристик режима движения транспортного потока и его состав. С помощью геоинформационных систем можно решать следующие задачи:

– создание цифровых баз топографических объектов;

- обеспечение взаимодействия ГИС с базой данных паспортов автомобильных дорог;

- разработка и реализация процедуры динамического представления дорожных объектов в ГИС по информации, полученной из информационных серверов;

- разработка и создание интерфейсных средств для работы пользователей информационной системы с картографической базой данных (организация запросов, выполнение операций пространственного анализа, создание отчетов, включающих схемы и карты и др.);

- создание технологий обновления и корректировки картографических данных о дорожной сети, на основе полевых геодезических измерений, полученных в результате паспортизации автомобильных дорог;

- определять участки автомобильных дорог, требующих ремонта;

- организовывать дорожное движение на основе существующей дорожной обстановки;

- определять расстояния и площади, с помощью которых можно посчитать объем работ;

- составлять для отчётности ведомости наличия и технического состояния инженерного оборудования;

- проверять качество проведенных ремонтных работ.

Можно выделить три основных направления развития геоинформационных систем.

1. ГИС, как основа подсистемы принятия управленческих и инженерных решений.

2. ГИС в качестве рабочего места сотрудника.

3. ГИС, как основа системы мониторинга сети автомобильных дорог.

Дальнейший этап работ по развитию ГИС предполагает решение следующих задач:

- решение специальных задач автодорожной отрасли с использованием аналитического аппарата, предоставляемого ГИС-системами (решение транспортных задач, пространственный анализ сетей и соседства, геокодирование и др.);

- разработка и создание технологии обработки информации в Интернет/Инtranет сетевых средах и интерактивных средств удаленного доступа к картографической информации;

- продолжение наполнение тематической информацией баз пространственных и семантических данных, создание системы по актуализации информации;

- создание высококачественной картографической продукции, отображающей состояние и различные характеристики автомобильных дорог на основе имеющейся картографической базы данных.

Вся информация геоинформационных систем представлена в электронном виде и легко обрабатывается и хранится на различных записывающих устройствах.

Работа выполнена под руководством доцента Мытько Л.Р.

УДК 625.72 (096):656

Исследование аварийности на дорожных развязках

Железный Н.А., Яцевич А.Ю., Селюков Д.Д.

Белорусский национальный технический университет

Термин обозначает строго определенное понятие, сопряженное с существенным признаком объекта. Определение – это логическая операция, раскрывающая содержание термина.

Пересечение, примыкание, разветвление и звездообразное пересечение автомобильных дорог представляет собой узел в одном или разных уровнях, который требуется «развязать» техническими средствами при помощи конструктивных элементов, находящихся в функционально-конструктивном единстве.

В действующих технических нормативных правовых актах (ТКП 45.3. 03-19-2006, ТКП 509-2014, СТБ 3.03.02-97, СТБ 1291-2007) используют термин «пересечение дорог» и «транспортная развязка». В Правилах дорожного движения, СТБ 1300, Конвенции о дорожном движении, Конвенции о дорожных знаках и сигналах используют термин «перекресток».

В связи с тем, что развязывается узел автомобильных дорог в одном или разных уровнях, а не транспорт, правомерно в 1986 году ВНИИПИ бывшего СССР заменили в термине «транспортная» на «дорожную». (См. Госкомитет СССР по делам открытий и изобретений. Обзорная информация. Гоник В.С., Калмыкова И.С., Виноградова М.Е. и др. Технические решения дорожных развязок и транспортных узлов и их охраноспособность. – М.: ВНИ ИПИ, 1986. – 80 с.). При развитии науки и техники термины и определения уточняются и совершенствуются. Налицо очевидный признак объекта, но разработчики ТНПА его не учитывают, придерживаясь устаревших терминов.

На дорожных развязках в одном и разных уровнях совершаются дорожно-транспортные происшествия. Работники УГАИ МВД Республики Беларусь фиксируют на дорожных развязках: в одном и разных уровнях без дифференциации по видам; в разных уровнях как на перекрестках. Дорожные развязки в одном уровне в статистической отчетности ДТП подразделяют на нерегулируемые (от 60,1 д 78,4 % ДТП), регулируемые

(от 15,7 до 31,6 % ДТП) и регулируемые автоматизированными системами (от 5,9 до 8,3 ДТП). На дорожной развязке в разных уровнях типа «Клеверный лист» они выделяют 16 перекрестков. В карточках учета дорожно-транспортных происшествий и «Аналитическом сборнике. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь» отсутствуют данные об аварийности на дорожных развязках в разных уровнях, что является объективным негативом, из-за которого нельзя решить ряда практических задач, стоящих перед дорожной отраслью. Без данных об аварийности на дорожных развязках нельзя своевременно и научно обоснованно решать вопрос о перестройки их в более совершенный тип.

УДК 625.72

Влияние дорожных условий на безопасность движения

Терехова Л.О., Лабанов П.А.

Белорусский национальный технический университет

Вопросы безопасности движения по автомобильным дорогам приобретают с каждым годом все большее значение в связи с ростом парка автомобилей и интенсивности движения. Ежегодно на автомобильных дорогах и улицах среднем регистрируется более 4 тыс. случаев дорожно-транспортных происшествий, повлекших гибель или ранение людей. По этой причине борьба за безопасность движения является общей задачей автомобилистов и дорожников.

Основное условие обеспечения безопасности - дисциплина вождения автомобилей. Водитель должен, избирая режим движения, учитывать время суток, погоду, конструктивные особенности автомобиля, дорожные условия и строго подчиняться требованиям правил движения и установленных дорожных знаков, а также оперативным указаниям работников службы регулирования движения. Большую роль играет культура вождения, при которой каждый водитель обязан обеспечивать безопасность движения всего потока автомобилей.

Не менее важно для обеспечения безопасности предупреждение возникновения аварийных условий на дорогах еще при проектировании и в процессе последующей их эксплуатации с тем, чтобы водитель, строго соблюдающий правила движения, был гарантирован от возможности дорожно-транспортного происшествия. Обеспечение безопасности движения главный критерий при нормировании требований к элементам плана и продольного профиля автомобильных дорог и при назначении мероприятий, проводимых службой эксплуатации дорог для сохранения

постоянных транспортных качеств дороги в переменных погодных условиях.

Большую роль в обеспечении безопасности движения играют основные технико-эксплуатационные показатели автомобильной дороги. К числу таких относят: геометрические размеры земляного полотна, ширина и состояние обочин, ровность и шероховатость покрытий, видимость на кривых в плане и продольном профиле, освещённость участков дороги в ночное время суток, наличие разметки на проезжей части, качество инженерного обустройства, наличие средств регулирования в соответствии с фактической интенсивностью движения. Поэтому, влияние дорожных условий на безопасность движения закладывается в процессе проектирования дорог, а реализуется в процессе эксплуатации дорог.

Значительное число ДТП происходит в результате съездов транспортных средств с дороги, наездов на опоры путепроводов, мачты освещения и различные объекты на придорожной полосе. Для снижения тяжести последствий подобных ДТП и предотвращения съездов с дороги осуществляют мероприятия, повышающие пассивную безопасность дорожного движения. Так конструкция ограждений должна обеспечивать высокое энергопоглощение кинетической энергии транспортного средства при плавном снижении скорости наезда на ограждение; исключать возможность возникновения значительных замедлений и деформаций транспортного средства; не допускать попадания транспортного средства в опасную зону в результате деформаций и разрушений ограждений; исключать опрокидывание или отбрасывание транспортного средства в транспортный поток; зрительно предупреждать водителя о границах и характере опасной зоны.

Неровность покрытия являются причиной 13-18% ДТП, связанных с неблагоприятными дорожными условиями. Характер возникновения ДТП заключается в необходимости неожиданного изменения скоростного режима (экстренное торможение), маневра в плане или одновременного совершения этих двух действий. При наличии попутного и встречного транспортных потоков вероятность столкновения в этих случаях резко возрастает. Кроме того, неровности вызывают колебания подвески, что может привести к потере управляемости. Колебания прицепов и полуприцепов автопоездов приводят к увеличению динамического коридора движения, что также увеличивает вероятность столкновения и возможность потери боковой устойчивости. Наличие неровностей на дорогах повышает утомляемость водителей, отвлекает их внимание от восприятия других объектов на дороге, снижает пропускную способность дороги и в конечном итоге снижает производительность подвижного состава.

Плавность хода и минимальные затраты мощности на сопротивление качению автомобиля, особенно при движении с высокими скоростями, достигаются на идеально ровной и гладкой дороге. Сила удара колес о неровности дороги возрастает пропорционально квадрату скорости. Поэтому, например, при движении со скоростью 50 км/ч отдельные неровности высотой до 10 мм практически не сказываются на плавности хода автомобиля, при скорости же 90 км/ч они вызывают ощутимое подбрасывание колес. Конечно, покрытие дороги не может быть идеальным, оно всегда имеет неровности. Но с точки зрения водителей эти неровности должны быть такими, чтобы толчки от них полностью поглощались благодаря деформации шин. С другой стороны, идеально гладкое покрытие - серьезный недостаток дороги, так как при этом резко снижается коэффициент сцепления колес с дорогой. Поэтому покрытие автомобильных дорог должно иметь шероховатость с выступами и углублениями в 3-5 мм. С такой шероховатостью покрытия дорога зрительно воспринимается как совершенно ровная, и ее можно считать в наибольшей степени отвечающей требованиям безопасности и достаточно высокой комфортабельности движения.

Безопасность движения по дорогам может быть достигнута только при условии одновременного проведения комплекса мероприятий:

- совершенствования конструкции автомобилей и других транспортных средств; содержания транспортных средств в надлежащем техническом состоянии;

- строгого соблюдения водителями и пешеходами не только правил дорожного движения, но и высокой культуры вождения и взаимной вежливости;

- обеспечения необходимых элементов как плана, так и продольного профиля дорог, которые дают возможность движения автомобилей с высокими расчетными скоростями;

- поддержания дорожно-эксплуатационной службой высоких транспортных качеств дорог путем обеспечения необходимой прочности, ровности, коэффициента сцепления покрытий, необходимых расстояний видимости;

- надлежащей информации водителей о дорожных условиях в пути следования и правильном режиме движения путем установки дорожных знаков, издания маршрутных дорожных схем и карт, использования сети местного телевидения и радиовещания и других средств массовой информации.

Официальная статистика относит к числу дорожно-транспортных происшествий, вызванных неудовлетворительными дорожными условиями, сравнительно небольшой процент, полагая, что подавляющее

число происшествий возникает в результате неправильных действий водителей. Более глубокий анализ обстоятельств возникновения дорожно-транспортных происшествий показывает, что во многих из них проявлялось сопутствующее влияние дороги, осложнившей управление автомобилем или предопределившей ошибки водителей.

Дорожно-транспортные происшествия чаще всего возникают в местах, где водители сталкиваются с внезапным осложнением дорожных условий, вызывающих необходимость изменения сложившегося режима движения, чаще всего резкого снижения скорости. В этих местах в связи с неблагоприятными сочетаниями элементов плана и профиля, скользкого дорожного покрытия, ухудшением его ровности, возможностью внезапного появления пешеходов рекомендуется устанавливать временное ограничение скорости.

Наиболее опасными на дорогах являются:

- участки резкого уменьшения на относительно коротких отрезках дороги допускаемых скоростей, обеспечиваемых элементами плана и продольного профиля, преимущественно в связи с недостаточной видимостью и малыми радиусами кривых или отсутствием виражей;

- участки резкого несоответствия одного из элементов дороги скоростям движения, обеспечиваемым другими ее элементами (скользкое покрытие на кривой большого радиуса, узкий малый мост на длинном горизонтальном прямом участке, кривая малого радиуса в конце затяжного спуска и т.д.);

- участки, где план и продольный профиль дороги создают возможность значительного возрастания скоростей, которые могут превысить безопасные при данной ровности и шероховатости покрытия (затяжные спуски на прямых участках);

- участки, где у водителей может возникнуть неправильное представление о дальнейшем направлении дороги за пределами прямой видимости;

- места слияния или пересечения потоков движения на перекрестках, съездах и примыканиях, переходно-скоростных полосах;

- места, где имеется возможность неожиданного появления на дороге пешеходов и въезда транспортных средств с придорожной полосы;

- участки, где однообразие придорожного ландшафта, плана и профиля дороги способствует потере водителями легковых автомобилей контроля за скоростью или же где такое однообразие приводит к утомлению и сонливости водителей грузовых автомобилей.

**Пути развития и использования электрического транспорта
в Республике Беларусь**

Попко М.А., Кожамкулова А.А., Бородич А.А.
Белорусский национальный технический университет

Количество автомобилей в Минске, да и по всей Республике Беларусь, стремительно растёт. Это приводит к проблемам парковок, пробкам и, что самое главное, к ухудшению экологии нашей страны. Решение в пользу экологии – электрический транспорт на аккумуляторах.

Одним из главных преимуществ электромобилей является снижение загрязнения окружающей среды. Работающий электродвигатель не выделяет вредных газов. Также электродвигатель обеспечивает плавный и тихий разгон, при этом давая достаточно большое ускорение. Коэффициент полезного действия электродвигателя в три раза больше, чем КПД двигателя внутреннего сгорания. На данный момент одним из основных сдерживающих факторов внедрения электромобилей на дороги Республики Беларусь является недостаточное количество зарядных станций. Пока в Минске существует всего три станции, способные зарядить электрокар.

Республика Беларусь – социально ориентированное государство, поэтому уже предприняты первые шаги по внедрению электрического общественного транспорта на наши улицы.

Эксплуатация электробуса обходится дешевле, чем эксплуатация автобусов с двигателем внутреннего сгорания. Также электробусы эксплуатировать выгоднее, чем строить и содержать сеть для троллейбусов, либо же прокладывать трамвайные пути. Трамвайные пути занимают полезную площадь автомобильных дорог, которую можно было бы использовать для уширения проезжей части. Сравнивая электробусы с троллейбусами, можно принять во внимание загромождение городских улиц проводами, невозможность троллейбуса объехать препятствие, следовательно, усложнение городского движения.

В сентябре 2016 года «Белкоммунмаш» представил две модели электробусов: E420 Vitovt Electro и E433 Vitovt Max Electro. Отличаются они размерами – одна модель обычная, а вторая сочленённая. Запас хода электробуса составит 12 километров, чего достаточно для общественного транспорта, так как средняя длина минских автобусных маршрутов составляет от 9 до 14 километров. Запас хода, безусловно, можно увеличить, однако это скажется на стоимости электробуса и его массе. Зарядка будет производиться на конечных остановках, возле диспетчерских станций, однако возможна быстрая зарядка на обычных остановках.

В Беларуси существуют перспективы для развития электротранспорта. Развитию электрического транспорта способствуют два взаимосвязанных обстоятельства: строительство Белорусской атомной электростанции и строительство производственной базы по изготовлению суперконденсаторов для электробусов в индустриальном парке «Великий камень».

УДК 625.7

Современные технологии изготовления дорожных знаков

Татаринович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Современные условия жизни тяжело представить без использования автомобильного транспорта. Расширение существующих и строительство новых автомагистралей не помогут избавиться от заторов на дорогах без грамотной организации дорожного движения знаками и средствами организации дорожного движения.

Международная система дорожных знаков, которой пользуются во всем мире, с небольшими ее изменениями для каждого государства, была принята в 1908 году на первом международном дорожном конгрессе. В результате дорожный знак эволюционировал и принял вид, который мы привыкли видеть на дорогах.

Как крупные магистрали, так и дороги местного значения имеют потребность в ограничении максимальных скоростей, указателях хозяйственных и лесных массивов, предупреждающих знаках о нерегулируемом железнодорожном переезде, опасных поворотах, скользкой дороге, диких животных, сужении дороги. Опасностей на местной дороге не много меньше, чем в городе с интенсивным движением.

Для обеспечения безопасности движения используют дорожные знаки, требования к которым строго регламентированы. Изготовление дорожных знаков заключается не только в строгом соблюдении стандартов, но и в подборе качественных материалов для производства – металлических листов для оснований, световозвращающих элементов, их температурной устойчивости.

Дорожные знаки должны быть видны в любое время суток: при слепящем солнечном свете и при свете фар в темное время суток. В процессе изготовления дорожных знаков существует множество тонкостей. Кроме знаков и указателей, на дорогах используются средства организации и регулирования дорожного движения в местах проведения ремонтных работ.

Доказано, что не все дорожные знаки могут на соответствующем уровне работать на опасных участках дороги. Зачастую они оказываются не

такими яркими днем и ночью, как требуется, не всегда идеально видны при плохой погоде и на фоне различных визуальных препятствий: реклама, свечение, освещение и т.п. В настоящее время в развитых странах мира, а также в нашей стране, широко применяются новейшие технологии, которые успешно борются с такими недоработками.

Получены материалы, обладающие хорошими световозвращающими свойствами: пленка микропризматического типа, пленка, обладающая флуоресцентными и световозвращающими свойствами, такие дорожные знаки стали ярче обычных и хорошо видны ночью.

Дорожные службы начали активно размещать дорожные знаки на щитах прямоугольной формы желтого, желто-зеленого цвета. Такое решение позволяет избегать слияния знаков с окружающей средой и обеспечивают снижение визуальных помех.

Процесс изготовления дорожных знаков – это работа, требующая не только специального оборудования, но и материалов, к которым предъявляются определенные требования.

Основные этапы изготовления дорожных знаков:

- металлическая основа для изготовления дорожных знаков должна быть толщиной от 0,8 до 1 мм. Для производства применяется оцинкованный металл, что придает готовому изделию антикоррозионную прочность;

- лицевая поверхность знака покрывается специальной пленкой из световозвращающего полимерного материала;

- сверху наносится специальное покрытие, защищающее пленку от воздействия влаги, выхлопных газов, пыли и механических повреждений.

- Технология производства дорожных знаков включает следующие этапы:

- производство подоснов знаков в виде кругов, квадратов и треугольников из оцинкованного металла;

- печать дорожных знаков на специальной пленке и наклейка их на основу;

- оклейка знаков специальным защитным покрытием.

Работа выполнена под руководством доцента Мытько Л.Р.

Международный опыт использования нетрадиционных источников энергии при содержании транспортных объектов

Судас М.И.

Белорусский национальный технический университет

Современное общество зависит от электроэнергии. Поиск дополнительных источников энергии стал важнейшей задачей нашего времени. Природа сама помогает нам создавать энергию, используя различные свои свойства: ветер – ветряные электростанции; вода – горячие подземные воды; солнце – солнечные батареи. Но следует учитывать, что такую энергию нужно применять сразу, она не может храниться длительное время, как например, уголь или нефть.

Ветроэнергетика – отрасль энергетики специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве.

С помощью ветрогенераторов сегодня можно не только поставлять электроэнергию в «сеть», но и решать задачи электроснабжения локальных или островных объектов любой мощности. В Беларуси для внедрения концепции ветроэнергетики на практике есть бесплатный ветер и благоприятные климатические предпосылки.

В настоящий момент на территории Беларуси действует 23 ветроустановки (ВЭУ).

Развитие ветроэнергетики даст нам не только экологически чистую энергию, но и позволит достичь определенного положительного экономического эффекта. Например, часть оборудования и комплектующих для ветропарков можно будет производить на территории Беларуси, что в свою очередь даст возможность увеличить количество рабочих мест.

Как дополнительный источник электроэнергии сегодня в мире рассматриваются геотермальные ресурсы. Геотермальные ресурсы представляют собой подземные резервуары горячей воды или пара, расположенные на различных глубинах под поверхностью Земли. Для того, чтобы доставить на поверхность горячую воду и выпустить пар, для дальнейшего их использования на определенные цели, в подземные резервуары производится бурение скважин, глубина которых может достигать нескольких километров. Однако данный метод не особо эффективен для нашей страны, так как природный геотермальный потенциал ресурсов Беларуси считается умеренно низким по следующим

причинам: 1) большая глубина термальных вод 2) относительно низкая температура 3) высокая минерализация 4) низкая производительность скважин(100-1150 м³/сут).

Одно из важных мест по добыче альтернативных источников энергии занимает солнечная энергия. В нашей стране есть все необходимые условия для ее развития. Установка систем для получения солнечной энергии не требует ни газа, ни электросетей, а экономически целесообразным является тот факт, что достаточно один раз установить систему, чтобы иметь свободно доступный ресурс, при этом не загрязняя окружающую среду. Солнечную энергию вы можете использовать на освещение зданий, для нагрева воды, сушки одежды, для решения других бытовых задач, при этом использование солнечной энергии приводит к снижению расходов, а следовательно к экономии затрат на источники энергии в вашем доме.

Из года в год увеличивается количество эксплуатируемых транспортных средств, в результате увеличивается и количество площадей под парковки автомобилей. Иногда это огромные территории, поскольку площадь их исчисляется гектарами, а иногда и квадратными километрами. Эти территории с учетом быстро развивающихся современных технологий можно и нужно использовать на благо экологии и экономии. В наше время некоторые компании, например компания Envision Solar город Сан-Диего, штат Калифорния, США устанавливает навесы над парковочными местами со встроенными солнечными батареями. А энергию, которая вырабатывается таким образом, направляют в общую электросеть для ее дальнейшего использования. Такие оснащенные парковки дают возможность произвести зарядку и припаркованных электромобилей. Экономический эффект не заставил себя долго ждать: только за первый год эксплуатации таких парковочных навесов позволило компании Envision Solar сэкономить на электричестве 50 000 у.е.!

Одним из самых доступных и наиболее экономически целесообразных возобновляемых источников энергии являются твердые бытовые отходы (ТБО) - топливо, которое сопоставимо с торфом и некоторыми марками бурых углей по теплоте сгорания. Данный вид топлива используется на тепловых электростанциях. Вырабатываемая таким путем электроэнергия наиболее востребована в крупных городах, где гарантировано возобновление и наличие такого вида топлива, пока существует человечество. Плюсом в работе таких ТЭС, кроме получения электроэнергии, является и тот факт, что происходит утилизация бытовых отходов, образующихся в процессе жизнедеятельности человека. Немаловажен и тот аспект, что работа ТЭС на ТБО в отличие от солнечных или ветровых установок не зависит от природных условий и

географического расположения по сравнению с геотермальными и приливными электростанциями.

Очень интересным решением в поиске дополнительных альтернативных источников электроэнергии являются инновационные технологии "умные дороги". Так шоссе нидерландского дизайнера «умнее» обычной трассы благодаря интеграции нескольких энергоэффективных технологий. К примеру, для освещения дороги нет необходимости во внешних источниках энергии. Осветительную функцию осуществляет дорожная разметка, выполненная из люминесцентной краски, которая сияет в ночное время суток. Это уменьшает необходимость в дополнительном освещении и помогает экономить электроэнергию.

Кроме того, Smart Highway (умная дорога) оборудована фонарями, работающими лишь при приближении транспортного средства. Дополнительную подсветку периметра трассы будут выполнять светодиоды, получающие питание от ветряков. Самым необычным элементом умной дороги считаются «снежинки», которые прорисовываются на трассе в тот момент, когда возникает риск появления гололеда.

Инновационные технологии обеспечат как эстетическую привлекательность, так и функциональность дорог. Они, можно сказать, приносят часть красоты, которой всегда был обделен дизайн дорог.

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

Работа выполнена под руководством доцента Мытько Л.Р.

УДК 625.72

Основные причины дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах*

Мостыка Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) в современном мире становятся обыденностью. Практически каждый день по телевидению транслируют подробности о случившихся инцидентах. Зачастую в ДТП есть

пострадавшие: взрослые и дети, мужчины и женщины, автомобилисты, пешеходы и велосипедисты. Согласно резолюции Генеральной Ассамблеи ООН (октябрь 2005 года) третье воскресенье ноября объявлено Всемирным днем памяти жертв дорожно-транспортных аварий (World Day of Remembrance for Road Traffic Victims). Это международное событие призвано привлечь внимание всех людей планеты к печальному факту: во всем мире в результате дорожно-транспортных происшествий ежедневно погибает более трех тысяч человек и около 100 тысяч получают серьезные травмы. Каждый год автомобильные аварии уносят жизни 1 млн 250 тысяч людей по всему миру. По статистике, на дорогах людей гибнет больше, чем в терактах. Половина жертв – пешеходы. Всемирная организация здравоохранения предполагает, что к 2020 году дорожные происшествия смогут стать третьей главной причиной гибели или увечий [1].

Существует множество причин дорожно-транспортных происшествий: от плохих погодных условий, ограниченной видимости в темное время суток, качества дорожного покрытия, технического состояния транспортного средства до опытности и внимательности водителей и пешеходов. Основным видом дорожно-транспортного происшествия в г.Минске является наезд на пешехода (47 % от всех видов совершенных ДТП за период 2012-2016 гг). В большинстве случаев данное правонарушение совершается по вине водителей (31 % от всех наездов на пешеходов). Также на фоне остальных видов ДТП выделяются столкновения на перекрестке (16 % от всех видов совершенных ДТП) и столкновения с ударом сзади (11 % от всех видов совершенных ДТП).

По количеству жертв в ДТП самыми опасными видами происшествий являются наезд на стоящее ТС и наезд на препятствие (17 % и 14 % соответственно). В случае наезда на пешехода погибает примерно 9 % участников данного ДТП. Все дорожно-транспортные происшествия можно условно разделить на виды, согласно участкам дороги, на которых они происходят. Основная масса ДТП случается на проезжей части не относящейся к особым конструктивным элементам дороги (44 % совершенных ДТП). Также выделяются дорожно-транспортные происшествия, произошедшие на нерегулируемых пешеходных переходах (16 % совершенных ДТП). Однако на регулируемых пешеходных переходах и перекрестках ДТП также случаются (11 % и 12 % совершенных ДТП соответственно).

Большая часть всех ДТП совершается осенью: сентябрь, октябрь и ноябрь (около 10 % ежемесячно от всех совершенных ДТП). Скорее всего, это связано с плохими погодными условиями, характерными для этого времени: дождь, туман, заморозки в ночное время суток.

Водитель находится в ситуации, когда видимость дорожного движения

ограничена. Заканчиваются такие происшествия со смертельным исходом примерно в 7 % случаев (от случившихся за данный месяц). Примерно на 4 % количество автомобильных аварий возрастает в будние дни по сравнению с выходными (15 % и 11 % ежедневно совершенных ДТП соответственно в будние и выходные дни). Максимальное количество ДТП фиксируется в пятницу. Начиная с обеденного времени, после 12 часов дня, количество ДТП на автомобильных дорогах г.Минска возрастает. Пик аварийности приходится на время возвращения основной массы населения с работы: с 18 до 21 часа. Так в период с 12 – 15 часов совершается 16 % от всех ДТП; с 15 – 18 часов – 19 % от всех совершенных ДТП и с 18 – 21 час – 22 % от всех совершенных ДТП. Смертельный исход пострадавших в ДТП наступает чаще в темное время суток – с 21 часа до 06 часов.

Водитель и пешеход являются основными действующими лицами ДТП. Зачастую именно от их внимательности и опытности зависит ситуация на дороге. Чаще всего виновными в ДТП становятся молодые люди в возрасте от 24 до 38 лет. Видимо кому-то не хватает опыта, кому-то внимательности, а у кого-то просто притуплено осознание страха и ответственности за управление транспортным средством. Жертвами таких автомобильных аварий становится молодежь в возрасте от 19 до 23 лет.

В дорожно-транспортных происшествиях с участием пешеходов часто виновны люди пенсионного возраста (свыше 59 лет – 23 % от всех ДТП по вине пешеходов) и дети (до 18 лет – 16 % от всех ДТП по вине пешеходов).

Основными причинами автомобильных аварий являются: нарушение правил проезда пешеходных переходов – 25 % от всех причин совершенных ДТП за период 2012-2016 гг; нарушение правил проезда перекрестков – 15 % и нарушение правил маневрирования – 14 %.

Самыми «смертельными» становятся ДТП, вызванные превышением скорости движения – 17 % погибших от совершенных ДТП. Очень опасно вождение транспортного средства в нетрезвом состоянии водителей – 16 % погибших от совершенных ДТП, переход проезжей части в неустановленном месте – 16 %, нетрезвое состояние пешеходов – 15 % погибших. Всего по вине водителей транспортных средств совершается около 80 % от общего числа дорожно-транспортных происшествий.

Каждый год на территории г.Минска регистрируют снижение числа дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими (около 8 %) в сравнении с аналогичным периодом прошлого года. Количество травмированных в ДТП граждан также ежегодно уменьшается на 9 %, а число погибших – на 17 %. Количество дорожно-транспортных происшествий, совершенных по вине водителей в состоянии алкогольного опьянения ежегодно уменьшается.

Работа выполнена под руководством доцента Мытько Л.Р.

Особенности психологического восприятия водителем дорожных условий

Круглик К.С., Лабанов П.А.

Белорусский национальный технический университет

Важной особенностью развития современного автомобильного транспорта является постоянное совершенствование его технических характеристик, способствующих повышению активной и пассивной безопасности, надежности в эксплуатации. Постепенно улучшается качество автомобильных дорог. Однако это не приводит к существенным положительным изменениям в безопасности дорожного движения. Как свидетельствует статистика, определяющее влияние на уровень аварийности оказывают водители транспортных средств. Более 75 % всех дорожно-транспортных происшествий на автомобильной дороге возникает из-за ошибок водителей в принятии правильных решений во время движения.

Водитель оценивает условия движения преимущественно визуально. Он должен своевременно воспринимать и правильно оценивать всю информацию, необходимую для безошибочного управления автомобилем. Эту информацию водитель получает с помощью психических процессов - ощущения и восприятия.

Особенно большое значение для водителя имеет зрительное восприятие, с помощью которого он получает практически всю информацию. С помощью зрения водитель получает информации в 100 раз больше, чем помощью слуха. Большое значение зрительного анализатора надежности водителей подтверждается и тем, что водители, имеющие дефекты зрения, значительно чаще становятся участниками дорожно-транспортных происшествий. Зрительное восприятие затруднено в условиях ограниченной видимости, в темное время суток, в тумане, во время дождя, снегопада, на пыльной дороге. Зрительное восприятие зависит и от расположения солнца и тени.

Непрерывность движения постоянно нарушается дорожными знаками, запрещающими сигналами и участниками движения. Водителю приходится выполнять большое число действий по управлению транспортным средством, но если водитель куда-то торопится, то часть из этих действий оказывается ошибочной. Дефицит времени часто является причиной ДТП.

Большинство ученых считают, что водителей можно разбить на три группы:

1. Предрасположенные или склонные к ДТП.

2. Нейтральные или индифферентные водители.

3. Безопасные или надежные водители.

В научной литературе существует несколько определений понятия «Безопасность дорожного движения». Наиболее точным является определение Д. Клеббельсберга. Этот исследователь определяет ее как отсутствие «закономерных опасных условий и поступков, приводящих к дорожно-транспортным происшествиям» При этом не исключается случайное появление каких-то неожиданно возникающих опасностей, даже дорожных происшествий. Однако типичные опасные условия и поступки, возникающие и по случайным законам, здесь включаются в категорию закономерных, и они также принимаются во внимание при определении безопасности дорожного движения. Весьма важно, что безопасность не следует рассматривать как самоцель; она должна быть лишь условием успешного достижения цели, для которой используется транспортное средство, причем достижения цели не в идеальных условиях, а при оптимальной интенсивности движения, оптимальном использовании этого средства и оптимальной нагрузке водителя. Статистика показывает, что роль человеческого фактора в аварийности с годами возрастает, в то время как технического - понижается. Имеют место следующие факторы, влияющие на аварийность: профессиональная непригодность водителя по психофизиологическим качествам, низкая профессиональная подготовка, приводящая к неправильным действиям в критической ситуации, неготовность водителя к работе, физиологическое утомление.

Анализ статистики дорожно-транспортных происшествий также дает основание считать, что наибольшее количество происшествий наблюдается на участках дорог, где водитель испытывает большое нервно-психическое напряжение. Это подтверждает то, что надежность работы водителя согласуется с одной из основных закономерностей психофизиологии — успешностью выполнения работы в зависимости от психического напряжения. Согласно этой закономерности, имеется некоторый интеграл эмоциональной напряженности человека, при котором он выполняет работу с наибольшей эффективностью. Превышение этого оптимального уровня, как и снижение его, сопровождается ухудшением показателей работы. В психофизиологических исследованиях критериями оценки влияния различных дорожных условий на водителя являются значения психофизиологических показателей, соответствующие оптимальному уровню эмоционального напряжения. Исходя из этого, определяется степень надежности действий водителя. Для поддержания эмоциональной напряженности водителя в оптимальных пределах необходимо постоянное поступление к нему некоторого объема новой информации об условиях движения и окружающем пространстве.

Существенную роль в обеспечении надежности действий водителя играет его способность к приему и переработке информации. Качество усвоения информации зависит, главным образом, от ее количества.

Большое нервное напряжение часто возникает у водителей в неожиданных опасных и сложных дорожных ситуациях. Многое зависит от опыта водителя. Молодой водитель, для которого каждая такая ситуация возникает впервые, естественно, испытывает большое нервное напряжение, что при недостатке опыта нередко приводит к ошибкам. Есть категория людей, которых называют неуравновешенными или эмоционально неустойчивыми. У них положительные или отрицательные эмоции протекают очень бурно. Сильное нервное возбуждение возникает даже по незначительному поводу. Нередко таких людей можно встретить за рулем автомобиля. Это создает серьезную угрозу для безопасности дорожного движения.

Важное значение для безопасности дорожного движения имеет умение водителя оценивать направление, скорость движения объектов на дороге и расстояние до них. Скорость движения определяется пространством, которое движущийся объект проходит в единицу времени. Следовательно, восприятие движения есть одновременное восприятие пространства и времени. При восприятии движущегося автомобиля или пешехода водитель одновременно воспринимает место его нахождения и время, в течение которого происходит сближение с ним. При оценке скорости движущегося объекта необходимо учитывать, что при неподвижном состоянии глаз движение воспринимается как более быстрое, а при поворачивании глаз по направлению движущегося объекта - как более медленное. Однако движение обычно воспринимается одновременно обоими способами, и такое восприятие отличается большей точностью. Скорость восприятия движения зависит от скорости движущегося объекта и от расстояния до него. Чем дальше движущийся объект, тем медленнее воспринимается скорость его движения.

Низкая интенсивность движения ночью вызывает у водителя чувство ложной безопасности и самоуверенности. В условиях плохой видимости проявляется постоянный недостаток информации о дорожно-транспортной обстановке. Ночью деятельность водителя затрудняет недостаток зрительной информации. Этот фактор и возникающие при этом отрицательные эмоции утомляют водителя. Можно сделать вывод, что некоторые особенности физиологии зрения должны учитываться водителем при выборе режима движения в условиях искусственного освещения дороги. Время реакции является важным показателем профессиональной подготовленности и надежности. Каждый водитель должен знать время своих реакций и стараться снизить его. Важнейшим

фактором, обеспечивающим надежность водителя, является внимание.

В связи с тем, что появляется все больше фактов, подтверждающих взаимосвязь между психофизиологическими характеристиками водителя и аварийностью на дорогах, становится актуальным вопрос о проведении исследования профессионально важных качеств всех кандидатов в водители. Очевидно, что здесь следует начать с подготовки водителей, т. е. проводить подобные исследования в автошколах на начальном этапе обучения. Диагностика психологических особенностей водителей с любой целью предполагает выявление характеристик низкого, среднего, хорошего и отличного уровня функционирования с учетом вида перевозок и надежности водителя. Исследование можно проводить в форме тестирования, в котором возможно было бы зафиксировать основные показатели, такие как: скорость реакции, память, внимание, устойчивость к различным помехам и т. д. Почему это просто необходимо? Во-первых, тестирование позволит определить, какие категории управления транспортными средствами в наибольшей степени подходят кандидату. Здесь речь идет об определении профессиональной направленности кандидата. Во-вторых, тестирование позволяет выявить уровень выраженности профессионально-важных качеств. Это даст возможность проводить коррекционные мероприятия, с целью повышения уровня выраженности качеств, не соответствующих заявленным требованиям, а также менять программу обучения таким образом, чтобы она была максимально эффективной. Речь идет о применении упражнений направленных на развитие профессионально важных качеств и регуляции своего состояния. В-третьих, кандидаты, которые по уровню развития профессионально важных качеств минимально соответствуют требованиям, нуждаются в более углубленном курсе обучения. На основании результатов исследования психофизиологических качеств кандидатов, принимается решение о дополнительных занятиях по теоретическому курсу, либо по отработке практических навыков вождения. Таким образом, проведение психологического тестирования на профессиональную пригодность кандидатов в водители с выдачей соответствующих рекомендаций и проведением коррекционных мероприятий, в полной мере способствует более качественной подготовке водителей, что в свою очередь ведет к снижению риска возникновения опасных ситуаций на дороге. Повышение надежности водителя может достигаться посредством улучшения его профессионального обучения и тренировки навыков, что является одной из задач организации профессионального отбора и обучения.

Мониторинг дорожной обстановки с использованием беспилотных летательных аппаратов

Вабищевич Ф. В., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Условия движения по автомобильным дорогам вблизи населенных пунктов осложняются из-за увеличения количества транспортных средств, недостаточной пропускной способности магистралей, появления новых объектов притяжения (рынков, торговых комплексов, складских терминалов), нехватки парковочных мест.

Сложившаяся ситуация приводит к возрастающему числу дорожно-транспортных происшествий (ДТП), ухудшению экологического состояния атмосферы и гидросферы, повышению уровня шума, постоянному стрессу у людей, проводящих много времени в пробках. Для решения этой задачи необходимо иметь наиболее полную информацию о состоянии дорожного полотна и целого ряда объектов дорожной инфраструктуры. На сегодняшний день основным средством сбора информации о состоянии автомобильных дорог являются передвижные лаборатории, оснащенные видеокамерами (в том числе бокового обзора), системой глобального позиционирования и оборудованием для диагностики дорожного полотна (сканерными системами, георадарами и пр.). Однако их недостатком является узкая полоса обзора, получаемая в пределах видимости регистрирующей аппаратуры, из-за чего нередко не фиксируются процессы, являющиеся причинами разрушения дорожного полотна. Все это зачастую не позволяет произвести комплексную оценку места возникновения дефектов и установить их причину. Оперативную и наиболее емкую информацию для оценки состояния дорожного полотна можно получать, используя передвижную автомобильную лабораторию совместно с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), оборудованными приборами для дистанционного зондирования.

Съемка обеспечивает достаточно широкую полосу захвата вдоль автодороги с получением изображений развязок, придорожной полосы и прилегающих к трассе объектов муниципальной инфраструктуры. Однако в данном случае разрешение снимков не соответствует требованиям детального дешифрирования дефектов дорожного покрытия и мелких эрозионных форм, расположенных вблизи дорожного полотна. Эту проблему решает съемка с высоты ~150 м. По материалам аэросъемки достоверно определяются площадные, линейные и точечные дефекты размером 2 см.

Одним из перспективных направлений использования аэросъемки с БПЛА является оперативный мониторинг прогнозирования состояния дорожного полотна. Постоянный мониторинг с БПЛА и применение ГИС позволяют оценить скорость развития и направление эрозионных процессов, а в ряде случаев — установить причины их возникновения. На базе тематических картографических материалов, полученных средствами ГИС, планируется составление прогнозных карт рисков появления дефектов и разрушения дорожного полотна, а также изучение динамики их изменений.

Комплексы БПЛА эффективно применяют для решения следующих задач:

- ведения оперативного мониторинга состояния дорожного полотна;
- контроля за строительными и ремонтными работами на дорогах; - - обнаружения дефектов дорожного полотна и определения их параметров;
- получения материалов цифровой съемки в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах;
- получения трехмерной модели автомобильной дороги;
- выполнения фиксации аэросъемки с отображением в ГИС;
- формирования банка данных материалов аэросъемки;
- получения информации о состоянии дорожного полотна, в том числе определения геометрических параметров (продольных и поперечных уклонов, радиусов кривых в плане и профиле, высотных отметок, видимости);
- получения видеoinформации для автомобильных дорог и искусственных сооружений с формированием банка видеоданных;
- фиксации объектов инженерного обустройства;
- определения параметров транспортного потока.

Использование технологии гибкого управления для оптимизации движения транспорта по магистрали

Завадский Д.Э., Нарыжнов П.В.

Белорусский национальный технический университет

Развитие транспортной инфраструктуры, в том числе развитие улично-дорожной сети, всегда значительно отстает от роста количества автомобильного транспорта. Это приводит к увеличению загрузки уличной сети и снижению эффективности использования транспорта.

Одним из способов, позволяющих сгладить проблемы, связанные с суточными колебаниями интенсивности движения транспорта, является использование многопрограммного жесткого регулирования, координированного управления.

Известно, что целью координированного регулирования является обеспечение безостановочного движения транспортных средств вдоль улицы или магистрали. Координированное управление работы соседних светофорных объектов должно обеспечивать уменьшение количества непроизводительных остановок, торможений в потоке и, как следствие транспортных задержек. Однако изменения интенсивности и распределение групп на городских магистралях имеют характер нестационарных случайных процессов, в которых можно выделить неслучайную составляющую. Для решения данной проблемы используется многопрограммное координированное регулирование.

Можно модифицировать алгоритм программ местной коррекции координированного регулирования, если возложить некоторые дополнительные функции на детекторы транспорта.

Современные детекторы транспорта позволяют фиксировать не только наличие транспортных средств, но и подсчитывать их, фиксировать их скорость, а также состав транспортного потока. Предлагается алгоритм поэтапной настройки, который основывается на построении распределения импульса интенсивности в светофорном цикле.

Моделирование данных алгоритмов проводилось на одинаковых участках улично-дорожной сети с одинаковыми характеристиками потоков. В результате моделирования были получены следующие статистические данные: средняя скорость движения транспортного потока, количество автомобилей на проезжей части перекрестка, количество автомобилей на входе перекрестка.

**Тенденции разработки антиобледенительных добавок
и противогололедных реагентов**

Панчковская В.О., Нарыжнов П.В.

Белорусский национальный технический университет

В зимний период на автомобильных дорогах значительной территории Беларуси часты случаи образования снежно-ледяных отложений, что существенно уменьшает сцепление колес автомобилей с покрытием и является основной причиной происходящих дорожно-транспортных происшествий.

Борьба с зимней скользкостью на автомобильных дорогах ведется с применением различных противогололедных реагентов, в основном хлоридов, которые, согласно общепринятому мнению, оказывают негативное воздействие на материалы покрытия, металлические детали машин и дорожных сооружений, а также пагубно влияют на экологическую обстановку придорожной полосы.

Современные методы зимнего, содержания автомобильных дорог развиваются по пути полного или частичного отказа от распределения хлоридов. Наиболее перспективным является направление предупреждения образования гололеда за счет создания материалов, обладающих противогололедными свойствами, исключая отрицательное воздействие химических реагентов. В настоящее время имеется опыт разработки дорогостоящих антиобледенительных добавок, которые не нашли широкого применения, поскольку их введение в состав асфальтобетона значительно повышает стоимость готового покрытия. Практически не изучено влияние вышеуказанных добавок на физико-механические свойства асфальтобетона: теплоустойчивость, деформативность, коррозионную устойчивость битумоминеральных материалов, а также стабильность сохранения его свойств.

Наиболее часто для повышения противогололедных свойств асфальтобетона используется широко распространенный, для борьбы с зимней скользкостью - хлорид натрия. Текущие исследования направлены на оценку его влияния на физико-механические свойства асфальтобетона и изучению процессов физико-механического взаимодействия структурообразующих компонентов асфальтобетона в присутствии солевой добавки, что позволяет обоснованно назначать ее вид, крупность, количество и, тем самым, регулировать не только противогололедные, но и физико-механические свойства полученного материала.

Снижение аварийности на автомобильных дорогах путем использования тросовых ограждений

Арийчук Д.В., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Автомобили являются самым небезопасным средством передвижения. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) ставят на первое место по числу погибших и пострадавших. В рамках выполнения государственной программы по повышению безопасности дорожного движения дорожные организации приступили к освоению нового вида продукции - **тросового дорожного ограждения**.

В отличие от традиционных барьерных дорожных ограждений, тросовые дорожные ограждения обладают рядом преимуществ:

- высокая удерживающая способность;
- травмобезопасность транспортного средства и пассажиров;
- низкий вес;
- возможность быстрой замены стоек при аварийном ремонте;
- уменьшение затрат труда и времени на монтаж или восстановление после аварии;
- пониженное «снегозадержание» на автодороге в зимний период;
- лучшая обзорность дорог;
- короткий срок ремонта;
- при использовании в качестве разделителя встречных полос занимает мало пространства и работает для двух направлений;
- более экономичный.

Важная способность тросового дорожного ограждения - выдерживать высокую статическую нагрузку на разрыв. Это позволяет остановить автомобиль, если он движется на большой скорости. При повреждении троса его легко заменить. Конструкции снабжаются цинковым покрытием, поэтому они будут надежно защищены от коррозии. Это позволит не терять прочность в течение многих лет, поэтому менять элементы часто не потребуется. Производству дорожных ограждений с использованием тросов уделяется все больше внимания. По многим параметрам такое решение надежнее и безопаснее традиционных барьеров, к тому же более выгодно экономически.

Государственным предприятием «БелдорНИИ» проведены экспериментальные исследования и разработаны конструкции тросовых дорожных ограждений применительно к условиям Республики Беларусь.

Возможна установка таких ограждений на автомагистралях, на

обычных дорогах и там, где ширина дорожного полотна не позволяет установить стандартное барьерное ограждение. Тросовые ограждения могут быть установлены на обочинах — для предотвращения непреднамеренных выездов транспортных средств за пределы автомобильной дороги, на разделительной полосе автомобильных дорог — для предотвращения переездов транспортных средств через дорогу, а также для разделения транспортных потоков встречных направлений.

Дорожное тросовое ограждение состоит из следующих основных элементов: тросы, стойки, анкерные блоки, стяжные устройства.

После выбора места устройства дорожного ограждения, в первую очередь устанавливают стойки с помощью металлического стакана или бетонного цилиндра, что придает им высокую степень устойчивости и прочности. Затем натягивают трос, края которого закрепляют в специальном зажиме. Тросы прикрепляют к якорному блоку и дополнительно фиксируют тросовой петлей, которая не дает тросу выскользнуть из крепления при повышенной нагрузке. Расстояние между стойками зависит от геометрических характеристик дороги.

При столкновении с тросовым барьером происходит излом стоек (или вылет из установочных гильз), однако сами тросы практически всегда остаются целыми. Даже после неоднократных наездов тросовое ограждение можно эксплуатировать, обеспечивая безопасность дорожного движения.

После совершенного ДТП требуется лишь заменить часть стоек (без использования специального оборудования) и восстановить натяжение троса. Данные операции обходятся дешевле, чем восстановление металлического профилированного ограждения. Автомобили получают меньшие повреждения при столкновении с тросовым барьером. Тросовые ограждения практически не задерживают снег, уменьшая образование снежных заносов. Низкая металлоёмкость по сравнению с металлическим профилированным брусом и более простая установка позволяет значительно снизить стоимость ограждения.

**Строительство
и эксплуатация
автомобильных дорог**

Разработка функционально-компонентной модели цементобетонного покрытия автомобильной дороги

Бабаскин Ю.Г., Косяк В. С.

Белорусский национальный технический университет

Цементобетонные покрытия работают в условиях сложного напряженного состояния под действием повторяющихся динамических нагрузок от автомобилей и переменных температурно-влажностных воздействий. Дефекты цементобетонного покрытия можно разделить на следующие группы: группа А, к которым относятся: проломы, просадки, вспучивание, вертикальные смещения плит, разрушение кромок, коробление плит; группа Б, в нее входят дефекты, характеризующие деформации и разрушения поверхности плит при достаточной прочности дорожной одежды: износ, шелушение, выбоины, раковины; группа В – трещины: поперечные сквозные, поперечные поверхностные, продольные сквозные, косые, волосяные усадочные.

Автомобильная дорога как объект изучения может находиться в трех состояниях: Д10 – новая дорога без дефектов (исходная система); Д20 – дорога, поврежденная дефектами; Д30 – отремонтированная дорога.

Переход системы Д10 в Д20 происходит по причинам внутреннего или внешнего характера. Перевод системы Д20 в Д30 происходит искусственным путем с использованием нового материала и современной технологии. Сократив объект изучения до плоскости контакта составляющих компонентов бетона, можно заметить, что каждое из рассматриваемых состояний характеризует двухкомпонентную структуру:

а) щебень - цементный камень; б) песок - цементный камень.

Контактная зона - это объем заполнителя и цементного камня, в котором ощущается влияние этих компонентов. Поэтому обозначим силы сцепления цементного камня с крупным заполнителем через $R_{крсц}$, и мелким заполнителем - через $R_{мсц}$. Если любой из показателей окажется равным нулю либо несколько показателей будут равны нулю, то система свидетельствует о наличии дефекта. Таким образом, дефект образуется при следующих условиях:

$$R_{ц} = 0.$$

$$R_{ц} = 0, R_{крсц} = 0, (R_{ц} = 0, R_{крсц} = 0, R_{кр} = 0).$$

$$R_{ц} = 0, R_{мсц} = 0.$$

$$R_{ц} = 0, R_{крсц} = 0, R_{мсц} = 0.$$

$$R_{осн} = 0, \text{ которое повлечет за собой } R_{ц} = 0, R_{крсц} = 0, R_{кр} = 0, R_{мсц} = 0.$$

На основании приведенных условий можно описать виды дефектов.

Разработка системы оценки процесса твердения и деградации цементобетона

Бабаскин Ю.Г., Грицелевич М.С.

Белорусский национальный технический университет

Причина возникновения дефекта в цементобетонном покрытии может находиться, как в самом бетоне, так и в основании, на котором лежит бетонная плита. На первой стадии формирования структуры, от геля до пространственной кристаллизации гидроксида кальция, приготовление бетонной смеси ведет к росту пористости, концентрация которых на поверхности конструкции или в глубине сказывается на развитии коррозионных процессов. Дефекты в дорожной плите начинают возникать при наличии одного из определяющих факторов: 1) концентрации напряжений, ведущих к деформации плиты или к просадке основания, сопровождающихся возникновением трещин; 2) воздействию динамических нагрузок от транспорта, которое ведет к образованию продольных и поперечных трещин. Этот вид воздействия тесно связан с качеством уплотнения основания, его гидрогеологическими условиями; 3) возникновении различных видов коррозии. Как правило, коррозионные процессы начинаются на поверхности конструкции, проникая вглубь ее. Наиболее часто возникающей коррозией (1 тип) является выщелачивание, которое ведет к уменьшению содержания портландита в цементном геле, делая его непрочным. Точно так развивается и второй вид коррозии, представляющий собой протекание обменных реакций между кислотами, солями и составными частями цементного камня. Эти реакции приводят к перекристаллизации структуры, о чем судят по наличию ваттерита, на основании рентгенофазового анализа бетона. Коррозия третьего вида приводит к накоплению в порах солей, их кристаллизации и увеличению объема твердой фазы. Возникают растягивающие напряжения, ведущие к разрушению структурных элементов. На основании схемы образования кристаллической структуры цементобетона можно заключить, что условия способствующие развитию дефектов или различных видов коррозии, имеются как в процессе твердения цементного геля, так и в дальнейшем упрочнении кристаллической структуры бетона. Основными особенностями цементобетонных плит является открытость их поверхности, наличие большого количества пор, перепады влажности и температуры между плоскостями плиты. Некоторые условия можно избежать или сократить благодаря разработке новых способов приготовления смеси.

**Исследование причин разрушения цементобетонного покрытия
на автомобильных дорогах**

Бабаскин Ю.Г

Белорусский национальный технический университет

Совершенствование структуры жесткой дорожной одежды заключается в разработке алгоритма выбора метода ремонта, в зависимости от причин возникновения дефектов, и конструкции дорожной одежды с улучшенными структурными свойствами. Массовость алгоритма зависит от варьирования исходных данных в определенных пределах, что обеспечит его детерминированность. При разработке алгоритма выбраны системы, характеризующие цикл изменения исходной дорожной конструкции, через возникновение дефектов, до отремонтированной конструкции: 1) система А - дорожная конструкция (исходная); 2) система В – вид дефекта; 3) система С – состояние дефекта (количественный показатель, влияющий на качественную характеристику); 4) система D – причина возникновения дефекта; 5) система Е – значимость причины (состояние системы – относительный показатель), в зависимости от ее воздействию на процесс разрушения, и в сравнении с остальными причинами; 6) система F - вид ремонта; 7) система G - дорожная конструкция (новая или отремонтированная). Алгоритм имеет замкнутый характер, что позволяет выполнять оценку дорожной конструкции на любой стадии ее изменения. Система А. Жесткая дорожная конструкция с цементобетонным покрытием, характеризуется следующими элементами: А1 - покрытие; А2 – основание, А3 - земляное полотно. Система В. Виды дефектов. Характеризуется десятью элементами: от В1 - трещин до В10 - осадки и вспучивание. Система С. Состояние дефекта (количественный показатель, влияющий на качественную характеристику). Количественным критерием, характеризующим состояние покрытия, принята ровность покрытия по показателю IRI. Система D. Причины возникновения дефекта: D1 – технологические, D2 – конструктивные, D3 – эксплуатационные, D4 – коррозионные. Система Е. Значимость причины или состояние. В дорожной конструкции возникает один из дефектов – В, вызванный одной или несколькими причинами - D. Следовательно, этому интервалу необходимо придать шаг варьирования. Чем меньше шаг варьирования, тем больше вероятность правильности принятого решения. Система F. Вид ремонта. Система характеризуется следующими элементами: Система G. Дорожная конструкция (новая или отремонтированная с изменением или без изменения типа и вида покрытия).

**Доломитовый щебень. Применение в технологическом слое
дорожной одежды**

Бабаскин Ю.Г., Батманов К.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Доломитовый щебень широко применяется для обогащения природной ПГС. ЩГПС С5 на доломитовом щебне на практике применена при устройстве ровиков уширения на объекте капитального ремонта М-1/Е30 в качестве технологического слоя толщиной 15 см под слоем основания из ЩОС-6. Подбор ЩГПС С5 представлен в отчете, в котором подобраны различные фракции щебня доломитового (фр.40-80 – 15%; фр.20-40 – 25%) для обогащения природной ПГС (60 %). Так же для получения ЩГПС С5 можно применять гранитный щебень с теми же характеристиками подбора. Поэтому целесообразно рассчитать экономическую составляющую преимуществ применения того или иного материала. Логистика объекта капитального ремонта такова (места расположения на карте в отчете): площадка размещения кавальеров на объекте на км 593 а/д М-1/Е30 (в 16 км от границы РФ), производство доломитового щебня в 98 км от объекта, добыча ПГС природной в 49 км от объекта, повышенный путь для выгрузки гранитного щебня из ж/д вагонов в 25 км от объекта. В отчете представлены сравнительные калькуляции на приготовление смеси, из которых следует, что конечная стоимость на объекте ЩГПС С5 доломитовая дороже гранитной на 14%. Несмотря на близость расположения месторождения доломитового щебня доставка его на объект обходится дороже, так как задействован автомобильный транспорт, более дорогостоящий, чем железнодорожный. Отпускная цена доломитового щебня больше гранитного в среднем на 36% в ЩГПС С5. Формирование отпускной цены производителя обуславливается большими затратами добычи доломита в карьере «Гралево» из-под воды, в несколько захваток для поднятия на высоту, и погрузки в карьерные самосвалы. В водном залегании доломит имеет большую прочность на сжатие (марка 600), чем в сухом (марка 500), но тем не менее уступает показателям гранитной породы (марка 1400). Радиоактивностью гранитного щебня можно пренебречь (в норме), так же, как и экологичной чистотой доломита, так как применение в технологическом слое, закрывающем фильтрующий песчаный грунт, и который закрывает ЩОС-6 (на основе гранита и асфальтогранулята), не влияет на окружающую среду. Решающую роль играет экономическая выгода, что отдает предпочтение гранитному щебню во всех конструктивных слоях дорожной одежды автомобильных дорог.

Повышение достоверности прогнозирования срока службы асфальтобетонных покрытий

Кравченко С.Е.

Белорусский национальный технический университет

Транспортно-эксплуатационные характеристики асфальтобетонного покрытия определяется комплексом показателей физико-механических свойств асфальтобетона, актуализированных в ряде технических нормативных правовых актах. Однако практика эксплуатации асфальтобетонных покрытий показывает, что не всегда соответствие указанных показателей требованиям нормативных документов гарантирует их эксплуатационную надежность, то есть требуемый срок службы. В связи с этим возникает необходимость в учете дополнительных факторов, которые будут способствовать повышению достоверности прогнозирования срока службы асфальтобетонных покрытий. К таковым следует отнести:

1. Учет характера действующей транспортной нагрузки (случайный режим нагружения, цикличность действия нагрузки) на покрытие.

2. Выбор лабораторного режима испытаний асфальтобетонных образцов, максимально приближенного к реальным условиям работы асфальтобетонных покрытий (мягкий режим нагружения, жесткий).

3. Определение характера напряженно-деформированного состояния асфальтобетона в дорожном покрытии.

4. Определение класса асфальтобетона с учетом его особенностей сопротивляться упругопластическим деформациям при цикловом нагружении. При определении класса асфальтобетона с учетом его особенностей сопротивляться упругопластическим деформациям при цикловом нагружении, за основу были взяты подходы для деления на классы металлов и пластмасс. Так их делят на три класса: циклически упрочняющиеся, циклически разупрочняющиеся и циклически стабилизирующиеся. Ранее отмечалось, что теория усталостных явлений металлов и пластмасс может быть применена, с определенными допущениями и к асфальтобетону и было высказано предположение, что асфальтобетон на различных этапах эксплуатации проявляет себя как циклически упрочняющийся, циклически разупрочняющийся и циклически стабилизирующийся. Предположение было подтверждено результатами анализа зависимости площади гистерезисной петли от количества циклов нагружения.

**Вклад профессора Б.Б. Каримова в научно-техническое
сотрудничество дорожных администраций СНГ**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Научно-техническое сотрудничество дорожных администраций в рамках Содружества Независимых Государств (СНГ), начиная с 1992 года осуществляет Межправительственный Совет Дорожников (МСД). Исполнительным органом МСД является Секретариат, руководителем которого с 1995 года по настоящее время является доктор технических наук, профессор Бури Бачабекович Каримов, он же постоянный заместитель Председателя МСД по должности. Бури Бачабекович лично инициирует подготовку и вносит на рассмотрение высших органов СНГ проекты по вопросам межнациональных дорожных проблем, проводит научно-практические конференции, совещания, выставки, конкурсы, автопробеги и другие научно-производственные и методические мероприятия. С лекциями, содержащими глубокий международный анализ научно-технической информации, он регулярно выступает не только на научных конференциях, но и в студенческих аудиториях высших учебных заведений, на заседаниях вузовских кафедр. Важным организационным мероприятием, реализованным проф. Бури Каримовым, является создание Международного информационно-аналитического, научно-технического журнала «Дороги Содружества Независимых Государств». Статьи этого журнала способствуют распространению передового производственного опыта и внедрению в практику прогрессивных научных идей и разработок. В информационном банке научной продукции проф. Бури Каримова, кроме статей, имеются оригинальные монографии, учебные пособия и поэтические издания. Тематика научных трудов достаточно разнообразна. Это говорит о многосторонности автора, его высоком профессионализме и широкой эрудиции. Многолетний высокопродуктивный научный труд проф. Бури Каримова не остался незамеченным в обществе. Он награжден многими орденами и медалями Российской Федерации, знаками отличия Министерств и ведомств СНГ, является Почетным дорожником, транспортником, строителем в ряде государств, в том числе в России, Беларуси, Украине и др. 9 декабря 2017 года Бури Бачабековичу Каримову исполняется 60 лет. Свой юбилей он встречает в расцвете творческой энергии, с огромными планами новых свершений и побед в сфере развития дорожного хозяйства СНГ, высшего профессионального образования, поэзии и культуры.

**Использование шламов водоочистки тепловых электростанций
в дорожном строительстве**

Ходан Е.П., Корончик А.В., Каренский А.Н.
Белорусский национальный технический университет

Правительство Республики Беларусь поручило разработать план по реконструкции автомобильных дорог местного значения.

Важно отметить, что при строительстве белорусских дорог в основном используются материалы, производимые в пределах государства. Так, состав асфальтобетона, применяемого при укладке автомобильных дорог, постоянно совершенствуется. В то же время ученые и технические специалисты работают над созданием эффективных методов использования вторичных ресурсов, безотходных технологий.

Ежегодно в шламонакопителях на тепловых электростанциях образуется около 60 тонн отходов - шламов. Установлено, что шлам соответствует СТБ 1033-2016, и может применяться в составе холодных асфальтобетонных смесей для укладки покрытий. Зерновой состав указывает на то, что шламы – это очень мелкие частицы. Содержание частиц мельче 0,071 мм составляет около 95 %. Таким образом, благодаря адсорбирующей поверхности поглощает в себя существенную часть нефтяного битума, придавая асфальтобетону требуемые характеристики: механическую прочность, способность к упругим и пластическим деформациям, что существенно улучшает качество дорожного покрытия, увеличивает срок его службы.

Устройство дорожных покрытий из местных материалов и отходов промышленности является актуальной задачей. Так как в Республике Беларусь строится атомная электростанция, и согласно планам, первый блок АЭС должен быть введен в эксплуатацию в 2019 году, а второй — в 2020 году, то проблема накопления шламов водоочистки становится наиболее актуальной, так как при планируемой мощности электростанции для охлаждения реакторов требуется около 40 тонн воды в час. Использование неорганических отходов, образующихся в процессе водоочистки на тепловых электростанциях, в составе асфальтобетонной смеси позволит улучшить экологическую ситуацию.

Таким образом, рекомендуется использование шламом водоочистки электростанций в качестве минерального порошка для асфальтобетонных смесей, а также создание норм и правил проектирования состава асфальтобетонных смесей с использованием шламов водоочистки.

Исследование сцепления колеса автомобиля с различными типами дорожных покрытий

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Коэффициент сцепления является переменной величиной, зависящей от состояния конкретного участка покрытия, режима торможения и наличия боковых сил, действующих на колеса. Сказывается также влияние внутреннего давления в шине, рисунка протектора и т. п. Поэтому его лишь с большой степенью условности можно рассматривать как параметр, характеризующий тип покрытия.

Многочисленные экспериментальные исследования показали, что на значение коэффициента сцепления большее влияние оказывает состояние дорожного покрытия, чем его тип. Это связано с тем, что при любых покрытиях твердые выступы минеральных частиц вдавливаются в шину и поэтому колесо проскальзывает преимущественно в результате деформации резины протектора. По мере износа покрытий их шероховатость уменьшается, а следовательно, уменьшается и их сцепление с колесом.

В результате воздействия автомобильного транспорта и окружающей среды на дорожное покрытие происходит изменение поверхностного слоя, проявляющееся в виде износа – уменьшение толщины слоя покрытия в процессе эксплуатации за счет истирания и шлифования минеральных частиц материала, что ведет к снижению величины шероховатости покрытия, и, как следствие, к снижению его сцепных качеств. При этом, шлифование ведет к сглаживанию и округлению частиц заполнителей, то есть к уменьшению микрошероховатости, в то время как истираемость самих заполнителей ведет к уменьшению макрошероховатости. Не следует не учитывать и такой фактор, влияющий на шероховатость, как выкрашивание частиц различной крупности из поверхностного слоя покрытия. Следует утверждать, что механизм выкрашивания и отслаивания частиц будет различным для цементобетонных и асфальтобетонных покрытий, что обусловлено их различным поведением при изменении температуры – асфальтобетон проявляет упруго-вязкопластические свойства, в то время как цементобетон – только упругие.

Таким образом, можно утверждать, что на шероховатость покрытия и, соответственно, на его сцепные качества основное влияние оказывают физико-механические характеристики заполнителей и конструкционная прочность верхнего слоя покрытия, препятствующая выкрашиванию и отслаиванию частиц.

**Технологическая наследственность органических вяжущих
при приготовлении асфальтобетонных смесей**

Ковалев Д. М.

Белорусский национальный технический университет

Битум – это сложное по своему химическому составу вяжущее. Выделяют три основные группы входящих в битум: асфальтены, смолы, высокомолекулярные углеводороды (масла).

Основное назначение битума – связывание минеральных составляющих для обеспечения технологических и эксплуатационных характеристик дорожной одежды при воздействии на нее движущегося транспорта и погодно-климатических факторов.

Компаундированные битумы получают путем смешения различных веществ в определенных пропорциях, при этом значительно повышая технико-эксплуатационные показатели по сравнению с исходными материалами.

Старение битума - это процесс изменения группового состава за счет перехода масел и смол в асфальтены, вызванного температурными воздействиями или с течением времени. Старение битума сопровождается увеличением модуля упругости асфальтобетона, приводящего к росту общей жесткости конструкции, повышению хрупкости и снижению трещиностойкости. Старение битумов в слоях асфальтобетонных покрытий определяется тремя факторами:

- технологическими режимами приготовления асфальтобетонных смесей;
- пористостью асфальтобетонного покрытия;
- старением битумов при эксплуатации существующего покрытия.

Анализ результатов исследования показывает, что компаундированные битумы обладают повышенной растяжимостью и пенетрацией при температуре 0°С, а также более низкой температурой хрупкости, что указывает на их улучшенные низкотемпературные свойства. Кроме того, эти битумы гораздо менее склонны к старению, которое упрощенно можно представить как процесс превращения ароматических полициклических углеводородов в смолы, смол в асфальтены, а последних - в твердые карбены и карбоиды. Методом тонкослойной хроматографии установлено, что у компаундированных битумов повышается содержание ароматических углеводородов, что предполагает и лучшую совместимость с материалами кислых пород в составе асфальтобетона.

Научный руководитель – Ходан Е.П.

Зависимость физико-механических характеристик асфальтобетонной смеси от температуры уплотнения

Кокарека П.И., Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Изучение процесса формирования асфальтобетона при уплотнении асфальтобетонной смеси в зависимости от температуры в процессе уплотнения позволяет определить качественные и количественные изменения показателей структурных свойств асфальтобетонов.

Анализ научной литературы позволил установить, что процесс структурообразования асфальтобетона при уплотнении асфальтобетонной смеси проходит в несколько этапов, связанных с изменением вязкости битума (остывание асфальтобетона, монотонное и равномерное нарастание вязкости при упрочнении элементарных связей). Повышение температуры уплотнения приводит к снижению когезионной прочности уплотняемой смеси и уменьшению требуемой работы на уплотнение, при этом минеральные частицы сближаются до предельно-возможного расстояния. После снятия уплотняющей возможно частичное разуплотнение материала. При высоких технологических температурах когезия битума мала и когезионные силы не способны фиксировать частицы в предельно уплотненном состоянии. На практике это приводит к образованию «волосных» трещины. Для каждого вида, типа и марки асфальтобетонной смеси существуют температурный интервал эффективного уплотнения. Температура уплотнения зависит от марки битума и его содержания в смеси. В лаборатории кафедры «СЭД» были проведены испытания асфальтобетонных смесей с целью определения влияния температуры уплотнения асфальтобетонной смеси на ее физико-механические свойства по СТБ 1115. Полученные данные эксперимента позволили установить, что температура оказывает определяющее значение на физико-механические свойства. Образцы, имеющие одинаковую плотность, но уплотненные при различных температурах условиях имеют разную прочность. Чем ниже температура уплотнения, тем ниже прочность асфальтобетона. При температуре выше 120°C можно наблюдать максимальные значения прочностных свойств асфальтобетона при стандартном режиме уплотнения, при температуре от 80 до 120°C для достижения требуемых значений прочностных показателей необходимо увеличить время уплотнения смеси примерно в два раза, а при температуре ниже 80°C увеличение времени уплотнения уже не позволит достичь требуемых значений прочностных свойств асфальтобетона.

Интенсивность старения асфальтобетонов

Кокарека П.И., Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Асфальтобетон в процессе работы в дорожных покрытиях подвергается воздействию комплекса атмосферных факторов и во времени изменяет свои свойства.

Одной из причин разрушения асфальтобетонных покрытий является старение битума, входящего в состав материала, что связано с потерей им вязкопластических свойств. Это обуславливается испарением масел, входящих в состав битумов. Интенсивность этого процесса зависит от температуры их кипения, величины поверхности испарения и упругости паров, насыщающих пространство.

Вторым важным фактором старения органических вяжущих в асфальтобетоне является химическое изменение компонентов битума с образованием новых высокомолекулярных органических соединений. Эти изменения связаны с процессом окисления. Интенсивность этого процесса зависит от величины и совокупности действия многих факторов - теплового воздействия, солнечного света, механических воздействий, действия солей металлов переменной валентности (железа, меди, марганца) и др. Интенсивность старения асфальтобетона (коэффициент старения $K_{стр}$) определялась по формуле

$$K_{стр} = \frac{R_0^{стп}}{R_0},$$

где R_0 – предел прочности при растяжении эталонных образцов определяемый согласно СТБ 1115;

$R_0^{стп}$ – предел прочности при растяжении состаренных образцов определяемый согласно СТБ 1115;

Асфальтобетоны приготовленные при различных температурах имеют разное значение коэффициента старения. С увеличением времени термостатирования и температуры приготовления значение коэффициента старения увеличивается. Причем, чем больше толщина битумных пленок на поверхности минеральных зерен, тем меньше влияние оказывает температура приготовления на значение коэффициента старения асфальтобетона.

Анализ полученных данных показывает, что температура, при которой уплотняется асфальтобетонная смесь, не оказывает решающее значение на коррозионную устойчивость асфальтобетона.

Особенности финансирования дорожной отрасли Республики Беларусь

Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Положение Республики Беларусь в Восточной Европе предопределило ее роль в качестве транзитной страны, а автомобильные дороги – это важнейшее звено транспортной системы государства и в свою очередь централизирующая сила, без которой невозможно экономическое, социальное и культурное развитие страны. В Республике Беларусь дорожная отрасль представляет собой производственно-хозяйственный комплекс, включающий сеть автомобильных дорог общего пользования, производственные базы дорожных организаций, которые осуществляют, строительство и реконструкцию, ремонт и содержание, проектирование и диагностику автомобильных дорог, проводят научные исследования, изготавливают и ремонтируют дорожную технику и т. д. Финансирование дорожной отрасли Республики Беларусь обеспечивается следующими источниками: налог с пользователей автомобильных дорог; налог с продаж автомобильного топлива; налог на приобретение автомобильных транспортных средств; часть акцизов на автомобильное топливо; плата за проезд по платным автомобильным дорогам; плата за проезд тяжелых и крупногабаритных автотранспортных средств по дорогам общего пользования Республики Беларусь. Часть платы за выдачу разрешений на проезд по автомобильным дорогам Республики Беларусь. Часть сбора за проезд автомобильных средств иностранных государств по автомобильным дорогам общего пользования Республики Беларусь. Внешние и внутренние заимствования в виде кредитных ресурсов.

В соответствии с принятой Государственной программой по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015-2019 годы потребность в финансировании за счет средств, предусмотренных на развитие республиканского и местного дорожного хозяйства, оценивается в объеме 89 251 млрд рублей в ценах декабря 2014 г., из них за счет средств: республиканского бюджета - 45 624 млрд рублей; кредитов банков Республики Беларусь и иностранных банков - 33 829 млрд рублей, в том числе иностранных - 24 879 млрд рублей; внебюджетного централизованного инвестиционного фонда Минтранса - 25 млрд рублей; собственных средств дорожных организаций - 356 млрд рублей; местных бюджетов - 9417 млрд рублей.

Соболевская С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Диагностику и оценку состояния автомобильных дорог выполняют с целью определения их транспортно-эксплуатационного состояния и уровня содержания, степени соответствия их транспортно-эксплуатационных показателей требованиям к потребительским свойствам дорог и выявления причин этого несоответствия.

По результатам диагностики и оценки состояния выявляют участки дорог, не обеспечивающие нормативные требования к потребительским свойствам и назначают виды ремонта и состав основных работ и мероприятий по содержанию, ремонту или реконструкции дорог с целью повышения их транспортно-эксплуатационных характеристик до требуемого уровня.

Для окончательного решения о конкретном составе ремонтных работ, их видах и объемах составляют проектно-сметную документацию, основанную на материалах оценки качества дорог и уровня ее содержания.

При наличии ограничений по финансовым или материально-техническим ресурсам может быть принято решение не о полном, а только о частичном ремонте дороги или о доведении показателя качества не до нормативного, а только до предельно-допустимого уровня.

При полной обеспеченности денежными и материальными средствами очередность выполнения работ на отдельных участках назначают с использованием в качестве критерия величины затрат на перевозку грузов и пассажиров. При ограниченных ресурсах возникает задача рационального распределения имеющихся денежных средств по ремонтируемым участкам дороги. В этом случае исправляют только те параметры дороги, которые способствуют наибольшему снижению транспортных издержек, не допуская значительных дополнительных затрат из-за недоремонта дороги.

Дополнительные затраты на ремонт складываются из затрат на установку дополнительных дорожных знаков, предупреждающих и ограничивающих скорость движения автомобилей на участках, где не удастся своевременно провести ремонтные работы, и затрат на усиление дорожной одежды и выравнивание покрытия в связи со снижением фактического модуля упругости дорожной конструкции. Оценка текущих затрат для рассматриваемой дороги осуществляют по каждому частному коэффициенту обеспеченности расчетной скорости.

Интеллектуальные транспортные системы для регулирования безопасной скорости движения

Дичковский А.С.

Белорусский национальный технический университет

Интенсивное развитие информационных технологий и средств телекоммуникаций создают в настоящее время благоприятные возможности для перехода на качественно новый уровень управления транспортными потоками и дорожным хозяйством. Поскольку на автомобильном транспорте скорость перемещения грузов во многом зависит от дорожных условий, учет технических параметров автотрассы при расчете безопасной скорости движения на конкретных ее участках составляет основу управления транспортными потоками. Программное обеспечение в области геоинформационных систем, может обеспечить точную геометрию транспортного коридора в цифровом представлении. Данные диагностики покрытий дорог, элементов их обустройства, дислокации дорожных знаков и других дорожных параметров формируют контент программного комплекса, позволяющего рассчитать безопасные скорости движения. Основу информационной системы о состоянии условий движения составляет сеть дорожных измерительных станций (ДИС). Данные ДИС позволяют формировать краткосрочный прогноз погодных условий, образования гололеда, прогнозировать передвижение атмосферных фронтов. Поскольку все метеопрогнозы, выдаваемые синоптиками, являются геопривязанными, это дало возможность накладывать их на цифровую карту дорог и получать прогноз для конкретных участков дорог. Перспективным направлением является создание аналитической системы, позволяющей в реальном времени прогнозировать скорость транспортного потока с привязкой к конкретным участкам дороги. Состав аппаратно-программного комплекса включает: - систему телекоммуникаций с использованием развёрнутых в странах СНГ подсистем связи, в т.ч. ВОЛС, GSM, УКВ, а также ведомственных коммуникаций Минсвязи, МВД, МЧС, Минтранса, и др.; - подсистему контроля и прогнозирования метеорологической обстановки в зоне транспортного коридора (видимости, температуры воздуха и дорожного полотна, наличие гололёда, тумана, дождя, задымлённости) и оповещения технических служб, обслуживающих транспортный коридор; - подсистему контроля качества состояния дороги, особенно в зонах пересечения и примыкания дорог на соответствие их актуальной документации;

- аппаратуру дистанционного постоянного контроля деформаций и смещений объектов в зонах повышенной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций (дамбы, мосты, плотины, тоннели, виадуки, искусственные защитные сооружения и другие), а также интерактивные программные средства прогнозирования изменения ситуации и возможного возникновения локальных и масштабных разрушений;

- подсистему дистанционного контроля уровней воды, перемещения оползней, снежных, ледяных и песчаных масс, селевых и водных потоков, возникновения камнепадов и др., а также интерактивные программные средства прогнозирования изменения ситуаций;

- подсистему снижения страховых рисков, включающую аппаратуру и программные комплексы дистанционного определения стиля вождения водителя, с использованием данных о поведении транспортного средства в процессе движения, информирующую оперативно-диспетчерский персонал и водителя о необходимости и характере действий с целью предупреждения возникновения ДТП. В том числе обеспечивающую точное определение траектории движения транспортных средств в момент ДТП;

- подсистему дистанционного контроля перемещения транспорта и грузов при отсутствии искусственных навигационных полей, в том числе в тоннелях, ущельях, условиях плотной городской застройки и др. Вся информация обрабатывается и выводится на диспетчера и передается непосредственно водителям. На этой стадии вступает в действие вторая транспортная составляющая интеллектуальной системы. Бортовой компьютер анализирует техническое состояние автомобиля и сопоставляет с геоинформационными данными о состоянии дороги. На этой стадии появляется реальная возможность беспилотного управления автомобилями. Третья составляющая – это мониторинг прохождения грузов с помощью систем GPS и ГЛОНАС, который включает установку таможенных меток и отслеживание их перемещения. Таким образом, многоуровневая интегральная интеллектуальная система управления, развернутая на протяжении всего транспортного коридора, позволит регулировать безопасное передвижение транспортных средств и доставку грузов. Чтобы ее реализовать на практике, необходимо гармонизировать технические параметры системы у всех сопредельных странах, создать единый аппаратно-программный комплекс, объединяющий региональные центры управления транспортным коридором, узаконить платные информационные услуги для участников дорожного движения и грузоотправителей.

Работа выполнена под руководством профессора Бусела А.В.

Особенности методов определения оптимальной влажности и влияния содержания органических веществ на процессы уплотнения земляного полотна и оснований дорожных одежд

Козловский Д.С.

Брестский государственный технический университет

В современных условиях в связи с повышением требований к прочности и ровности покрытий автомобильных дорог возрастают требования к стабильности земляного полотна. Деформации земляного полотна, вызванные его недостаточной стабильностью, протекают длительное время и служат одной из основных причин деформаций покрытия, а в отдельных случаях и его полного разрушения.

Основным требованием к грунтам (которые можно назвать грунтами повышенной плотности), является условие сохранения достигнутой плотности в процессе эксплуатации дороги. В противном случае в результате процессов увлажнения-высыхания, набухания-усадки, замерзания-оттаивания и др., грунты разуплотняются и дорожная одежда деформируется, что и приводит к её повреждению. Отсюда, основным критерием стабильности земляного полотна должна быть плотность грунтов.

Для оценки степени уплотнения грунтов в европейских странах используется не плотность (влажного) грунта $\rho = M/V$ (массу единицы объема грунта), а так называемая плотность скелета грунта – масса твердых частиц, находящихся в единице объема, так как цель уплотнения – соединить между собой частицы грунта, чтобы они образовали систему, хорошо воспринимающую внешнюю нагрузку. При этом, чем больше масса частиц в объеме грунта, тем теснее они расположены и тем лучше этот грунт уплотнен.

В странах же СНГ наиболее распространена для определения плотности скелета грунта зависимость вида: $\rho_d = \rho / (1+w)$.

В результате исследований выявлено, что при наличии в грунтах органического вещества прогнозировать связь плотности с влажностью, по формуле Р. Проктора, затруднительно, так как характерно наличие двух значений оптимальной влажности. При этом отмечено, что обеспечить максимальную плотность грунтов, содержащих органическое вещество, тоже возможно, но необходимо увеличить влажность уплотняемых грунтов.

Повышение эффективности фрикционных противогололедных материалов при борьбе с зимней скользкостью

Столярчук А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Расширение сети автомобильных дорог, вызванное постоянным ростом автомобильного парка, увеличением объема перевозок грузов и пассажиров, предъявляет все более высокие требования к содержанию автомобильных дорог и обеспечению безопасности движения по ним. Самые неблагоприятные условия для движения автомобилей появляются в зимний период. В это время происходит появление снежных осадков, метелей, а на покрытии - снежно-ледяные отложения. Снежно-ледяные образования резко снижают эксплуатационную характеристику дорожного покрытия, приводят к снижению скорости движения автотранспорта. По приблизительным подсчетам снижение скорости в 2-2,5 раза уменьшает производительность автомобиля на 30-40 %, повышает себестоимость перевозок на 25-30%. Так же установлено, что скользкость является причиной 40-70% аварий, происходящих зимой. Борьба с зимней скользкостью осуществляется с помощью фрикционных, химических и комбинированных противогололедных материалов. Основным и единственным способом борьбы с зимней скользкостью долгое время оставался фрикционный, позволяющий повысить шероховатость поверхности дорог путем применения различных природных или искусственных абразивных материалов. Особую пользу они приносят в условиях низких температур, когда химические материалы теряют свою активность и их применение становится неэффективным. Однако высокая интенсивность движения транспортного потока приводит к тому, что эта мера оказывается временной и через 1,5-2,0 ч песок полностью отбрасывается на обочину. Чаще всего, для удержания фрикционного противогололедного материала на покрытии, к нему добавляют 3-5% хлористый натрий или галлит. Это позволяет удерживать песок на покрытии в течении 3-4 ч. Однако такой способ снегоочистки довольно дорогой, требует заготовки большого количества пескосоляной смеси и приводит к дополнительному загрязнению покрытий. Предлагается использовать для закрепления фрикционного материала (ФМ) на обледенелом покрытии негашеную известь. Это возможно благодаря значительному тепловыделению материала при гашении извести, способствующему втапливанию ФМ.

Исследования выполняются под руководством проф. Ковалева Я.Н.

Свойства волокнистого базальтового отхода производства плит минералватных

Александров Д.Ю., Ковалёв Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

Ежегодно при производстве плит минералватных теплоизоляционных производства «Гомельстройматериалы» образуется около 12-13 тыс. тонн отходов минеральных волокон. Технологический процесс производства плит из минеральной ваты (базальтовой) включает следующие этапы: дозировка исходных материалов (доломит, базальт, шлак, кокс и др.), плавление в вагранке, центрифугирование расплава, формирование и термообработка ковра, резка ковра, упаковка. Исследуемый отход можно разделить на две группы. Первая - это не вытянувшиеся капли расплава (корольки), образующиеся в процессе волокнообразования на барабанах камеры волокноосаждения. Вторая – волокна из боковой обрезки получаемые на этапе резки ковра. Отход хранится под открытым небом.

Была поставлена задача – рассмотреть возможность использования отхода в дорожном асфальтобетоне. Для этого был выполнен первоначально цикл исследований волокнистого отхода. Были исследованы свойства отхода производства минералватных плит (БЕЛТЕП). Для спектрального анализа дисперсного базальтового волокна использовался спектрометр с преобразованием Фурье. Расшифровка ИК-спектров различных отходов ввиду многокомпонентного состава исходных материалов, технологии производства и других факторов производилась по данным, полученным для сходных образцов. Наиболее интенсивные полосы поглощения относятся к областям волн $600-1100\text{ см}^{-1}$, меньшие – $1200-1700\text{ см}^{-1}$. Полосы поглощения в первом диапазоне волновых чисел соответствуют колебаниям атомов кремния и кислорода. Полосы поглощения во втором диапазоне соответствуют валентным колебаниям $\text{Me}-\text{O}-\text{H}$ связей. ИК-спектр корольков имеет сходные очертания, но так как корольки имеют различный размер, трудно подготовить образец для исследования. Измельчение корольков в порошок позволило бы получить более точный ИК-спектр. Химический состав отходов волокон следующий: SiO_2 (46 %), CaO (21 %), Al_2O_3 (13 %), FeO (4 %), Na_2O (2 %), Fe_2O_3 (1 %) и др. Исходный материал не может быть введен в асфальтобетонную смесь без предварительной обработки. Требуется обработка волокна с помощью ПАВ и последующее его распушивание. При этом необходимо внести некоторые изменения в состав и технологию приготовления асфальтобетонной смеси.

УДК 625.852

**Вибролитой асфальтобетон с применением добавки гранулированного
резинобитумного вяжущего «РБВ-Г»
для устройства покрытия мостового полотна**

Кошелев Д.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время многие искусственные сооружения, особенно построенные в советские годы, требуют ремонта. И здесь большое значение приобретает ремонт гидроизоляции и асфальтобетонного покрытия проезжей части мостовых конструкций.

Традиционные технологии ремонта гидроизоляции и асфальтобетонного покрытия искусственных сооружений дорогостоящи и зачастую неэффективны. Государственным предприятием «БелдорНИИ» разработан состав вибролитого асфальтобетона на битумополимерном вяжущем для устройства покрытий проезжей части мостовых сооружений, который является не только основным покрытием, но и гидроизоляцией.

Технология устройства покрытия из вибролитого асфальтобетона была использована на следующих объектах: мост через р. Западную Двину на юго-западном обходе г. Витебска; мост через р. Березину в г. Борисове, однако данная технология не получила широкого распространения.

Одной из причин этого является применение дорогостоящего битумополимерного вяжущего, изготовленного с использованием зарубежных добавок. Также дорожная отрасль Республики Беларусь не обладает достаточной производственной базой для широкого производства модифицированного битума.

В последнее время на рынке Республики Беларусь появились гранулированные модифицирующие добавки отечественного производства, использование которых не требует переоснащения существующих асфальтобетонных заводов.

В рамках доклада будут представлены некоторые результаты экспериментальных исследований, которые подтверждают возможность использования гранулированного резинобитумного вяжущего для приготовления вибролитых асфальтобетонов надлежащего качества. Производство данных асфальтобетонов позволит во многом решить проблему долговечности покрытий и гидроизоляции мостов и путепроводов. Экономический эффект от применения данной технологии будет достигаться за счет увеличения срока службы мостовых сооружений, асфальтобетонных покрытий на них и за счет использования более дешевых добавок отечественного производства.

Асфальтобетонные смеси с пониженной температурой приготовления (WMA)

Пахолак Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Асфальтобетонные смеси с пониженной температурой приготовления дают возможность снизить температуру производства и укладки асфальтобетонной смеси до 30°C.

В мире существует несколько технологий и добавок для снижения температуры – вспенивание битума, добавление воска и парафина, использование эмульсии, вяжущие с пониженной вязкостью растительного происхождения, химические добавки, битумы WMA.

Наиболее современной считается технология добавления в асфальтобетонную смесь битумов WMA. Их применение дает возможность не использовать дополнительные химические добавки, при производстве смеси, как это было раньше. Эффект достигается благодаря химическим субстанциям, которые улучшают эффективность перемешивания и удобоукладываемость, благодаря уменьшению поверхностного натяжения на границе битум – минеральный материал.

Использование битумов WMA в Европе регламентировано требованиями EN 12591 «Битум и вяжущие вещества. Требования к дорожным битумам».

Плюсы использования битумов WMA – уменьшение количества топлива при производстве смеси, уменьшение выбросов CO₂ и SO₂, повышение удобоукладываемости смеси, возможность производства строительных работ при низких температурах, возможность использования в смеси асфальтогранулята.

В проведенных экспериментах асфальтобетонные смеси, произведенные с помощью битумов WMA, показали следующие результаты:

1. Уплотнение. Необходимая плотность на приборе Маршалла была достигнута при понижении температуры на 20°C. При использовании гираторного компактора требуемая плотность была достигнута при уменьшении температуры на 40°C, однако это требовало увеличения энергозатрат.

2. Водонепроницаемость. Использование пониженных температур не оказывает существенного влияния на водонепроницаемость.

3. Модуль жесткости. Замечено увеличение липкой фазы модуля, что дает возможность судить об увеличении усталостной долговечности и снижении низкотемпературного трещинообразования.

Технология регенерации старых цементобетонных покрытий с применением эффекта Ребиндера

Хамицкий В.А., Ковалев Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

Существует способ регенерации старых цементобетонных покрытий состоящий из этапов: - дефрагментации старого цементобетонного покрытия; - удаление арматуры; - вывозка фрагментированного материала покрытия на дробильно-сортировочные устройства с последующем подвозом материала на строительную площадку в качестве слоя основания для покрытия автомобильной дороги.

Если фрагментированный материал старого цементобетонного покрытия удовлетворяет нормативным условиям для использования в основаниях автомобильной дороги, то данный пункт в технологии регенерации старых цементобетонных покрытий не выполняется. Устройство основания автомобильной дороги из повторно применяемого, фрагментируемого материала старого цементобетонного покрытия. При этом он дополнительно модифицируется для обеспечения хорошего контакта с верхним слоем устраиваемого дорожного покрытия.

Устройство слоев покрытия. Отличие существующей технологии от технологии с применением эффекта Ребиндера заключается в дополнительном первоочередном этапе – очистке покрытия с последующей обработкой старого цементобетонного покрытия поверхностно активным веществом (ПАВ). Дополнительный этап позволит снизить необходимую разрушающую нагрузку на деструктуризацию старого цементобетонного покрытия за счет эффекта Ребиндера. Данный положительный эффект проявляется вследствие адсорбции молекул ПАВ на внутренних поверхностях зародышевых трещин, которые образуются при деформировании материала. Поверхностно активные вещества мигрируют по поверхности тела с большими скоростями и, проникая в трещины, стараются их расклинить. Давление на стенки трещины может достигать значительных величин. Трещины, возникающие под действием внешней нагрузки при проникновении в них молекул ПАВ, еще больше расклиниваются в результате уменьшения работы, затрачиваемой на образование новой поверхности, и усиливают деформацию, которая в свою очередь еще больше расклинивает трещины и способствует дальнейшему проникновению молекул ПАВ. Экспериментальный цикл исследования включает также вопросы возможного применения гидродинамического воздействия на существующее старое бетонное покрытие.

Испытания песка из вскрышных техногенных образований месторождения «Микашевичи» на соответствие требованиям стандарта для контроля качества цемента

Бондаренко С.Н., Васильева Е.И., Курбатов М.И., Юшкевич А.В.
Белорусский национальный технический университет

Строительная практика убедительно показывает, что при испытаниях цементного раствора на прочность, наиболее достоверные результаты получаются при использовании в приготовляемой смеси песка, который отвечает определенным техническим условиям. Нами были проведены проверочные испытания на соответствие песков некоторых представительных проб из отдельных блоков и горизонтов месторождения «Микашевичи» требованиям ГОСТ 6139-2003, DIN EN 196-1:2005 и СТБ ЕН 196-1-2007. В результате проведенных технологических исследований из испытуемых представительных проб методами селективного обогащения и отсева с использованием стандартного набора сит были выделены фракции с содержанием диоксида кремния (SiO_2) не ниже 95% (по массе). Исследование обогащенной и фракционированной пробы с использованием оптического микроскопа показало, что зерна песка имеют, в основном, овальную форму. Установленное по результатам ситового анализа гранулометрическое распределение зерен песка, представленное в таблице, находится в пределах, установленных требованиями действующих нормативных документов для стандартных песков

| | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Размер отверстий сит, мм | 2,00 | 1,60 | 1,00 | 0,50 | 0,16 | 0,08 |
| Остаток на сите, % | 0 | 7,5 | 34,5 | 70 | 81 | 95 |

По результатам просушивания проб до постоянного веса при температуре 110 $^{\circ}$ С влагосодержание испытуемых проб не превышало 0,2%. Потеря массы при прокаливании составила 0,25%; содержание глинистых примесей менее 0,7%, что соответствует требованиям СТБ ЕН 196-1.

Сравнительные испытания на прочность при сжатии и изгибе стандартных образцов затвердевшего цементного камня, изготовленных в виде балочек размером 40x40x160, полученных с использованием песка из вскрышных техногенных образований, а также, для сравнения, из монофракционного песка по ГОСТ 6139 (Вольский монофракционный песок производства РФ) показали, что после соответствующего обогащения и фракционирования эти пески могут быть сертифицированы в качестве стандартного песка для испытаний цементов в строительной отрасли и дорожном строительстве.

**ЭПР мониторинг дефектной структуры минеральных наполнителей
дорожных композиционных материалов**

Бондаренко С.Н., Русак Э.Э.

Белорусский национальный технический университет

Дефектная структура минеральных наполнителей дорожно-строительных материалов является важным фактором в формировании композиционных систем с оптимальным комплексом эксплуатационных свойств. Определяющий вклад в формирование эффективной структуры дорожных материалов конгломератного типа вносит состояние межфазовой границы и прочность связи в зоне контакта частиц минеральных компонентов. При ЭПР мониторинге минеральных наполнителей на основе мелких отсевов дробления гранита, доломита и измельченного кварцевого песка уверенно фиксируется наличие характерных сигналов от парамагнитных центров и/или парамагнитных частиц, локализованных на дефектах структуры упомянутых материалов.

Анализ основных параметров линий поглощения спектров ЭПР по ширине и положению в магнитном поле, свидетельствует о возможном присутствии в исследуемых образцах свободных электронов и дырок, дислокаций, собственных дефектов и дефектов поверхности. Основные линии поглощения проявляются в пределах значений магнитного поля от 310 мТл до 345 мТл, а g-факторы центров наиболее характерных линий поглощения находятся в пределах от g-фактора = 2,0017 до g-фактора = 2,0069.

Характер зависимости интенсивности и других параметров сигнала ЭПР от мощности микроволнового излучения, а также установленный факт, что с увеличением степени дисперсности частиц молотого кварцевого песка отмечается увеличение интенсивности сигнала от парамагнитных центров, позволяет обоснованно связать наблюдаемые спектры ЭПР в измельченном и исходном кварцевом песке с собственными парамагнитными дефектами, локализованными, прежде всего, на поверхности кварцевых зерен.

Проведенные исследования спиновых центров в поверхностной структуре диоксида кремния позволяют сделать заключение, что развитая поверхность зерен SiO₂ представляет собой эталонный модельный объект для изучения процессов адсорбции различных молекул и молекулярных комплексов на парамагнитных центрах и дефектах поверхности и формирования прочных связей в зоне контакта компонентов с использованием ЭПР мониторинга.

**Исследования пористой структуры цементобетонных материалов
электрохимическими методами**

¹Бондаренко С.Н., ²Дударев Д.Е., ¹Коликова Е.С.

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный университет

Тенденции изменения характера проводимости стандартных образцов цементобетонных материалов изучались в циклически повторяющихся процессах высушивания и насыщения влагой, а также при замораживании насыщенных водой образцов при температуре – 15°С с последующим размораживанием и высушиванием стандартных и контрольных образцов.

Для оценки влияния размеров пор на спектры импеданса были изготовлены контрольные образцы с заполнителем различного гранулометрического состава: от 0,32 до 0,63 мм, от 0,63 до 1,25 мм, от 1,25 до 2,5 мм. Электрохимические исследования комплексной величины импеданса проводились в интервале частот переменного тока от 0,1 до 1000 Гц. Анализ спектров импеданса, показал, что в процессе высушивания сопротивление материала возрастает, что объясняется уменьшением количества проводящего раствора в порах. При этом высушивание приводит к уменьшению ёмкостной электрической составляющей в спектрах. Материал, изготовленный с заполнителем с максимальным размером частиц и соответственно с порами больших размеров в состоянии насыщения влагой обладает минимальным сопротивлением и максимальной ёмкостью по сравнению с другими материалами. Однако при высушивании параметры импедансного отклика изменяются в наибольшей по сравнению с другими образцами степени, что можно объяснить легкостью удаления влаги из открытых пор по более широкому каналу. В циклах замораживания – оттаивания, отмеченные изменения в спектрах импеданса (уменьшение сопротивления и увеличение электрической ёмкости) на основе анализа полученных спектров с использованием эквивалентных схем показывает, что они, вероятно, связаны с механическим расширением открытых пор в циклах замораживания оттаиванием, что приводит к дополнительному заполнению порового пространства и появлению новых каналов переноса зарядов. Представленные результаты демонстрируют возможность с помощью анализа эквивалентных схем и спектров многочастотного отклика переменного тока (спектров импеданса) исследовать показатели, характеризующие открытую пористость и влагосодержание в цементобетонных материалах, в том числе и непосредственно в материале эксплуатируемых конструкций.

Скользкость дорожных цементобетонных покрытий и разработка мероприятий по борьбе с ней в условиях Республики Беларусь

Борис В.М.

Белорусский национальный технический университет

Скользкое покрытие является одним из самых частых сопутствующих дорожных условий при ДТП. Поэтому для сохранения жизни и здоровья людей необходимо создание безопасных условий, что достигается в первую очередь устранением факторов, негативно влияющих на безопасность движения. Основная задача зимнего содержания - обеспечение бесперебойного, безопасного и удобного проезда автомобилей со скоростями, установленными для данной категории дороги, с одновременным поддержанием ее в сохранности и в благоустроенном состоянии. При этом проезжую часть дорог и улиц следует очищать от снега и льда, не повреждая дорожного покрытия. В условиях зимней эксплуатации автомобильных дорог с бетонным покрытием на их поверхности возможно образование слоя льда. Для его удаления применяют различные методы, в том числе химические антигололедные реагенты, в частности хлорид натрия NaCl. Этот реагент понижает температуру замерзания образующегося рассола и вызывает таяние льда при отрицательной температуре. Процессы растворения NaCl и плавление льда носят эндотермический характер, т. е. сопровождаются поглощением теплоты, вследствие чего в поверхностном слое бетонного покрытия, находящегося под тающим льдом, резко снижается температура: наблюдается явление термического удара. Природу термического удара обуславливают значительные температурные градиенты, которые возникают в поверхностном слое дороги на глубинах 0,5–3,5 см в результате использования некоторых антигололедных реагентов. При этом возможно замерзание воды в мелких порах поверхностного слоя бетона, приводящее к существенному повышению его льдистости. В результате образуются температурные напряжения, приводящие к деформациям структуры поверхностного слоя бетона и его ускоренному разрушению (шелушению). В качестве актуальных задач исследования можно обозначить следующее: - районирование территории Республики Беларусь по контрольным показателям возникновения гололедных явлений: влажность воздуха 80-85% и температура дорожного покрытия около 0°C. - разработка новых составов органических антигололедных материалов не оказывающих деструктивного воздействия на бетонное дорожное покрытие.

**Эффективность торфоактивации для местных каменных материалов,
используемых при производстве асфальтобетонных смесей**

Будниченко С.С., Пахолок Р.А.

Белорусский национальный технический университет

Асфальтобетонные покрытия сейчас являются наиболее преобладающим типом покрытий на республиканских дорогах. Однако они недостаточно долговечны особенно при использовании местных каменных материалов при приготовлении асфальтобетонных смесей. При этом наиболее сложной является проблема повышения коррозионной стойкости асфальтобетона, которая значительно снижает его срок службы. Ее решение зависит от прочности структуры материала, которая в значительной мере определяется величиной адгезионной связи, осуществляемой на границе раздела фаз между поверхностью каменных материалов и битумом. Эффективным средством, направленным на увеличение адгезионной связи между структурными компонентами асфальтобетона, является их активация. Для этого дисперсный наполнитель подвергают обработке активатором – органическими соединениями с определенным типом функциональных групп, способных взаимодействовать как с полимерной матрицей, так и с активными центрами на поверхности минеральных материалов. Уникальные свойства торфа представляют интерес для его применения в дорожном строительстве при приготовлении асфальтобетонных смесей. Наиболее характерным свойством органического вещества торфа является его термическая неустойчивость. При температурном воздействии происходит изменение органического вещества – его термическая деструкция (термолиз), с выходом жидких и газообразных продуктов участвующих в процессе обработки минеральных заполнителей. Для оценки эффективности торфоактивации для местных каменных материалов была разработана технология их активации в рамках производства асфальтобетонных смесей. Результаты исследований позволили сделать следующие заключения: - поверхность каменных материалов обработанная продуктами термической деструкции торфа проявляет яркие гидрофобные свойства; - проведенный анализ физико-механических характеристик образцов асфальтобетона, изготовленных из торфоактивированных минеральных компонентов, показал положительное влияние такого рода модификации на его свойства. Особенно заметна устойчивая тенденция улучшения всех прочностных показателей и улучшение коррозионной стойкости асфальтобетона, при использовании каменных материалов местного происхождения.

**Пути применения отходов промышленности при производстве
дорожно-строительных материалов**

Будниченко С.С.

Белорусский национальный технический университет

В проблеме рациональной утилизации промышленных отходов в единый узел сплелись вопросы охраны окружающей среды и ресурсосбережения. В настоящее время на предприятиях различных отраслей промышленности Республики Беларусь ежегодно образуется большое количество отходов различного происхождения (около 12 млн т), значительная часть которых перерабатывается, однако треть этого объема остается невостребованной. Под полигоны для хранения ежегодно отчуждаются пригодные для ведения народного хозяйства земли. Годовой экономический ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления оценивается на уровне 2% валового внутреннего продукта. Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и прежде всего строительного назначения. Так как строительство потребляет около трети всей массы продукции материального производства, материальные ресурсы составляют более половины всех затрат на производство строительно-монтажных работ. Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов - их использование в производстве дорожно-строительных материалов, что позволяет до 40% удовлетворить потребности в сырье, этой отрасли. Применение отходов промышленности позволяет на 10-30% снизить затраты на изготовление дорожно-строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 35-50%. На основе применения отходов промышленности возможно развитие производства не только традиционных, но и новых эффективных строительных материалов. Новые материалы обладают комплексом улучшенных технических свойств и в то же время характеризуются наименьшей ресурсоемкостью. Развитие и совершенствование производства строительных материалов, повышение их экономической эффективности на современном этапе в значительной степени будут определяться рациональностью использования сырьевых ресурсов, полнотой вовлечения в производство отходов различных отраслей промышленности.

Актуальность своевременного диагностирования и оценки транспортно-эксплуатационного состояния сети местных дорог агропромышленного комплекса Республики Беларусь

¹Голубев В.В., ²Ковалёв Я.Н.

¹Белорусский дорожный инженерно-технический центр

²Белорусский национальный технический университет

В настоящее время ежегодное обследование транспортно-эксплуатационного состояния (ТЭС) местных дорог агропромышленного комплекса (АПК) производится крайне недостаточно (10-15% от всей сети). Однако для планирования эффективной стратегии поддержания местных дорог в работоспособном состоянии необходимо непрерывно осуществлять диагностику этого качества. При отсутствии своевременно получаемых данных систематической диагностики ТЭС местных дорог невозможно планировать требуемые объемы ремонтных работ, конкретные места их выполнения и очередность. Целевое решение вопроса очевидно: требуется создавать областные банки данных по результатам обследования местных дорог, включающие, кроме данных о прочности, ровности и геометрических параметрах, данные по упрощению начертания сети, учитывающие характер транспортных грузоперевозок местных предприятий и запросы населения области. Собранные данные должны фиксироваться в комплексном техническом паспорте дороги (участка) в котором указываются климатические особенности региона и виды грунтов (для грунтовых дорог). Особое внимание должно быть уделено оценке ровности и прочности конструкции поверхностных слоев проезжей части гравийных и грунтовых дорог, а также факторам, влияющим на них в неблагоприятные периоды года. Учитывая, что в Беларуси более 23 тыс. деревень, следует, прежде всего, определить жизненно-функционирующие из них, что в дальнейшем позволит планировать создание оптимальной коммуникационной связи деревень и агрогородков с районными центрами. Отдельным вопросом является учёт наличия в областях предприятий с их ведомственными дорогами, а также прироста местных дорог за счет принятия от сельскохозяйственных предприятий внутрихозяйственных дорог. Следует отметить, что для проведения систематического обследования местных дорог, облдорстрой пока не имеют достаточных средств для приобретения современных мобильных измерительных устройств и компьютерных комплексов. Поэтому необходимо искать более упрощенные, но не уступающие импортным устройствам, собственные измерительные комплексы.

Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичного асфальтобетона

Оев С.А., Куприянчик А.А.

Таджикский технический университет,

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в Республике Таджикистан наибольшее распространение получили асфальтобетонные дорожные покрытия. Основным недостатком таких покрытий является недостаточная стойкость асфальтобетона к одновременному воздействию тяжелых транспортных нагрузок, высоких температур и других климатических факторов, требующих применение противогололедных реагентов. Поэтому проблема существенного улучшения качества асфальтобетона и изыскания наиболее эффективных его разновидностей в нашей стране остается до конца нерешенной.

Анализ зарубежных и отечественных исследований показал, что одним из наиболее перспективных материалов для строительства дорожных покрытий является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА).

Обязательным компонентом ЩМА является стабилизирующая волокнистая добавка, чаще всего из целлюлозы. В настоящее время в Таджикистане в качестве стабилизирующих добавок для ЩМС используют добавки *импортного производства* VIATOR, TORCEL, TECHNOCEL 1004, ARBOCEL, которые имеют высокую стоимость. В связи с этим важным является поиск *альтернативных (импортозамещающих)* стабилизирующих добавок для ЩМА. В качестве альтернативы применяемым добавкам может быть рассмотрена стабилизирующая добавка на основе хлопковой целлюлозы. В Таджикистане при переработке хлопка-сырца и производстве продукции на его основе ежегодно образуется значительное количество целлюлозосодержащих отходов, включающих 70-93% хлопковой целлюлозы. По мере увеличения производстве хлопка-сырца, количество волокнистых отходов хлопковых заводов может достигать 6,0-7,0 тыс. тонн в год. Поэтому исследования, направленные на решение важной прикладной научной задачи ресурсосбережения при производстве ЩМА за счет применения стабилизирующей добавки на основе хлопковой целлюлозы, являются актуальными.

В Таджикском техническом университете разработана новая стабилизирующая добавка – микрокристаллическая целлюлоза.

Исследования подтвердили эффективность ее применения с целью повышения долговечности асфальтобетонных покрытий.

**Новая парадигма содержания автомобильных дорог
с бетонным покрытием**

Пшембаев М.К., Ковалёв Я.Н.

Белорусский национальный технический университет

Традиционно установилось мнение, что содержание автомобильных дорог – это комплекс мероприятий по их круглогодичному уходу, включая дорожное полотно, сооружения и полосу отвода. Это, например, четко отражено в разработанных в Беларуси технических нормативных актах. В данном случае объектом содержания являются все элементы дороги. Для этого разработан также перечень работ, устраняющий выявленные недостатки при содержании автомобильной дороги.

В соответствии с предлагаемой новой парадигмой содержания автомобильных дорог с бетонным покрытием, развивается теория дерматозной защиты поверхностного слоя бетонных покрытий. При этом предметом исследования является содержание не всей дороги в целом, а отдельного элемента дорожной одежды – бетонного покрытия. Подчеркивается, что именно от его технического состояния значительно зависит безопасность и экономическая эффективность перевозок по дорогам с таким покрытием.

В этом случае под термином «содержание дорожных бетонных покрытий» следует понимать «комплекс профилактических и технологических работ, осуществляемых в течение года (с учетом сезонов) по выявлению и устранению поверхностных коррозионных разрушений бетонных покрытий, а также по целенаправленному предотвращению их развития. В комплекс работ входят также работы по прогнозированию и устранению скользкости бетонных покрытий».

Таким образом, объектом исследования является поверхностный слой бетонных покрытий, а предметом исследования – его защита от коррозионных разрушений и скользкости в расчетные сезоны годы. Расчетными сезонами при эксплуатации бетонных покрытий являются нестабильные температурно-влажностные переходные периоды года – весна, осень и оттепели в зимнее время, стимулирующие появление мелких сеток трещин и гололедных явлений.

Такой подход является своевременным и актуальным для резко-континентального климата Казахстана поскольку массовое строительство и эксплуатация дорог с бетонным покрытием определены государством, как один из важнейших приоритетов в стратегическом развитии экономики Республики Казахстан.

Разрушение и переработка старых цементобетонных покрытий

Савуха А.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в Республике Беларусь взят курс на строительство автомобильных дорог с цементобетонным покрытием. В связи с этим уже сейчас необходимо разработать методы для ремонта, разрушения и переработки старых цементобетонных покрытий, исходя из имеющихся технологий и специфики отрасли. Существует несколько основных категорий возможных мероприятий, направленных на реабилитацию и переработку эксплуатируемых цементобетонных покрытий:

- восстановление цементобетонного покрытия:

- устройство слоев усиления поверх эксплуатируемого цементобетонного покрытия с применением горячей асфальтобетонной смеси или с применением бетонной смеси;

- реконструкция.

Разрушение старых и утративших свои прочностные и иные характеристики цементобетонные покрытия можно проводить при помощи низкоамплитудного высокочастотного резонансного бетонолома. При разрушении таких покрытий может быть применены специальные добавки проникающие в трещины и микротрещины покрытия и уменьшающие его прочность за счет проявления эффекта Ребиндера. Это снизит энергозатраты на разрушение покрытий. Теоретически технология заключается в предварительной обработке покрытия небольшим количеством ПАВ при помощи поливочной машины, а затем проходом катков для нагнетания ПАВ в трещины. Существует большое количество методов регенерации и повторного использования материалов, которые могут быть применены при реконструкции автомобильных дорог. Поэтому эффект Ребиндера может быть реализован при переработке уже разрушенного цементобетонного покрытия. Фрагменты, полученные после разрушения бетонного покрытия, перерабатываются на дробильно-сортировочной установке после удаления арматуры. Добавление ПАВ в эту установку позволит снизить энергозатраты на этом этапе. Получаемая в результате переработки смесь может быть направлена для устройства основания или на склад готовой продукции. Таким образом, перспективой развития данного направления является поиск новых ПАВ, которые будут иметь низкую стоимость, хорошо проникать в дефекты покрытия и иметь низкий расход при приготовлении водного раствора.

УДК 625.7

**Особенности формирования интенсивности движения на местной сети
дорог и зависимость потерь пользователей
от транспортно-эксплуатационного состояния дорог**

Франкевич И.Д., ГП «Белгипродор»

Плотность дорожной сети общего пользования составляет 418 километров на 1000 кв. километров территории и является одной из самых высоких среди стран-участниц Содружества Независимых Государств. Транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог общего пользования не в полной мере удовлетворяет потребностям народного хозяйства в автомобильных перевозках. По состоянию на 1 января 2016 года сеть местных автомобильных дорог в Республике Беларусь составила 71 051 километр, из них с твердым покрытием 59 351 километр (или 83,6 % от общей протяженности), в том числе с асфальтобетонным покрытием – 30 724 километра (или 43,3 % от общей протяженности), с цементобетонным покрытием – 837 километров (или 1,2 %), с гравийным покрытием – 27 790 километров (или 46,8 %). Протяженность местных автомобильных дорог, требующих неотложного ремонта, составляет 5 889 километров, или 8 процентов от их общей протяженности. С ограниченной несущей способностью на ось транспортного средства 6 тонн эксплуатируется более 90 километров местных дорог. На этих участках водители транспортных средств вынуждены снижать скорость движения, что приводит к экономическим издержкам. Из-за недостаточного финансирования (менее 50 процентов от потребности) Программа «Дороги Беларуси» на 2006-2015 годы, не выполнена по местным автомобильным дорогам. Менее чем на 33 процента выполнено за 2006 - 2013 годы установленное задание по капитальному ремонту местных дорог. По сравнению с 2008 годом в 4 раза сократилась протяженность отремонтированных в 2016 году по текущему ремонту местных дорог. Вследствие недостаточного финансирования 94% местных дорог эксплуатируется с превышением межремонтных сроков. Поэтому Главой государства была поставлена задача отремонтировать в ближайшие 3 года опорную сеть местных дорог. Сезонность формирования транспортного потока затрудняет фактическое измерение интенсивности движения. При этом максимальная нагрузка на такие дороги приходится именно на самое неблагоприятное время года – период весенней и осенней распутицы. Поэтому моделирование движения транспорта на местных дорогах с учетом статистических данных дает более полную картину источников формирования потока и как следствие более точный расчет и прогноз.

**Практические исследования динамики изменения ровности покрытий
автомобильных дорог**

Буртыль Ю.В.

Республиканское унитарное предприятие «Белорусский дорожный
инженерно-технический центр»

Необратимые деформации материалов дорожной конструкции под действием нагрузки и погодно-климатических факторов отражаются на дорожных покрытиях в виде неровностей. Неровности формируются в слоях основания, покрытия и отражаются на поверхности асфальтобетонных покрытий с различной длиной и интенсивностью. В течении межремонтного срока, с ростом деформаций, возрастает количество неровностей на покрытии. Интегрирующим показателем, позволяющим оценить интенсивность формирования деформаций, является ровность дорожного покрытия. С увеличением величины и интенсивности неровностей снижается надежность дорожной одежды. Предполагается, что изменение ровности во времени имеет устойчивую корреляционную линейную зависимость и может характеризовать надежность дорожной одежды в течении срока службы. Исследования проводились на основании анализ результатов измерения ровности покрытия за период 2002-2016 гг., на 62 опытных участках в период межремонтных сроков общей протяженностью 286 км. На всех опытных участках подтвержден закон нормального распределения выборки, коэффициент корреляции в среднем составил 0,88 с минимальным значением 0,76 и с применением статистических методов установлено, что полученные парные корреляция между ровностью покрытия и временем значимы и имеют вид:

$$IRI = T \cdot R + B.$$

Надежность дорожной одежды предлагается определять на основании коэффициента надежности (K_n) по формуле

$$K_n = \frac{R_n}{R}.$$

Величина превышения фактического коэффициента регрессии после ремонта в течении периода наблюдений над нормативным определяет характер ремонтных мероприятий (K_n не менее 0,8 – текущий ремонт, K_n до 0,8 капитальный, K_n менее 0,5 переустройство дорожной одежды).

**Актуальность использования капсулированного вязкого битума
для дорожного асфальтобетона**

Ковалев Я.Н., Желнов В.Н.

Белорусский национально технический университет

В настоящее время сфера строительства автомобильных дорог нуждается в модификации методов производства покрытия, которые затронули бы не только аспект их долговечности, а также вопрос экономии, без потери качества. Улучшения могут коснуться двух основных составляющих дорожного полотна: материалов и технологии строительства асфальтобетонного покрытия.

Соответственно, при соблюдении технологии укладки дорожного покрытия, на его долговечность и эксплуатационные качества влияют материалы, которые будут использованы. Для асфальтобетонного покрытия речь идет о вяжущем, которое входит в его состав. Выбор полимерного материала, используемого в качестве оболочки для битума, является одним из направлений по улучшению качеств дорожных вяжущих. Использование капсулированного битума, имеет ряд преимуществ, перед его использованием в классическом виде, а именно:

– Разные полимеры, используемые как капсулы для битума, могут улучшать различные свойства, в зависимости от вида полимера и его количества по отношению ко всему битуму .

– Оболочка позволит изменить технологический процесс получения асфальтобетонной смеси и снизить энергоемкости производства, при этом упростив состав оборудования асфальтобетонного завода (АБЗ).

– Большая часть уменьшения тепловых затрат происходит за счет отсутствия необходимости в тепловой обработке при разгрузке битума и при его разогреве перед добавлением в смеситель.

Данные преимущества позволят улучшить основные свойства битума, такие как пластичность, морозостойкость, температура хрупкости и размягчения, а также эффективно использовать комплекс установок на АБЗ, за счет сокращения тепловых затрат, и, как следствие, уменьшения материальных потерь, которые присущи при классическом использовании битума.

УДК 625.7

Районирование территории Республики Беларусь по условиям вероятности образования пучин на автомобильных дорогах

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Пучины на автомобильных дорогах являются важнейшим дефектом их эксплуатационного состояния. Они образуются в результате накопления влаги в земляном полотне, а при промерзании дорожной конструкции - к ее миграции с последующим замерзанием и увеличении в объеме. Условиями пучинообразования являются: интенсивное морозное влагонакопление, глубокое медленное промерзание и тонкодисперстность грунта земляного полотна. Пучины на дорогах образуются в зимний период года, но при отсутствии любого из трех указанных условий они не возникают. Проблемы пучинообразования относятся к теории водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог. Их научную интерпретацию можно найти в трудах профессоров В.Ф. Бабкова, И.А. Золоторя, Н.Н. Иванова, Н.А. Пузакова, С.М. Сиденко, Г.М. Шагунянца, В.Н. Яромко и др. Практика показывает, что избежать пучинообразования можно путем использования для возведения земляного полотна непучинистых грунтов, соблюдения требуемого расстояния от бровки земляного полотна до уровня грунтовых вод, учета особенностей климатических условий местности и назначения конструкции дорожной одежды с учетом обеспечения несущей способности земляного полотна и величины внешних транспортных нагрузок.

Условия вероятности образования пучин на автомобильных дорогах Беларуси варьируют в значительных пределах, а поэтому необходимо учитывать особенности регионов. Совместно с профессором Вырко Н.П. предложена система районирования территории Республики Беларусь. Подробная информация о пучинообразовании приведена в книге И.И. Леоновича, Н.П. Вырко «Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог», Минск: БГТУ, 2015. – 285 с.

УДК 625.765

Метод определения активности асфальтогранулята

Игошкин Д.Г.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

На основе технологии повторного использования асфальтогранулята (продукт переработки старого асфальтобетона) в асфальтобетонных слоях можно достичь замкнутого цикла при котором потребность в дефицитных

и дорогостоящих новых материалах сводится к минимуму, что значительно снизит стоимость работ.

Введение асфальтогранулята в состав асфальтобетонной смеси значительно снижает расчетный срок службы асфальтобетона по критерию усталостной трещиностойкости. Одной из причин снижения долговечности асфальтобетона является недостаточная «активность» используемого асфальтогранулята.

Под активностью следует принимать способность асфальтового вяжущего в составе асфальтогранулята образовывать после нагрева и последующего остывания прочные связи, способные выдерживать транспортную нагрузку.

Степень активности асфальтогранулята определяется количеством и качеством битума на поверхности зерен минеральных частиц. Для объективной оценки активности асфальтогранулята необходимо проведение лабораторных исследований для определения количества и качества асфальтовяжущего вещества. Определить, является ли асфальтогранулят активным или неактивным, можно определив коэффициент активности. Коэффициент активности равен отношению пределов прочности при сжатии образцов из асфальтогранулята, изготовленных при температурах 80°C и 150°C.

Если коэффициент активности больше 0,85, асфальтогранулят относится к активным и может применяться при устройстве асфальтобетонных слоев без дополнительных мероприятий. Если коэффициент активности меньше 0,85, асфальтогранулят относится к неактивным и может применяться только совместно с новым битумом или с использованием «омолаживающих» добавок или в качестве заполнителя.

УДК 625.855.3

Пористые асфальтобетоны различной структуры

Тимофеев С.А.

Республиканское дочернее унитарное предприятие «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ»

На сегодняшний день подбор состава асфальтобетонных смесей в Республике Беларусь осуществляется по предельным кривым плотных смесей, когда более мелкие частицы должны максимально заполнять пространства между более крупными частицами, обеспечивая максимальную плотность асфальтобетона. Это положение справедливо для плотных асфальтобетонов.

Для пористых асфальтобетонов значение остаточной пористости

должно быть в пределах от 5 до 12%, т. е. структура асфальтобетона не должна быть максимально плотной. При этом требуемое значение остаточной пористости может достигаться несколькими способами:

- созданием пористого каменного каркаса из щебня, когда требуемая пористость обеспечивается соотношением фракций крупного заполнителя;
- недостатком мелкого заполнителя, когда количества мелкого заполнителя недостаточно для заполнения пор в высокощебенистом каркасе;
- отсутствием наполнителя, когда в составе асфальтобетона отсутствует минеральный порошок;
- низким содержанием битума, когда асфальтобетон имеет плотную минеральную часть схожую с плотным асфальтобетоном, но пониженное содержание битума, которое и обеспечивает требуемую пористость.

При каждом из этих способов будет получаться пористый асфальтобетон с требуемым значением остаточной пористости, но свойства этих пористых асфальтобетонов очевидно будут различны даже при одном и том же значении остаточной пористости, т. к. данные пористые асфальтобетоны будут иметь различную структуру, различный характер распределения и объем пор, различный модуль содержания вяжущего, различную степень структурирования вяжущего (Б/МП).

УДК 620.92:692.66-838

Разогреватель для ремонта асфальтобетонного покрытия при помощи СВЧ-энергии

Гарост М.М., Жук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из видов разрушения асфальтобетонного покрытия являются трещины, возникающие в результате старения материала, нарушения технологии укладки дорожного покрытия, температурных перепадов, воздействия окружающей среды.

Предотвращение развития дефектов покрытия путем герметизации трещин в начальной стадии их образования является наиболее эффективным способом обеспечения эксплуатационных характеристик дорожных покрытий. При ремонте асфальтобетонных покрытий разогрев асфальтобетона необходимо производить на всю глубину, что повышает качество ремонта. Современные тенденции в области разогрева асфальтобетонного покрытия направлены на поиск новых высокоэффективных и экологически чистых технологий. Как показал анализ литературных источников одним из таких направлений является использование в качестве источника тепла электромагнитного поля

сверхвысоких частот (СВЧ энергии). СВЧ – разогреватели равномерно нагревают асфальтобетонное покрытие во всем объеме материала, попадающем в зону нагрева. Однако при работе со СВЧ-установками одна из проблем состоит в экранизации зоны нагрева таким образом, чтобы уровень паразитного излучения, которому может подвергнуться обслуживающий персонал, соответствовал санитарным нормам. Российскими учеными предложена конструкция устройства для нагрева дорожного полотна, состоящая из блока питания СВЧ-генераторов, СВЧ-генераторов, линий передачи СВЧ-мощности, излучателей СВЧ-энергии, жесткого экрана над пространством нагрева дорожного полотна, системы четвертьволновых шлейфов. Устройство устанавливают над ремонтируемым участком с предварительно насыпанным слоем асфальто-битумной смеси. При достижении дорожным покрытием температуры, предписанной регламентом ремонта дорожного покрытия, СВЧ-генераторы выключаются, и устройство перемещается к следующему участку ремонтируемого дорожного покрытия. Использование СВЧ-разогревателя для разогрева асфальтобетонных покрытий позволит эффективно и качественно осуществлять ремонт дефектов покрытия (выбоин, просадок, трещин) на автодорогах, мостах и путепроводах.

УДК 691.223.7

Стандартный кварцевый песок для испытаний на основе отходов переработки природного сырья Республики Беларусь

Бондаренко С.Н., Васильева Е.И., Юшкевич А.В.
Белорусский национальный технический университет

Чистый кварцевый концентрат, полученный из некоторых разновидностей отвалов вскрышных пород карьера Микашевичи имеет полное соответствие минералогическим и гранулометрическим показателям действующего международного эталона и может после соответствующей аттестации быть использован как отечественный аналог стандартного песка для испытаний цемента в дорожной и строительной отраслях.

Для различных проб содержание SiO_2 составило, в среднем, от 95 до 98 (% вес). Из остатков на ситах (1,0; 0,63; 0,315; 0,1) отобраны соответствующие навески, минеральный состав которых был изучен с помощью лупы и бинокулярного микроскопа. Установлено, что основным компонентом песка вскрышных пород является кварц.

Из кварцсодержащих компонентов изученных проб сырья из отвалов вскрышных пород была выделена фракция песка, по содержанию диоксида кремния, гранулометрическому составу и форме зерен, отвечающая требованиям СТБ ЕН 196-1-2007. Было установлено, что содержание

диоксида кремния, гранулометрический состав и форма частиц этой фракции кварцевого песка, выделенной из изучаемой пробы, полностью соответствует диапазону предельных значений, установленных для эталонного песка.

Некоторая часть природных кварцевых песков из отвалов, имеющая строго определенный гранулометрический состав, с содержанием SiO₂ (не менее 98%), отвечающая техническим условиям ГОСТ 6139-2003, в том числе и по форме зерен песка, может быть сертифицирована в качестве стандартного песка для испытаний цементов в дорожной и строительной отрасли.

УДК625.76

Применение отходов сахарного производства в дорожном строительстве

Кажуро С.М.

Белорусский национальный технический университет

Во всем мире для достижения эффективного производства применяются определенные меры для сокращения энергозатрат.

В дорожной отрасли, по-прежнему, значительный объем занимает строительство асфальтобетонных покрытий. В составе асфальтобетонных смесей, наряду с другими компонентами, до 20% используется дорожный минеральный порошок из карбонатных горных пород (CaCO₃). Среди перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса сахарная промышленность является источником значительного количества таких вторичных ресурсов, как свекловичный жом, меласса, фильтрационный осадок (дефекат), рафинадная патока, свекловичный бой и др. Так, при среднем выходе сахара 12-13 % свеклосахарное производство дает к массе перерабатываемой свеклы 80-83 % сырого свекловичного жома, 5,0-5,5 % мелассы, 10-12 % фильтрационного осадка. Низкая доля переработки вторичных сырьевых ресурсов приводит не только к их значительным потерям, но и к загрязнению окружающей среды, нарушению экологического баланса, а также к значительным финансовым затратам на их утилизацию. Наиболее остро для сахарных заводов стоит проблема утилизации фильтрационного осадка, который в настоящее время не используется и на большинстве сахарных заводов является крупнотоннажным отходом производства. Таким образом, утилизация фильтрационного осадка сахарного производства — актуальная проблема.

В целях снижения ресурсозатрат при производстве асфальтобетонных смесей, предлагается заменить известняковый порошок отходом сахарного производства, накапливаемого ежегодно в отвалах сахарных заводов.

При этом, кроме получения экономии от такой замены,

утилизируется сам отход сахарного производства, сохраняя экологическую чистоту окружающей среды.

Рассматриваемая проблема требует решения ряда задач:

- экономически подтвердить целесообразность утилизации отходов сахарного производства;
- обосновать целесообразность использования дефеката в песчаном асфальтобетоне (наибольший процент использования);
- определить адгезионную активность по отношению к битуму.

Исследования выполняются под руководством проф. Ковалёва Я.Н.

УДК 625

Применение известковых добавок в асфальтобетонных смесях

Сушко П.А.

Белорусский национальный технический университет

Результаты многочисленных исследований показывают, что молотая известь является очень эффективной добавкой, повышающей сцепление битума с поверхностью минерального материала, однако механизм ее действия еще изучен недостаточно подробно. Были предложены различные варианты этого механизма: (а) известь реагирует с кислотами в битумном вяжущем, которые легко абсорбируются на поверхности заполнителя, (б) известь является источником ионов кальция, которые замещают протоны, а также катионы натрия, калия и другие катионы на поверхности заполнителя, (в) известь реагирует с большинством силикатных заполнителей с образованием пленки силиката кальция, которая прочно связана с заполнителем и обладает достаточной пористостью для проникновения в нее битумного вяжущего и образования еще одной прочной связи).

В мировой практике для обработки минеральных заполнителей известью применяются следующие четыре способа:

1. Сухая гидратная известь (пушонка): Основная проблема при использовании сухой пушонки заключается в необходимости удерживать ее слой на поверхности заполнителя до тех пор, пока он не будет покрыт битумным вяжущим. Еще более критично это для барабанных смесителей, в которых наблюдается тенденция к захвату некоторого количества извести потоком выхлопных газов.

2. Известковый шлам (пульпа): Для применения данного метода требуется дополнительное увлажнение заполнителя, что увеличивает затраты на топливо и снижает производительность ГАС.

3. Добавление сухой гидратной извести к влажному заполнителю: В этом методе сухая пушонка добавляется к влажному заполнителю, как правило, содержащему 3-5% воды, с последующим смешиванием в мешалке

4. Горячий известковый шлам (пульпа): При работе с ним следует соблюдать меры предосторожности, так как он может вызвать ожоги на коже.

В своих дальнейших исследованиях мы ориентируемся на применение известковых добавок в асфальтобетонных смесях по 1 и 3 способам. Имеющиеся предварительные результаты исследований подтверждают правильность выбранных нами способов.

УДК 625.856

Способы снижения отраженного трещинообразования на покрытиях автомобильных дорог

Федотов Д.С., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

До настоящего времени в Беларуси не разработаны методики расчета конструкций дорожных одежд на температурную трещиностойкость, в целом, и на недопущение появления отраженных трещин в частности, что не позволяет эффективно и научно обосновано подходить к вопросам оценки трещиностойкости дорожных одежд, выбору наиболее трещиностойких конструкций при новом строительстве и назначению наиболее эффективных мероприятий по предотвращению отраженных трещин при капитальном ремонте в каждом конкретном случае. Для оценки трещиностойкости покрытия, как при новом строительстве, так и при проведении капитального ремонта, учеными БелдорНИИ рекомендуется дополнить расчет дорожных одежд по существующим методикам дополнительным критерием прочности на температурную трещиностойкость. Исследования напряженно-деформированного состояния конструкции дорожной одежды и прочностных свойств асфальтобетона при воздействии на него температурной нагрузки позволили сделать следующие выводы о возможных конструктивных путях снижения отраженного трещинообразования: толщина нового асфальтобетонного покрытия должна по возможности быть большей, покрытия с толщиной менее 10 см являются заведомо нетрещиностойкими; расчетный модуль упругости материала верхнего слоя при низких отрицательных температурах должен быть небольшим; при устройстве трещинопрерывающих прослоек мембранного типа, следует выбирать материал с наименьшим расчетным модулем упругости. Прослойка не будет эффективной при близких значениях модулей упругости материалов покрытия и прослойки; для увеличения прочности материала покрытия на растяжение, целесообразно применение геосеток, как армирующих трещинопрерывающих прослоек. При этом наиболее эффективным является расположение геосеток не в нижней, а в верхней части покрытия, где наблюдаются наибольшие растягивающие напряжения. Возможен вариант с расположением геосетки по верху покрытия с последующим ее закрытием

поверхностной обработкой или слоем износа из холодных эмульсионно-минеральных смесей. Одним из примеров такого устройства трещинопрерывающих прослоек может служить технология устройства поверхностной обработки со стекловолокно.

УДК 625

Снижение затрат электрической энергии на асфальтобетонном заводе и пути ее снижения

Харлап А.П.

Белорусский национальный технический университет

Асфальтобетонные заводы (АБЗ) являются основными производственными предприятиями дорожного хозяйства и предназначены для приготовления различных асфальтобетонных смесей для строительства, реконструкции и ремонта слоев асфальтобетонного покрытия.

Перечень технологических операций включает:

- комплекс операций по приготовлению смесей, включая предварительное дозирование минеральных материалов, нагрев и сушку минеральных материалов, сортировку (грохочение) и кратковременное хранение нагретых каменных материалов, точное дозирование минеральных материалов, битума или другого специального вяжущего, минерального порошка и добавок, смешение составляющих в мешалке и выгрузка из мешалки готовой (товарной) асфальтобетонной смеси;
- операции по приему, хранению и подаче в бункеры по фракциям каменных материалов, а при необходимости получение на АБЗ необходимых по крупности фракций щебня и песка путем дробления и сортировки более крупных фракций щебня;
- операции по приему, хранению, нагреву и подаче в смеситель битума;
- операции по приему, хранению и подаче в смеситель минерального порошка ;
- операции по приему, хранению, нагреву и подаче в смеситель поверхностно-активных веществ (ПАВ);
- операции по складированию, кратковременному хранению и отгрузке готовой асфальтобетонной смеси.

Все указанные технологические операции сопровождаются энергетическими затратами, а в частности электрическими. При использовании электрической энергии можно получить более значимый экономический эффект, а также снижение экологической нагрузки.

В данной работе рассмотрены варианты выпуска смеси при разных температурах (в сторону уменьшения), что позволяет снизить затраты энергии

на нагревание смеси, будет составлена экспериментально- подтвержденная практическая таблица, отображающая качественные характеристики асфальтобетона.

Исследования выполняются под рук. проф. Ковалёва Я.Н

УДК 625.855.063

Коалесцирующие добавки для ускорения кинетики роста прочности материалов из эмульсионно-минеральных смесей

Вавилов П.В.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Регулирование вязкости битума является эффективным способом ускорения кинетики роста прочности материалов из эмульсионно-минеральных смесей (ЭМС). Основными способами снижения вязкости связующего вещества битумных эмульсий является пластификация битумов, используемых для производства эмульсий, либо введение коалесцентов.

Коалесцирующие добавки действуют как временный пластификатор для глобул битума. Основным эффектом их действия является размягчение битума до такой степени, что в процессе и сразу после испарения водной фазы, окружающей глобулы битума, отдельные из них могут соединяться (коалесцировать) с образованием сплошной однородной пленки. Если пленка образуется и высыхает при температуре выше минимальной температуры пленкообразования (МТП), происходит равномерная коалесценция. Такую же пленку можно получить при добавлении подходящего коалесцента в необходимом количестве, вызывающего снижение МТП битума.

Для эффективного применения с битумными эмульсиями коалесцент должен обладать определенными свойствами: вещество должно быть растворимым в углеводородах и растворимым (частично растворимым) в воде; скорость испарения должна быть меньше, чем у воды; плотность коалесцента должна быть близка к плотности битумной эмульсии, чтобы не оказывать влияние на ее стабильность при хранении. К таким веществам, можно отнести, например, циклогексанон (производится на ОАО «Гродно Азот») и циклогексанол.

В настоящее время для битумных эмульсий нет испытательного метода, позволяющего напрямую исследовать коалесценцию глобул битума и характеризующие данный процесс параметры, такие, например, как время коалесценции и МТП. Для определения степени влияния коалесцента на вязкость исходного битума БНД 90/130 можно предложить методику СТБ 2188. Для определения эффективности коалесцентов на процесс роста прочности материалов из ЭМС рекомендуется воспользоваться стандартной методикой определения прочности.

Транспортные сооружения

Особенности проектирования усиления эксплуатируемой станции метрополитена

Кисель М.А., Пастушков Г.П.

Белорусский национальный технический университет

Прежде чем перейти непосредственно к общим и техническим принципам проектирования и строительства, нужно отметить плановый подход к созданию метрополитенов в нашей стране. Он позволяет учитывать текущие и перспективные интересы городов и организаций, занимающихся сооружением и эксплуатацией метрополитенов, соразмерять эти интересы с общими народнохозяйственными планами. Из планового подхода вытекает общеувязочный принцип проектирования метро: подготовка проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена на основе разработки его генеральной схемы и этапизации строительства в увязке с генеральным планом и комплексной схемой развития всех видов общественного транспорта города.

Обычно генеральная схема метрополитена создаётся до начала разработки проекта первой линии. Генеральная схема и этапизация строительства составляют стратегический план развития метрополитена. Поэтому она должна иметь неизменную (на длительный период) структурную основу, к которой относятся её опорные пункты - важнейшие пересадочные узлы и участки линий между ними. Генеральная схема служит основой проектных работ по заблаговременному закреплению технических зон будущего строительства. В этих зонах запрещается возведение наземных сооружений, а подземные коммуникации устраиваются с учётом прохождения трасс метро.

Общеувязочный принцип органически связан с общими и техническими принципами проектирования метро.

Общие принципы охватывают во взаимосвязи социальные и технические вопросы. Они отражают интересы пассажиров, эксплуатационных и строительных организаций города, а также технико-экономический подход к проектированию. К ним относятся пассажирский, эксплуатационный, строительный, городской и технико-экономический принципы. Их можно сформулировать следующим образом.

Пассажирский: наиболее полное удовлетворение потребностей пассажиров на основе создания удобной системы массовых скоростных регулярных и безопасных перевозок при благоприятных санитарно-гигиенических условиях и архитектурной среде, отвечающей функциональным, социальным и эстетическим требованиям.

Эксплуатационный: обеспечение чёткой, удобной и безопасной эксплуатации метрополитена с наименьшими трудозатратами на основе создания долговечных и надёжных сооружений, автоматизированных постоянных устройств и подвижного состава, современных производственных и ремонтных предприятий, служебных и бытовых помещений для обслуживающего персонала.

Строительный: обеспечение высокого качества и наименьшей трудоёмкости строительства метрополитена на основе создания индустриальных тоннельных конструкций и монтажных узлов, удобных и безопасных систем комплексной механизации и автоматизации основных и вспомогательных производственных процессов, современных производственных баз и бытовых помещений для строителей.

Городской: обеспечение нормальных условий жизни города в период строительства и эксплуатации метрополитена на основе рационального выбора прокладки линий и способов производства работ, с учётом планов развития и реконструкции города и требований охраны окружающей среды.

Технико-экономический: обеспечение высокого технического уровня строительства и эксплуатации метрополитена при наименьших трудовых, материальных и финансовых затратах на основе использования передового опыта, внедрения новейших отечественных и зарубежных достижений науки и техники. Пассажирский принцип является главным, исходным при проектировании. Каждый принцип должен рассматриваться в комплексной взаимосвязи с другими: в конечном счёте все они направлены к одной цели - обеспечить наилучшим образом высокий количественный и качественный уровень транспортного обслуживания населения.



Проект реконструкции железнодорожного вокзала в период строительства третьей ветки метрополитена в г. Минске.

Сооружение конструкций переходных тоннелей метрополитена способом продавливания

Кисель М.А. Пастушков Г.П.

Белорусский национальный технический университет

Способ продавливания применяют при строительстве автотранспортных, пешеходных и коллекторных тоннелей, перегонных тоннелей метрополитенов, при прокладке подземных инженерных коммуникаций под автомобильными и железнодорожными магистралями, на участках городской территории в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений.

Сущность способа заключается в продавливании отдельных готовых элементов тоннеля – цельных секций в породный массив с помощью домкратных установок, развивающих усилия до 30 тысяч кН. Обычно продавливают тоннели небольшой длины, до 100-150 м, но, как показала практика, этим способом можно сооружать тоннели длиной до 300 м и более. В настоящее время способом продавливания построено большое количество тоннелей в странах Европы, США, Японии, России. Основными преимуществами способа продавливания являются: возможность ведения работ без вскрытия поверхности и нарушения движения транспорта по пересекаемым магистралям; исключение переключений существующих подземных коммуникаций; минимальные сдвиги и деформации породного массива и поверхности земли; снижение трудоемкости и стоимости тоннельных работ на 15-20 % и сокращение сроков строительства в 2-3 раза по сравнению с другими способами работ по сооружению тоннелей за счет высокой степени индустриализации при использовании готовых элементов тоннеля.

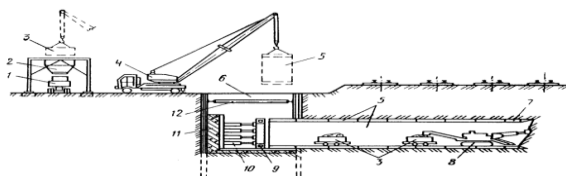
Для продавливания тоннелей чаще всего используют секции кругового, сводчатого и прямоугольного очертания из обычного или преднапряженного железобетона длиной до 2-3 м и массой до 20 т. Секции имеют заводскую гидроизоляцию, и на месте работ выполняют только герметизацию стыков между секциями.

Секции соединяют между собой сваркой арматурных выпусков, скреплением закладных деталей на болтах или соединением и обжатием продольной преднапряженной арматуры. Для продавливания трубопроводов инженерных коммуникаций (диаметр 80-200 см) применяют трубы из стали, железобетона, пластобетона и полимеров звеньями длиной 1,5-3 м.

Механизированные комплексы продавливания имеют в своем составе

ножевую секцию, средства для погрузки и транспортирования породы, краны для подачи в тоннель секций обделки, материалов и оборудования и для выдачи породы на поверхность в вагонетках или контейнерах.

Ножевая секция, выполненная аналогично ножевой части проходческого щита, соединяется с головной секцией обделки и подрезает породу по контуру выработки. В забое породу разрабатывают либо вручную отбойными молотками и пневмолопатами, либо породоразрушающими органами роторного или стрелового типа, встроенными в ножевую часть. Иногда в качестве ножевой части используют механизированные проходческие щиты и тоннелепроходческие машины. Разработанную породу вручную или погрузочными машинами грузят на конвейер или в вагонетки, доставляют в забойный котлован и выдают на поверхность с помощью крана в вагонетках или контейнерах, разгружают в бункер или непосредственно в автосамосвалы, которые отвозят породу в отвалы. Секции обделки соединяют с установленными секциями и проталкивают в выработку гидравлическими домкратами, размещенными по периметру обделки. После продавливания очередного кольца обделки штоки домкратов возвращаются в исходное положение, освобождая место для нового кольца. Скорости проходки способом продавливания, по данным практики, составляют 2,5-3 м/сутки для автотранспортных и пешеходных тоннелей и 1,5-3 м/смену для трубопроводов.



1 – Технологическая схема продавливания тоннеля: 1 – автосамосвал; 2 – бункер; 3 – контейнер с породой; 4 – автокран; 5 – тоннельная секция; 6 – забойный котлован; 7 – ножевая часть; 8 – тоннелепроходческая машина; 9 – распределительная рама; 10 – домкратная установка; 11 – упор; 12 – крепь котлована

УДК 624.26

Железобетонные элементы в современной архитектуре станций метрополитена

Яковлев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Современное строительство станций метрополитена позволяет внедрять новые современные материалы, используя старые конструктивные решения. Применение трубобетонных сжатых элементов с использованием высокопрочных бетонов позволяет обеспечить высокую несущую способность колонн и увеличить пролет применяемых балок, что в свою очередь позволяет увеличить визуально строительный объем станций. Данное конструктивное решение было использовано архитекторами, из Канады, которые превратили станции метрополитена в произведение искусства, использовали не стандартные идеи и красивые формы.



Общий вид колон, выполненных из трубобетона

В подземке Монреаля поток туристов увеличился на 20 %, что обеспечило дополнительную прибыль метрополитену.

Подводные плавучие мосты

Татаринovich А. В.

Белорусский национальный технический университет

Норвегия имеет амбициозные планы по строительству первых в мире плавающих подводных туннелей, чтобы помочь путешественникам легко пересечь многие фьорды страны. Фьорды – глубокие, узкие, извилистые морские заливы, которые имеют скалистые берега, врезающиеся глубоко в сушу.

На сегодняшний день существует только один способ для передвижения по водным объектам; он состоит из серии паромов, но это некомфортный и длительный процесс. Проект «Подводные плавающие мосты» предполагает наличие двух больших труб, которые подвешены под 3 метрами воды. Каждая труба будет в достаточной степени широкой для двух полос движения.

Подводные мосты Норвегии будут удерживаться понтонами вдоль поверхности, которые соединены с фермами, для сохранения устойчивости конструкции. Также существует возможность того, что конструкция может быть прикреплена болтами к основанию для обеспечения дополнительной стабильности. Каждая система мостов будет состоять из двух туннелей, которые расположены вблизи: для движения в каждом направлении (рис. 1). Несмотря на нестандартный проект, чиновники говорят, что это будет похоже на проезд через обычный туннель для пассажиров (рис. 2). С 1150 туннелями движения, которые используются везде по стране (35 из них размещены под водой). Норвежцы, вероятно, не будут удивлены такому проекту.



Рис. 1 – Подводные мосты в виде двух туннелей



Рис. 2 – Подводные мосты в виде двух туннелей

Почему же все-таки не построить обычный мост? К сожалению, из-за сложного ландшафта в этих регионах не представляется возможным строительство обычного моста (И на глубине 1,5 км устраивать обычный туннель невозможно). Одна из альтернатив подводным мостам заключается в постройке подвешенного моста или плавающего моста над водой (рис. 3), однако эти конструкции имеют и недостаток - они подвержены повреждениям из-за неоднозначности погоды. Конструкции также имеют риск столкновения с кораблями ВМС, которые иногда используют воду для обучения.



Рис. 3 – Подводный мост

В настоящее время власти Норвегии выделили на проект \$ 25 млрд. Который, как ожидается, должен быть завершен к 2035 году. Инженерам еще предстоит большая и напряженная работа: проект является трудоемким и необычным, такой вид конструкции еще никогда не строился, и никто точно не знает как природные условия и водные потоки во фьордах могут повлиять на строительство. Если плавающие туннели окажутся слишком сложным сооружением, власти имеют право выбрать другой, менее трудоемкий, проект для финансирования.

Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель

Модернизация грузоперевозок

Рогинский Е. И., Галковская Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Логистика – наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных и информационных потоков в пространстве и во времени от их первоисточника до конечного потребителя с целью оптимизации. Различают следующие подвиды логистики:

Закупочная – удовлетворение производства материалами с максимальной экономической эффективностью, качеством и кратчайшими сроками;

Производственная – управление материальными потоками на производственных стадиях;

Распределительная – комплекс взаимосвязанных функций, реализуемых в процессе распределения материального потока между различными оптовыми покупателями и продавцами;

Транспортная – это система по организации доставки, а именно по перемещению каких-либо материальных предметов, веществ и пр. из одной точки в другую по оптимальному маршруту, является составной частью каждого подвида;

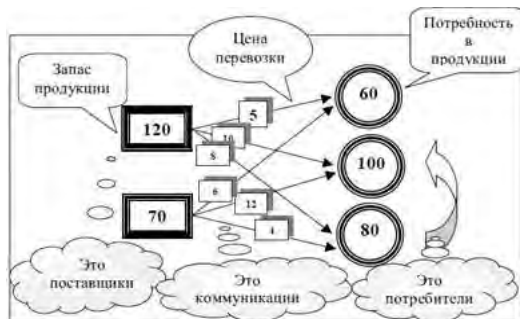
Компьютерная – сбор данных о товарном потоке, его передача и обработка.

Первой ступенью в оптимизации грузоперевозок является комплекс мероприятий по кооперированию и модернизации транспортно-закупочной и транспортно-распределительной составляющих логистики. В ходе данного усовершенствования наиболее выгодным вариантом является реализация так называемой «транспортной» задачи при выборе поставщика и района сбыта, а также определения маршрутов перевозок.

Решение транспортной задачи позволяет определить вариант оптимального распределения поставок однородного «товара» (груза, вещества) между пунктами отправления и назначения при заданных, численно выраженных затратах (стоимостях, расходах) на перевозку.

Очередным шагом на пути оптимизации грузоперевозок является система «точно в срок», различные разновидности которой уже реализованы в регионах мира, как Западная Европа, Северная Америка и отдельные страны Юго-Восточной Азии. Основная концепция данной системы заключается в следующем: если производственное расписание задано, то можно организовать движение материальных потоков так, что

все элементы будут поступать в необходимом количестве в нужное время и точно к назначенному сроку. Развитие основано на использовании множества малых предприятий, которые рассредоточены по территории страны и снабжают определенным продуктом определенный регион.



Графическое отображение транспортной задачи

Модифицированный вид транспортной задачи используется в ТКП 317-2011 «Автомобильные дороги. Правила пропуска тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств». Методика решения данной задачи сводится к поиску такого маршрута, который бы позволил транспортировать груз с минимальными затратами как относительно расстояния, так и относительно усиливаемых конструкций и дополнительной организации проезда. Следует отметить, что оптимизация на этом уровне в пределах Республики Беларусь имеет место, однако только на уровне массивных грузов, в повседневной же форме данный способ оптимизации не используется.

Оптимизация грузоперевозок является крайне актуальным вопросом для территории Республики Беларусь, поскольку наша страна, находясь в центре Европы, обеспечивает трансфер различной продукции как с востока на запад, так и с севера на юг. Более того, внедрение системы «точно в срок» позволит снизить государственные расходы для предприятий всех сфер и масштабов, обеспечит стабильную и бесперебойную доставку грузов в любую точку страны в наиболее благоприятный для этого момент.

Понтонные мосты

Черенкевич Р.С

Белорусский национальный технический университет

Понтонные мосты строятся за короткий срок при относительно низких финансовых затратах. Главный плюс понтонных мостов – мобильность. Недостатки понтонных мостов: Постоянная оценка и контроль состояния соединительных частей моста. Сильные течения и волны. Скорость движения по мосту должна быть невысокой, так как при нагрузке происходит деформация моста.



Рис. 1 Общий понтона

Плавающие мосты блокируют реку, не позволяя проходить судам. Разрушение понтонных мостов дрейфом льдов в осенне-зимний период.



Рис.2 Общий вид понтонного моста

Системы понтонных мостов набирают популярность за счет быстрого наведения и малых затрат в их производстве: дешевый материал, легкость монтажа и т. д. Существует ряд недостатков таких систем, но многочисленные преимущества перекрывают их. Можно с уверенностью сказать, что в Беларуси на небольших городских водоемах и реках со слабым течением воды стоит применять такие мосты ввиду их мобильности и простоты, но только лишь в весенне-летний период.

Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель

Туннель ПАХАРЕС

Мостыка Е.С.

Белорусский национальный технический университет

ACCIONA Construcción была признана на конкурсе JECInnovationAwards 2017 за композитную облицовку, которая была спроектирована и запатентована для водонепроницаемости двухтрубных туннелей Пахарес, которые являются частью маршрута будущей высокоскоростной железной дороги между Мадридом и Австрией и являются одними из самых длинных туннелей в Европе.



Общий вид тоннеля

Различные решения были рассмотрены для решения проблемы просачивания воды в этих двух туннелях, прежде чем в конечном итоге выбрали композитные листы. Панели шириной 9,2x1,5 м позволяют собирать сегменты колец. Гибкость композитных материалов позволяет, адаптировать панели к форме туннеля и его особенностям. В качестве материала для этих панелей была выбрана стекловолоконная армированная полимерная смола. Как только они изготавливаются, листы транспортируются на площадку, где и происходит их монтаж. В зависимости от формы туннеля процесс монтажа панели занимает разный объем времени.

Было произведено более 15000 панелей для прокладки более 200000 м² туннеля с использованием в общей сложности 1700 тонн композиционных материалов.

Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель

Автоматизированные метрополитены

Круглик К.

Белорусский национальный технический университет

Современные автоматизированные системы, применяемые в метрополитене, обеспечивают определенный скоростной режим и соблюдение графика движения, своевременность отправления поездов с каждой станции, контроль движения поездов, оценку пассажиропотоков для регулирования числа составов на линии.



Общий вид системы управления метрополитеном

Автоматизация - значительно сократит расходы на электричество, исключит ошибку человеческого фактора, будет осуществлять регламент обслуживания станций метро, оперативно устранять инциденты. Также на ее сервера требуется помещения гораздо меньшей площадью, чем для персонала. Системы автоматизации уже реализованы в таких странах, как Китай, Дания и Турция. Эти технологии позволят сократить расходы на регулярные осмотры, так как системы диагностики автоматически проверяют состояние деталей и узлов, серьезно повышается безопасность перевозок.

В целом наблюдается заметное улучшение качества обслуживания пассажиров за чет более четкого выполнения графика движения поездов.

Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель

Бетоны, содержащие дисперсные наполнители

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Бетон является одним из основных материалов, применяемых для изготовления строительных конструкций. Однако, несмотря на распространенность, ему присущи некоторые недостатки, одним из которых является гидрофильность и, как следствие, неспособность эффективно защитить стальную арматуру от воздействия агрессивных реагентов. Одним из вариантов снижения проницаемости является уменьшение пористости бетона.

Для достижения данной цели в бетонную смесь вводят минеральные наполнители, природного и техногенного происхождения в дисперсном состоянии. Они представлены преимущественно не растворимыми в воде частицами неорганического состава с размером менее 0,15 мм и удельной поверхностью 2500–5000 см²/г.

Минеральные наполнители за счет более тонкого гранулометрического состава и реакции активных гидравлических составляющих способствуют образованию дополнительного количества фазовых контактов между кристаллогидратами, упрочняют контактную зону между цементным камнем и наполнителем, повышают прочность бетона и снижают расход цемента. Гранулы наполнителя, размещаясь между частицами цемента, уменьшают дифференциальную пустотность и капиллярную пористость цементного камня по сравнению со структурой без наполнителя.

Тонкодисперсные наполнители вводят по объему взамен части цемента или взамен части мелкого заполнителя. Возможны промежуточные варианты с частичной заменой цемента и песка.

По химическому составу тонкодисперсные наполнители делятся на следующие группы: кремнеземистые, карбонатные и основные, углеграфитовые, водные силикаты алюминия и магния.

По функциональному действию тонкодисперсные наполнители делятся на:

- 1) реологически-активные – высокодисперсные наполнители, изготавливаемые из отходов камнедробления;
- 2) реакционно-активные – отходы производства ферросилиция, микрокремнеземы.

Бетоны, содержащие органические волокна

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

В бетонах, применяемых в мостостроении, прочность на сжатие примерно в 10 раз превышает значения при растяжении. Это диктует необходимость армирования растянутой зоны, что в условиях строительной площадки требует применения значительного объема ручного труда. Данную проблему можно частично решить путем повышения прочностных характеристик бетона на растяжение за счет введения в бетонную смесь волокнистых компонентов, в частности органических волокон. Добавление волокна в бетонную смесь улучшает прочность бетона на изгиб, а также такие характеристики как жесткость и ударопрочность.

Получение органических волокон возможно на основе сырья природного и синтетического происхождения.

Например, такие органические волокна как целлюлозные и хлопчатобумажные волокна, хлопковые очесы и корд на основе штапельных волокон имеют природное происхождение.

А волокна нейлоновые, полиамидные, полиакрилонитрильные, поливинилспиртовые, полиэфирные, политетрафторэтиленовые и вискозная ткань имеют синтетическое происхождение.

Существуют и другие источники получения волокна, например отходы хмеля, пробка дробленая, кукурузная солома, льняная костра, отходы производства фурфурола, конопляная костра, кератин, пшеничная солома, шерстяные волокна.

Наиболее эффективно применение волокон имеющих длину близкую к критическому значению, при котором напряжение воспринимаемое волокном равно его прочности. При недостаточной длине волокон происходит их выдёргивание и разрушение по границе волокно – цементный камень. А при превышении длины волокон над критическим значением происходит разрушение волокон. Критическая длина волокон в зависимости от их природы меняется.

Использование органических волокон и совершенствование технологии их введения повышает качество бетонных конструкций и срок их эксплуатации, снижает затраты на производство и эксплуатацию.

Влияние нового строительства на существующие здания и сооружения

Далидовская А.А.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день в условиях активного строительства зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки чаще всего не удается проводить строительные работы таким образом, чтобы не оказывать влияния на сооружения, находящиеся в непосредственной близости от нового строительства. В результате работ по экскавации котлованов и последующему устройству несущих конструкций новых сооружений уже существующие могут получить недопустимые для нормальной работы деформации.

На этапе проектирования основная задача заключается в определении габаритов так называемой «зоны влияния строительства» – такого участка, на котором могут происходить какие-либо негативные процессы, вызванные ведущимися строительными работами.

Для обеспечения безопасности существующих сооружений всегда возникает необходимость достоверного прогноза дополнительных деформаций. Если эти прогнозируемые дополнительные деформации представляют угрозу для нормальной эксплуатации сооружений, то необходимо разработать комплекс специальных мероприятий, позволяющих защитить основные несущие конструкции, а если избежать негативного влияния не удастся, поставить вопрос о пересмотре концепции нового строительства.

Существует значительное количество возможных причин появления дополнительных деформаций существующих сооружений при ведении в непосредственной близости от них нового строительства. Зная причины негативного влияния нового строительства на существующие сооружения, можно попытаться минимизировать их возможные деформации.

Решение указанной задачи осуществляется путем численного моделирования влияния нового строительства на существующие подземные сооружения, обобщения опыта строительства объектов-аналогов. Только после проведения численного моделирования может быть решен вопрос о необходимых защитных мероприятиях. Достоверный прогноз влияния нового строительства на существующие сооружения является залогом дальнейшего безопасного строительства. Инженерный опыт, большая и кропотливая работа – залог успеха при ведении строительства сооружений в условиях плотной городской застройки.

Общие проблемы моделирования

Далидовская А.А.

Белорусский национальный технический университет

Реакция сооружения на воздействия окружающей среды определяется рядом сложных физических процессов, адекватное описание которых на протяжении всего интервала действия нагрузок во многом проблематично. Для этого, как правило, недостаточно имеющихся данных, а зачастую и не существует удовлетворительной и достаточно детальной теории явления. Все это вынуждает заменять физическую реальность некоторой аппроксимирующей расчетной моделью, обладающей идеализированными свойствами.

Переход от конструкции к расчетной схеме, составленной из базовых моделей, чаще всего осуществляется на интуитивном уровне, и первым мотивом, положенным в основу такого перехода, служат геометрические соображения. Хотя и здесь имеются значительные возможности для маневра. Такие операции, как замена сквозной решетчатой конструкции некоторым объектом, форма которого похожа на конструкцию лишь в среднем, применяются сплошь и рядом. Имеются и примеры обратного порядка, когда сплошное тело заменяется его стержневым аналогом. Здесь уже используются некоторые знания об особенностях работы выбранных базовых моделей, а не только их геометрические образы.

Вторым мотивом, играющим также фундаментальную роль в переходе к расчетной схеме, является выбор одной из стандартизированных идеализаций свойств материала. Эти свойства также представлены заранее изученными базовыми моделями, и о них не стоило бы говорить отдельно, если бы не следующее соображение: их выбор в большей мере нуждается в экспериментальном обосновании, чем выбор геометрического образа, но этот этап, как правило, опускается. Обычно используются известные данные о физических моделях работы материала, полученные из экспериментов над абсолютно другими конструктивными элементами и образцами. Общие проблемы моделирования неоднократно служили темой исследований, и их авторы выдвигали разнообразные правила построения расчетных моделей. Идеализация расчетной модели и невозможность сделать ее абсолютно адекватной реальной конструкции создают ситуацию некоторой неопределенности, и именно в условиях такой неопределенности приходится принимать проектные решения.

**Концепция дизайна деревянных плит проезжей части
с перекрестным набором, усиленных самонарезающими винтами**

Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

Все известные способы усиления элементов промышленных зданий по признаку включения конструкций усиления в работу разделяются на две основные группы:

- возведение новых разгружающих и заменяющих конструкций, воспринимающих полностью или частично нагрузки, которые передавались на существующие конструкции;
- увеличение несущей способности существующих конструкций, т. е. их усиление

В КДК, кроме вышеописанных дефектов, замеряют длину и глубину расслоений по клеевым швам, а также места их расположения (обычно расслоения встречаются вблизи опорных узлов в средней части сечения, а также в арках в местах появления радиальных растягивающих напряжений поперек волокон).

Случаев загнивания КДК очень мало, в частности, отмечены случаи загнивания верхней зоны сечения арок под прогонами

Клееные деревянные конструкции нуждаются в усилении при механических повреждениях сечения и в случае значительных расслоений по клеевым швам. При механических повреждениях ослабленные участки конструкций перекрываются стальными накладками на болтах и глухарях или, при наличии технологических условий, наклеиваются дополнительные слои досок с клеогвоздевой запрессовкой. Наиболее часто в КДК расслоение по клеевым швам встречается в сечениях с максимальной поперечной силой (например, вблизи опорных узлов), а также в местах концентрации больших внутренних напряжений при растяжении древесины поперек волокон. Основная причина расслоений по клеевым прослойкам – некачественное изготовление конструкций.

Из-за состава CLT-элементов, с ортогонально переменной ориентацией соседних слоев плиты также подходят для конструкций с точечными опорами. Эти системы выгодны с двухосным распределением нагрузки и возможность заранее изготовленных крупномасштабных элементов.

Поскольку прокатный срез древесины значительно ниже, чем его срез вдоль волокон, появляется излом при срезе в поперечных слоях CLT элементов.

УДК 620.179.18; 69.059.22; 69.059.4

Определение скрытых дефектов ограждающих конструкций историко-культурных зданий методом тепловизионного контроля

Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

Сохранность памятников культовой архитектуры зависит не только от состояния их внутреннего температурно-влажностного воздушного режима, но и от тепло-влажностного состояния ограждающих конструкций. Долговечность любого материала определяется скоростью процессов старения, которые в свою очередь зависят от природы материала и условий хранения.

Целью тепловизионного обследования, является создание альбома (набора) термограмм, описывающих распределение тепловых полей наиболее значимых элементов ограждающих конструкций объекта обследования, и выявление участков (зон) ограждающих конструкций, обладающих пониженным сопротивлением теплопередачи по сравнению с аналогами на этом же объекте.

В результате выполненных исследований, были выявлены геометрически обусловленные тепловые мосты, такие как швы сооружения, углы внешних стен, проемы дверные и оконные с явными теплопотерями свидетельствующие о деградации теплозащитных характеристик отделочных материалов фасадов здания и наличии мест нарушения влажностных режимов. В соответствии с п. 5.10 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» - температура внутренней поверхности конструктивных элементов остекления окон зданий (кроме производственных) должна быть не ниже плюс 3 °С. На ряде объектов эта температура достигает -4,7 °С, что значительно превышает температуру точки росы (-0,8 °С для случая температуры в здании около 3,5 °С и влажности воздуха 73%).

Разрушения кладки - является тепловым мостом, что приводит к понижению температуры - до такой степени, что превышает температуру точки росы и ведет к конденсации водяных паров. Конденсат паров в свою очередь может привести к образованию пятен сырости и грибков на поверхностях конструкций, что недопустимо для данных сооружений исторической ценности.

Повышение надежности элементов мостового полотна

Расинская Л.Г.

Белорусский национальный технический университет

Все элементы мостового полотна: одежда ездового полотна, водоотводные устройства, тротуары и ограждения, деформационные швы, перила и светильники находятся в тяжелых условиях эксплуатации. На них непосредственно воздействуют всевозможные атмосферные факторы. Проезжая часть в большей степени, чем собственно пролетные строения, прогревается летом и имеет более низкую отрицательную температуру зимой, подвергается большему количеству колебаний температуры с переходом через 0 С. покрытие проезжей части, деформационные швы, и, частично, бордюры и ограждения во время гололеда обрабатываются противогололедными материалами (песком и специальными солями), что является одним из факторов снижения сроков службы проезжей части из-за агрессивного воздействия солей (солевая коррозия). На проезжую часть мостов постоянно воздействуют значительные нагрузки от подвижного состава, перепадов температур, изменения влажности воздуха и т.д.

Все это предъявляет к мостовому полотну в целом особо высокие требования. Мостовое полотно должно удовлетворять нормативам долговечности и надежности, а также, технологическим, эксплуатационным и эстетическим требованиям. Так, для деформационных швов, которые являются, пожалуй, самыми сложными элементами мостового полотна, требования долговечности и надежности направлены на обеспечение: возможности перемещений концов пролетных строений без перенапряжения и повреждения, как элементов шва, так и пролетных строений, водо-и грязнепроницаемости (исключение попадания воды и грязи на торцы балок и опорные площадки); работоспособности в требуемых диапазонах температур; надежности анкеровки в пролетном строении и сопряжения с конструктивными слоями ездового полотна; предотвращения проникания влаги на плиту проезжей части (надежность гидроизоляции); устойчивости материала конструкции износу, удару и истиранию от действия транспортных нагрузок; стойкость материалов заполнения шва к воздействию солнца, нефтепродуктов, солей льда, снега и песка. Актуальным является вопрос повышения долговечности одежды ездового полотна. Покрытие проезжей части должно обеспечивать плавный проезд автотранспорта. Поверхность покрытия должна иметь проектные продольные и поперечные уклоны, быть ровной, без трещин, ям и других повреждений. Особенно опасны разрушения покрытия у бордюров, водоотводных трубок и деформационных швов. Чаше

на мостах и путепроводах применяют асфальтобетонное покрытие, реже цементобетонные. Асфальтобетонное покрытие должно обладать требуемой износостойкостью, коррозионной устойчивостью, сдвигоустойчивостью. Толщина слоев не должна превышать проектной. Для обеспечения долговечности покрытия необходимо применять рационально подобранные оптимальные смеси асфальтобетона с применением поверхностно-активных добавок, максимально увеличивать содержание щебня при заданной технологии производства работ, для изготовления асфальтобетонной смеси применять модифицированные битумы. Основная роль в защите пролетных строений и опор от увлажнения принадлежит гидроизоляции. Наиболее часто повреждения гидроизоляции наблюдаются у бордюров, водоотводных трубок и деформационных швов. При ремонте и строительстве устройство гидроизоляции на стыковых участках должно проводиться особо тщательно.

В настоящее время известны и применяются достаточно надежные новые типы гидроизоляционных материалов. Это рулонный материал «Поликров», популярный в России, филизол, изопласт, мостопласт, PLAS и др. Применение современных материалов улучшает качество гидроизоляции, увеличивает ее долговечность и долговечность сооружения в целом.

Таким образом, при проектировании и строительстве мостового полотна следует отдавать предпочтение новым конструкциям с использованием современных материалов и новейших технологий. Интересные разработки предлагают Белгипродор, БелдорНИИ, БНТУ.

УДК 624.21

Определение напряжений в железобетонных элементах с применением тензодатчиков

Шикуть К.К., Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Тензодатчик разработан для измерения деформаций в железобетонных конструкциях. Тензодатчики применяются как накладные, так и закладные для измерения деформаций и напряжений в сваях, подпорных стенах, балках, опор, элементов объектов различного функционального назначения (зданий, тоннелей, мостов, плотин, насыпей). Диагностический контроль состояния конструкций зданий и сооружений при их строительстве и эксплуатации.

Тензодатчики закрепляются с помощью сварки или анкеров.

Показаниями тензодатчика являются:

- частота колебания струны датчика, Гц;
- температура окружающей среды датчика, °С.

С помощью специализированного программного обеспечения, показания тензодатчика преобразуются в показание относительной деформации ϵ конструкции в микрострессах и далее в соответствии с реальным (фактическим) модулем упругости высчитываются напряжения в элементах железобетонных конструкций.

Особенностью датчика является электронная метка. Метка построена на основе энергонезависимой памяти с возможностью многократной перезаписи данных. Электронная метка содержит уникальный цифровой идентификатор датчика, серийный номер, калибровочный коэффициент, а также свободную память, где могут быть сохранены нулевые показания и географические координаты установленного датчика. Для расчета компенсации эффектов теплового расширения в датчик встроен цифровой термометр, позволяющий измерять температуру окружающей среды.

При нагрузке на конструкцию в ней возникает напряжение, которое вызывает деформацию, то есть изменение ее линейных размеров.

В области упругой деформации изменение линейных размеров конструкции всегда строго пропорционально применяемой нагрузке. При переходе в область пластичной деформации увеличение нагрузки вызывает постоянную деформацию конструкции.

УДК 624.21

Применение инновационных технологий при обследовании транспортных сооружений

Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Тепловизор использует то излучение, которое выделяют все объекты на длине волны максимум 10 микрон, преобразуя его в видимое изображение. При этом непосредственного контакта прибора с объектом не происходит. С использованием тепловизора возможно определение мест застоя воды и нарушения гидроизоляции проезжей части мостов, подпорных стен и мест в которых могут быть выявлены изменения температуры или влажности.

Даталоггер является ключевым элементом автоматизированной системы сбора и предварительной обработки информации с датчиков, установленных на конструкциях в период обследования и испытания, а так же обеспечения взаимодействия с другими автоматизированными системами.

Сбор информации о конструкции может быть организован по принципу «черного ящика»: установленный на объекте обследования. Даталоггер, работая автономно от внутреннего источника питания, опрашивает оборудование с заданным периодом и сохраняет всю информацию в памяти.

Система видеонаблюдения работает в штатном режиме, ведется запись

на жесткий диск модуля видео, а также осуществляется передача видеосигнала в режиме реального времени по глобальной сети. Доступ к видео посредством интернет соединения обеспечен за счет веб интерфейса с защищенным входом. Данные видеонаблюдения необходимы для идентификации времени и проходящей нагрузки по транспортным сооружениям и увязки с системой сбора информации.

В ходе работ по обследованию и изменению технического состояния несущих конструкций необходимо получение реальных чертежей, которые возможно выполнить на основе пространственного лазерного 3D сканирования объекта. По полученному облаку точек выполняются планы, разрезы, фасады, отражающие реальные фактические геометрические параметры объекта. По результатам лазерного сканирования выявляются несоответствия проекту, крены и деформации элементов.

УДК624.26

Исследование технического состояния конструкций шлюза-регулятора через р. Вязенская в Дзержинском районе

Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для регулирования расхода и уровня воды в каналах мелиоративных систем в Республике Беларусь было введено достаточное количество искусственных сооружений по ТПР 820-1-078.87 «Шлюзы-регуляторы на расход воды до 150 м³/с и напором от 2,0 до 3,5 м на каналах мелиоративных систем». В основу таких сооружений положен док, распертый вверху плитами пролетных строений, отверстия дока разделены бычком.

Исследуемое сооружение через р. Вязенская на 9,66 км автомобильной дороги Н-8387 в Дзержинском районе построено по схеме 2×5,5 м под временные подвижные нагрузки А11 и НК-80.

В ходе произведенных исследований в конструкциях выявлены следующие дефекты, влияющие на грузоподъемность, долговечность и безопасность эксплуатации сооружения: разрушение защитного слоя бетона с оголением и коррозией рабочей арматуры, сквозные вывалы бетона в теле опор, отсутствие перильных и ограждений безопасности, несоответствие габарита проезжей части. Также, согласно результатам расчета по методу конечных элементов, с учетом заложения выявленных дефектов в расчетную схему, несущая способность многопустотных плит пролетных строений снижена почти в 2 раза. Для восстановления эксплуатационных характеристик сооружения предложено выполнить усиление вывалов опор с использованием высокопрочного бетона Vergussmörtel HQ3 производства фирмы Remmers (Германия), так как данный состав позволяет достичь

требуемой эффективности, не прибегая к увеличению толщины опор, таким образом, отверстие гидротехнического сооружения не будет нарушать бытовое течение реки.

Уширение пролетного строения выполняется устройством с двух сторон монолитных плит с пустотообразователями. Также пролетное строение усиливается монолитной накладной плитой. Данное решение позволяет максимально задействовать существующие конструкции опор, а также производить реконструкцию сооружения без ограничения движения транспортных средств.

УДК 625.411

Усиление конструкций эстакады под разгрузку железнодорожного транспорта в ЛЦКЧ МАЗ

Вайтович А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для разгрузки железнодорожных составов с сырьем для литейного производства в цехах предприятий устраивают разгрузочные эстакады. В литейном цеху Минского автомобильного завода эстакада под железнодорожные пути выполнена в виде монолитных железобетонных рам под рельсовые нити, шаг стоек 6 м, расстояние в осях между рамами 1,5 м, рамы между собой связаны железобетонными поперечными балками, установленные с шагом 3 м, стойки опираются на фундаменты столбчатого типа с шириной подошвы 4,2×2,7 м и глубиной заложения 0,9 м. Эстакада запроектирована под временную нагрузку от подвижного состава К7 и введена в эксплуатацию в 1948 году.

На момент обследования в 2016 году в конструкциях эстакады выявлены коррозионные и механические порывы рабочей арматуры, отсутствие сцепления бетона и арматуры, полное разрушение защитного слоя бетона в растянутой зоне, устройство рабочих швов в середине пролетов. Прочность бетона конструкций соответствовала классу С12/15.

Разработка проекта усиления эстакады основывалась на двух принципах – это увеличение грузоподъемности сооружения до требуемой, согласно действующих нормативных документов – С14, а также исключение механических повреждения конструкций ковшом-грейфером мостового крана. Усиление рам производилось установкой по контуру металлических листов с приваренными к ним с



Коррозия рабочей арматуры рам эстакады

внутренней стороны металлических коротышей в шахматном порядке. Пространство между существующими конструкциями эстакады и металлической обоймы заполнялось бетоном класса не ниже С30/37. Таким образом, создавалась сталежелезобетонная конструкция эстакады.

УДК 624.012

Монолитная плита, устраиваемая для объединения балок пролетных строений мостовых сооружений.

Меркушов Е.Н. Нестеренко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Для проведения исследований в области изучения напряженно-деформированного состояния монолитной плиты, устраиваемой для объединения балок с недобетонированной полкой пролетных строений мостовых сооружений, была изготовлена опытная модель, представляющая собой две типовые железобетонные мостовые балки с каркасным армированием и вертикальными арматурными выпусками. Балки были установлены на испытательном полигоне с шагом 1,8 м и объединены поверху монолитной плитой. Фактическая длина плиты составила 17,2 м, ширина – 2,6 м, толщина – 16 см. Армирование плиты по всей длине представляло собой верхнюю и нижнюю сетки с ячейкой 200×200 мм. Армирующие сетки одного участка плиты были выполнены из стеклопластиковой арматуры диаметром 10 мм, другого – стержнями из стальной арматуры классом по прочности S500 с аналогичным диаметром.



Рис. 1 Общий вид испытываемой модели

Суть работы заключалась в анализе того, насколько существенно будут изменяться прочностные и деформационные характеристики конструкции плиты при армировании сетками из стеклопластиковой либо традиционной стальной арматуры с одинаковым диаметром и шагом расположения.

Данная модель бала испытана с помощью поршневого домкрата гидравлической станции. Нагрузка прикладывалась стадино с шагом в 40 кН. Прогибы и деформации опытной модели измерялись прогибомерами и

индикаторами соответственно. Ширину раскрытия трещин измеряли с помощью микроскопа Бринелля.

По результатам испытаний были построены графики зависимостей прогибов, деформаций и ширины раскрытия от изгибающих моментов в контролируемых сечениях.

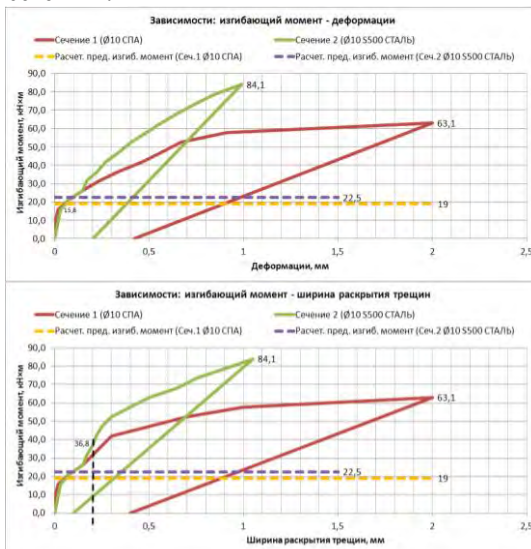


Рис. 2 – Зависимости деформаций и ширины раскрытия трещин от изгибающего момента в контролируемых сечениях

На основании анализа построенных зависимостей сделаны следующие выводы:

- момент трещинообразования и ширина раскрытия трещин при расчетных значениях в контролируемых сечениях оказались примерно равными;

- значение изгибающего момента перед разрушением в контролируемом сечении участка плиты, армированного стеклопластиковой арматурой оказался ниже приблизительно на 25%;

- коэффициенты безопасности $C = M_{\text{пред}} / M_{\text{расч}}$ для контрольных сечений с стеклопластиковым и стальным армированием составили 3,29 и 3,77 соответственно, что обеспечивает значительные запасы прочности по сравнению с необходимым и достаточным ($C=1,6$) для подобных сечений при расчете;

- по причине незначительного влияния повышенной деформативности на эксплуатационные характеристики плиты объединения балок, стеклопластиковая арматура может применяться в армировании подобных типов конструкций.

Определение динамических характеристик эксплуатируемых транспортных сооружений

Ходяков В.А.

Белорусский национальный технический университет

С увеличением скоростей движения транспортных средств по автомобильным и железным дорогам страны возрастает актуальность исследования амплитудно-частотных характеристик конструкций транспортных сооружений во избежание появления резонанса последних. Повышение скоростей движения так же ведёт к увеличению сил инерции, действующих на подвижную нагрузку, что в свою очередь ведёт к увеличению фактического динамического коэффициента.

Существует два способа определения амплитудно-частотных характеристик транспортных сооружений. Первый, при помощи подачи на сооружение мощных импульсов и наблюдение за затуханием колебаний конструкции. Таким способом можно определить частоту собственных колебаний конструкции и декремент затухания.

Второй способ может быть осуществлён при помощи установки вибромашины с регулируемой частотой вынужденных колебаний. Посредством изменения частоты вынужденных колебаний можно определить частоты и формы собственных колебаний конструкции в нескольких гармониках.

Для определения амплитудно-частотных характеристик можно использовать акселерометры и сейсмографы, также можно использовать электротензометрические системы с высокой частотой опроса датчика.

Для определения фактического динамического коэффициента от подвижной нагрузки пролётное строение следует загрузить статической автомобильной нагрузкой, сняв показания механических напряжений в конструкции при помощи электротензометров. Следующим этапом необходимо на определённой скорости «прогнать» подвижную нагрузку по конструкции измеряя при этом механические напряжения, возникающие в конструкции, с высокой частотой. Поделив максимальные динамические напряжения на статические можно получить фактический динамический коэффициент. После чего сравнить его с проектным.

Динамические испытания также дают возможность определения жёсткостных параметров конструкции. Наблюдая за распространением колебаний по конструкции можно судить о наличии в ней критических дефектов.

**Математическая модель для динамического расчёта
транспортных сооружений**

Ходяков В.А.

Белорусский национальный технический университет

При помощи программного обеспечения Rhinoceros и языка визуального программирования Grasshopper было создано две опытные математические модели динамического расчёта металлического пролётного строения при прохождении по нему лёгкого железнодорожного состава.

Первая модель представляла собой несколько вагонов двигающихся по поверхности со сложной топологией. Подрессоренная масса вагона представляет собой группу материальных точек, жёстко связанных между собой. Сцепка вагонов замоделирована шарнирно. Неподрессоренная масса вагона связана с телом вагона упругими связями с заданной жёсткостью и коэффициентом затухания. Группа материальных точек, связанных между собой, моделирует подвижной состав, движущийся по поверхности со сложной топологией. Топология поверхности моделирует абсолютный прогиб точки, находящейся на рельсе под колесом вагона.

При запуске математической модели движения поезда со скоростью 25 м/с снимались показания усилий, возникающих в упругих связях между подрессоренной и неподрессоренной массами.

Вторая математическая модель представляла собой последовательно связанные: жёсткое основание и пружину, моделирующие жёсткость условного упругого основания пролётного строения; материальную точку, моделирующую неподрессоренную массу вагона; пружину моделирующую рессору вагона; материальную точку моделирующую подрессоренную массу вагона.

В данной модели движение состава моделировалось через изменение по времени жёсткости первой пружины (жёсткости условного упругого основания пролётного строения).

При работе математической модели снималась величина усилия, возникающая в пружине моделирующей рессору вагона. Эти усилия и определяли величину искомой динамической добавки к величине статической нагрузки.

Данные математические модели учитывают силы инерции, действующие на подрессоренную и неподрессоренную массы подвижного состава. Однако, не учитывают силы инерции, действующие на само пролётное строение.

**Ультразвуковой контроль дефектов сварных швов конструкций
мостовых сооружений**

Шикуть К.К.

Белорусский национальный технический университет

Мостовые сооружения относятся к сложным и дорогим системам, срок службы которых может достигать ста и более лет. К сожалению, практика эксплуатации многих мостовых сооружений показывает, что фактический срок службы мостов значительно ниже нормативного. Исследования последних лет позволили установить, что проблемы эксплуатации мостовых сооружений гораздо сложнее проблем, которые приходится решать на стадиях проектирования и строительства.

Если предположить, что мост и запроектирован, и построен идеально, то после 20-30 лет эксплуатации расчетная схема моста представляет собой в определенной мере «черный ящик», определение напряженно-деформированного состояния которого представляет собой сложнейшую задачу диагностики.

К основным причинам неудовлетворительного технического состояния и снижения долговечности металлических пролетных строений являются дефекты сварных швов. К типовым дефектам можно отнести: сварочные брызги; неровный профиль, наружные поры, подрезы сварного шва; кратеры в конце и начале сварного шва.

Но кроме видимых дефектов, есть и скрытые, которые невозможно определить визуально. Поэтому для диагностики сварных швов выполняется ультразвуковой контроль при помощи дефектоскопов. Прибор обнаруживает на разной глубине в металле: непровары; внутренние трещины; внутренние поры; несплошности и несплавления шва; зоны, пораженные коррозией; шлаковые включения.

К основным преимуществам использования дефектоскопов можно отнести: высокую точность и скорость исследования, а также относительно низкую стоимость. В отличие от рентгеновской дефектоскопии работа с прибором безопасна для человека. Очень важным является и то, что проверяемый объект не повреждается в процессе ультразвукового контроля. Недостатком является ограниченность полученной информации о дефекте.

В заключении хотелось бы отметить, что при обследовании сварных швов металлических конструкций необходимо проводить не только визуальный контроль, но и обязательно проводить контроль скрытых дефектов.

Расчет анкеровки монолитной плиты усиления пролетных строений

Шиманская О.С.

Белорусский национальный технический университет

Одним из эффективных решений для повышения грузоподъемности мостовых сооружения является применение монолитной железобетонной плиты усиления, включенной в совместную работу со старыми элементами пролетных строений. С целью определения эффективного использования расстановки анкеров, а также оптимальной глубины их заделки в конструкциях, усиливаемых накладной железобетонной плитой, выполнено теоретическое исследование работы анкеров. В качестве объекта исследования выбрано мостовое сооружение с пролетными строениями, выполненными из П-образных плит длиной 9 м по типовому проекту серии 3.503-29.

Для расчета использован ПК «Лира». Расчетная схема для участка с заделанным анкером составлена из объемных нелинейно-деформируемых элементов с характеристиками, соответствующими бетону класса В25. Стержень анкера смоделирован объемными элементами с характеристиками стали S240. Поскольку в ТНПА для мостовых сооружений подобный расчет не приводится, использована методика расчета, изложенная в ТКП 45-5.03-97 (формулы (46)-(49)).

Основные выводы по результатам исследования.

1. Количественные характеристики, полученные в данном исследовании, применимы для пролетных строений из П-образных плит пролетом 9 м, изготовленных из бетона класса не ниже В25, усиленных монолитной плитой толщиной 80–150 мм из бетона класса не ниже В25 с вертикальными анкерами из стали S240 диаметром 20 мм.

2. Для данного пролетного строения оптимальная установка анкеров следующая:

- диаметр анкеров – 20 мм, глубина заделки анкеров – 150 мм;
- шаг анкеров, считая от оси опирания – $200 + 2 \times 300 + 2 \times 350 + 2 \times 400 + 500 + 650 + 2 \times 850 + 650 + 500 + 2 \times 400 + 2 \times 350 + 2 \times 300 + 200$ (мм);
- количество анкеров в поперечном сечении на 1 плиту – 2 шт;
- места установки анкеров по ширине – над ребрами плит.

3. При расчете контактного стыка большое значение имеет класс бетона. Класс бетона плиты усиления следует назначать равным фактическому классу бетона существующих плит.

Перспективы применения современных деформационных швов мостовых сооружений

Шиманская О.С.

Белорусский национальный технический университет

Специалистами НИЛ МИС БНТУ в 2016 г. была выполнена исследовательская работа по данным, полученным в ходе осмотра мостовых сооружений объекта реконструкции «Автомобильная дорога

Р-23 Минск-Микашевичи, км 74,0 – км 110,7». При осмотре были определены три варианта применения конструкций деформационных швов на реконструированных сооружениях. Современные проекты предусматривают устройство деформационных швов только над крайними опорами, а часто деформационные швы и вовсе исключаются из конструкции мостового полотна.

На путепроводе рамной конструкции на транспортной развязке ПК 983+13 над крайними опорами применены деформационные швы современной конструкции с металлическим окаймлением и резиновым компенсатором КРМ. На мосту через р.Железнянка на ПК 890+37,34 применены щебеночно-мастичные деформационные швы.



Рис.1 Деформационный шов КРМ.



Рис.2 Щебеночно-мастичный деформационный шов

Мост через канал на ПК 960+13 выполнен без применения деформационных швов, так как монолитная накладная плита пролетных строений объединяется с переходными плитами сопряжений на длине по 2 м в обе стороны. Таким образом, на новых мостовых сооружениях при реконструкции автомобильной дороги Р-23 применены три типа конструкции деформационных швов, работа которых будет изучена и проанализирована при дальнейшей эксплуатации, что позволит сделать выводы о дальнейшей перспективе применения современных конструкций деформационных швов.

Уточнение допусков линейного размера по толщине монолитной железобетонной плиты перекрытий многоэтажных зданий

Нестеренко В.В., Терешко А.Ю., Поливко А.Г.
Белорусский национальный технический университет

Толщину монолитной железобетонной плиты перекрытий в многоэтажных зданиях рекомендуется назначать в зависимости от расчетного пролета плиты и значения временной нормативной нагрузки.

Точность изготовления железобетонных элементов характеризуют допусками и предельными отклонениями их линейных размеров по СТБ 1941–2009 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски». Допуски линейных размеров принимают в зависимости от номинального значения размера, точность которого нормируют. Так, допуски для номинального размера 60...120 мм при разных классах точности приведены в таблице.

Допуски линейных размеров в мм

| Интервал номинального размера L | Значение допуска для класса точности | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 60–120 | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 1,6 | 2,4 | 4,0 | 6 | 10 | 16 |

В результате вероятностного расчета плиты перекрытия установлено следующее:

обеспеченность по прочности нормального сечения монолитной железобетонной плиты перекрытий многоэтажных зданий, с учетом точности изготовления железобетонных элементов по СТБ 1941–2009, составляет не менее 95%.

допуски линейного размера по толщине монолитной железобетонной плиты перекрытий многоэтажных зданий для классов точности 1-9 (СТБ 1941–2009), при номинальной толщине плиты 90-130 мм, могут быть менее «жесткими», чем по СТБ 1941–2009.

значения допусков линейного размера по толщине монолитной железобетонной плиты перекрытий многоэтажных зданий для классов точности 1-9 (СТБ 1941–2009) рекомендуется принимать равными 16 мм.

Гулицкая Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Данные обследований мостовых сооружений РБ, проведенных НИЛ МИС филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть», свидетельствуют о том, что одна из причин снижения долговечности и надежности эксплуатации малых мостов – это недостаточное отверстие моста, которое характеризуется величиной подмостового габарита менее 1 метра. Это препятствует нормальной эксплуатации сооружения, а именно: проведению осмотров, ремонтных работ и других работ по содержанию.

Возможные причины появления такого дефекта - это проектные ошибки; строительные ошибки; уменьшение живого сечения русла с течением времени, связанное с отложениями наносов в русле и на поймах повышение уровня воды в русле в результате изменений гидрологического режима реки.

Минимально допустимое значение подмостового габарита (расстояния от низа пролетного строения до уреза воды) по ТКП 45-3.03-232-2011–0,5м. Дальнейшее повышение уровня воды может привести к повреждению несущих конструкций моста, размывам насыпи, возникновению аварийной ситуации на сооружении.

При уровнях воды, превышающих допустимые значения, на сооружении устанавливается круглосуточное наблюдение с проведением комплекса спецработ, предусмотренных в ДМД 02191.2.011-2007. При подъеме уровня воды до низа пролетных строений ситуация объявляется предаварийной и проводятся работы по минимизации повреждений конструкций и обеспечению безопасности движения по сооружению (ДМД 02191.2.011-2007).

Снижение долговечности мостового сооружения при недостаточном отверстии моста связано с затрудненностью, а именно – работ по текущему и периодическому осмотрам, а также своевременных работ по текущему ремонту сооружения. Вследствие этого процессы разрушения основных несущих конструкций мостового сооружения могут стать неконтролируемыми, что приведет к снижению грузоподъемности сооружения и, как следствие, к возможности возникновения аварийных ситуаций. Кроме того, при невыполнении своевременных работ по текущему ремонту элементов мостовых конструкций значительно увеличиваются объемы работ по восстановлению конструкций сооружения, в результате чего зоны дефектов несущих конструкций могут достигнуть состояния непригодности к ремонту.

Исследование технико-эксплуатационного состояния мостовых сооружений на дорогах Мозырского НПЗ

Гулицкая Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Специалистами НИЛ МИС филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» выполнены работы по обследованию мостовых сооружений, расположенных на территории Мозырского нефтеперерабатывающего завода. Мостовые сооружения – железобетонные путепроводы через технологические (трубопроводные) трассы построены в начале 1970-х годов на внутривозовских автодорогах. Опоры путепроводов – рамного типа из сборных железобетонных стоек, монолитных насадок и заборных стенок, пролетные строения – железобетонные сборные, из предварительно напряженных плит прямоугольного сечения с круглыми пустотами, длина плит 6,0 м. При обследовании выявлены дефекты, влияющие на грузоподъемность, долговечность сооружений и безопасность движения по ним:

отслоение бетона защитного слоя, обнажение и коррозия арматуры элементов опор и пролетных строений;

трещины коррозионного характера по бетону элементов опор;

нарушение герметичности деформационных швов и гидроизоляции мостового полотна;

отсутствует ограждение проезжей части на подходах к сооружениям;

высота бордюрного ограждения ездового полотна не соответствует требованиям современных норм;

отсутствуют тротуары, технические проходы и перильное ограждение на сооружениях;

повышенная толщина слоев ездового полотна.

На основе анализа выявленных дефектов и результатов расчета грузоподъемности плитных пролетных строений путепроводов службе эксплуатации ОАО «Мозырский НПЗ» для обеспечения безопасной эксплуатации мостовых сооружений на внутривозовских автодорогах даны рекомендации провести ремонт в соответствии с требованиями ТКП 45-3.03-232-2011.

Самоклеящаяся битумная лента-герметик Nicoband

Ляхевич А.Г., Кулан А.В.

Белорусский национальный технический университет

Самоклеящаяся герметизирующая лента Nicoband применяется для герметизации швов, трещин поверхностей различных строительных конструкций, а также герметизации стыков. Она весьма технологична, надежно защищена от УФ излучения, водо- и воздухопроницаемая, обладает высокой адгезией к основанию, экологически чистая.

Использовать герметизирующую ленту можно при температуре до -5 градусов. Чаще всего ее применяют для герметизации стыков и примыканий различных строительных конструкций, герметизации швов, трещин в основаниях, усиления гидроизоляционного слоя в разнообразных сложных конструкциях, а также для временной локализации прорывов, возникающих в трубопроводах. Герметизирующая лента применяется со стороны воздействия сырости и влаги как снаружи, так и внутри сооружения.

Герметизирующая лента состоит из алюминиевой фольги высокой прочности и клейкого слоя, созданного на основе битума. Благодаря прижатию клейкого слоя к поверхности образуется надежный водозащитный слой, который обеспечивает полноценную герметизацию швов.

Герметизирующая лента используется в следующих случаях:

- финишная герметизация швов и их ремонт;
- герметизация скрытых швов;
- герметизация стыков на парапетах;
- временное крепление теплоизоляции при монтаже систем фундаментов;
- антикоррозийная защита;
- герметизация стыков различных холодных труб.

Самоклеящиеся битумные ленты-герметики серии Nicoband просты в применении и не требуют специальных навыков. Поверхность должна быть чистой, сухой, обезжиренной. Ленты имеют великолепную адгезию к большинству поверхностей: бетон, кирпич, стекло, битум, металл и т.д.

Для улучшения приклейки к таким поверхностям как бетон, кирпич и другим пористым поверхностям дополнительно можно выполнить следующие операции: удалить с поверхности верхний слой при помощи проволочной щетки или наждачной бумаги, обработать битумной грунтовкой и дождаться, пока она высохнет. Приклеить ленту и прокатать или плотно прижать к поверхности.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Гидроизоляция УЛЬТРАМОСТ

Ляхевич А.Г., Кулан А.В.

Белорусский национальный технический университет

Напыляемая бесшовная гидроизоляция Ультрамост была создана в Научно-Исследовательском Институте «Союздорнии» в 2009 г. по заказу компании «ПРАС», отвечающая высоким требованиям, предъявляемым к материалам, используемым в мостостроении, например, при строительстве многоуровневых развязок, например, таких как, представленных на рисунке.



Многоуровневая развязка

Ультрамост - является двухкомпонентной системой и наносится механизированным способом при помощи специальной установки безвоздушного нанесения. Процесс нанесения гидроизоляции осуществляется **двухканальным распылителем** оснащенным специальными **форсунками**.

Главной проблемой, применяемой наплавленной рулонной гидроизоляции было, есть и будет проблема «непроклейки». По факту остается непроклеенной площадь порядка 20-40% и это норма для рулонных материалов. Когда необходимо выполнить примыкание гидроизоляции, то это вообще огромная проблема. Во время устройства гидроизоляции рулонными материалами применяется технология "расплава" вяжущего материала непосредственным воздействием открытого огня (температура газовой горелки – 1100°C). В результате полимер (SBS) входящий в состав рулонной гидроизоляции просто выгорает при температуре выше 180°C, что неизбежно ведет к значительному ухудшению эксплуатационных свойств гидроизоляционного покрытия. Главные преимущества мостовой гидроизоляции Ультрамост:

- единое бесшовное покрытие;
- нанесение на любые поверхности любой геометрии, возможность высококачественного выполнения любых сопряжений гидроизоляции;
- высокая адгезия к любым основаниям (отрыв когезионный);

- содержание в составе масло-, бензостойких полимеров (обязательно для транспортного строительства)

- минимальные сроки монтажа (1000 кв.м. - смена из 3 рабочих)

В 2005 году после 4-х летних научных исследований специалистами фирмы «Прас» совместно со специалистами нескольких лабораторий ФГУП «СоюзДорНИИ» разработана конструкция композитного дорожного покрытия «Ультрамоств» (ТУ5775-075-01393697-10) для применения в качестве гидроизолирующего слоя в составе дорожной одежды выполняющего помимо своих прямых гидроизоляционных свойств роль трещинопрерывающей прослойки на объектах транспортного строительства.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 699.82

Деформационные швы Униблок для автомобильных мостов, эстакад, путепроводов, акведуков

Ляхевич Г.Д.

Белорусский национальный технический университет

Деформационные швы Т.І.S. Uniblok (UBK) предназначены в зависимости от типоразмеров для автодорожных мостов, путепроводов, акведуков, автостоянок, паркингов для диапазона перемещений от 50мм. до 350 мм. Деформационный шов (д.ш.) собирается из стандартных секций заводского изготовления.



Рис. 1 Элементы деформационных швов Т.І.S. Uniblok

UBK R

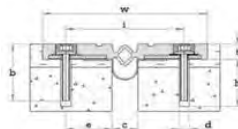


Рис.2 Система Uniblok (UBK series). Деформационные швы UBK R50 и UBK R75

UBK

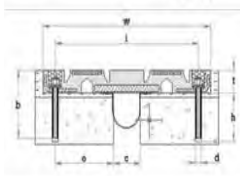


Рис. 3 Система Uniblok Деформационные швы серии UBK 50 - 350.



Рис. 4 Монтаж системы Uniblok

Конструкция деформационных швов UBK R50 и UBK R75 представляет собой литую армированную секцию из неопрена размером 2000*270*30 мм. Вес секции 40 кг. Отличаются легкостью и простотой монтажа. Не требуют закладных деталей, являются самоочищающейся системой. Монтаж осуществляется после укладки асфальтобетонного (а\б) покрытия. При ремонте, а\б покрытия возможен демонтаж конструкции д.ш. и «подгонка» под уровень нового покрытия. Конструкция является высоконадежной. На сегодняшний день в мире эксплуатируется более 200 000 метров д.ш. Униблок

Деформационные швы серии UBK 50-350 применяются для мостовых конструкций с диапазоном перемещений ± 25 мм и ± 175 мм соответственно. Конструкция представляет собой литую армированную секцию из неопрена. Длина секции от 1000 до 1800 мм, отличается легкостью и простотой монтажа. Не требуют закладных деталей, являются самоочищающейся системой. Монтаж осуществляется после укладки, а\б покрытия. При ремонте, а\б покрытия возможен демонтаж конструкции д.ш. и «подгонка» под уровень нового покрытия. Для тротуаров изготавливается специальный тротуарный блок, а также специальные секции для деформационных швов, испытывающих диагональные перемещения.



Рис. 5 Секции деформационных швов для тротуаров

В комплект поставки входит все необходимое для монтажа деформационного шва:

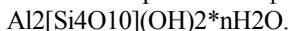
- блок деформационного шва;
- фиксирующий состав для анкеров;
- герметизирующий состав;
- состав для заливки крепежных углублений;
- алюминиевый дренаж;
- крепежные элементы;
- полимербетон с полимерной фиброй EMACO M1.

Бентонитовые глины для защиты мостовых и тоннельных конструкций

Звонник С.А., Метамеди Саед Насер, Тарасов П.А., Козел А.Ю.
Белорусский национальный технический университет

В строительстве нашлось применение бентонитовой глине, которая имеет свойство разбухать при присоединении молекул воды.

Бентонитовая глина используется в мостовом и тоннельном строительстве. Бентонит (назван по месторождению Бентон, США) – природный глинистый материал. Главное его свойство – разбухает при присоединении молекулы воды к молекулам или ионам в 14 – 16 раз. Имеет формулу



Бентонитовая глина является одним из ценнейших ископаемых материалов, который нашел свое применение в различных областях деятельности человека. Бентонитовые растворы при строительстве тоннелей используются в проходческих комплексах с гидропригрузом забоя, что позволяет проводить работы в неблагоприятных инженерно-геологических условиях.



Рисунок 1 Общий вид тоннеля

Область применения бентонитовой глины:

- для бурения методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ);
- в качестве пригруза забоя;
- гидроизоляции оснований;
- устройства тиксотропных рубашек при строительстве различных горнотехнических сооружений (тоннелей, шахт, колодцев, плотин и т.д.)
- для регулирования объема водоотдачи и гелеобразование буровых растворов на водной основе с низкой степенью минерализации.

Свойства бентонитового раствора:

- обеспечивает оптимальную прочность геля с минимальной вязкостью для выноса бурового шлама, что способствует хорошей очистке канала;
- улучшает устойчивость ствола скважины в плохо уплотненных/цементируемых песках и формированиях гравия;

- понижает величину фильтрации, формируя тонкую глинистую корку с низкой проницаемостью;
- служит в качестве смазки при тоннельных операциях;
- бентонит обеспечивает экономичный расход раствора, быстрый набор динамической вязкости, что обеспечивает высокую производительность работ.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 691.3

Применение микрокремнезема на бетонных производствах

Звонник С.А., Козел А.Ю. Тарасов П.А.

Белорусский национальный технический университет

В середине 80-х годов в мировой строительной практике появились бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. Ключевым фактором технологии производства таких бетонов являлось комплексное использование высокоактивной минеральной добавки – микрокремнезема. Микрокремнезем образуется в процессе выплавки ферросилиция и его сплавов. После окисления и конденсации некоторая часть монооксида кремния образует чрезвычайно мелкий продукт в виде шарообразных частиц с высоким содержанием аморфного кремнезема. Первоначально микрокремнезем использовался как заменитель цемента, но по мере накопления данных его стали применять в качестве дополнительного компонента, улучшающего характеристики бетона, как в свежееуложенном, так и в затвердевшем состоянии. За несколько десятилетий микрокремнезем превратился из заменителя цемента в высокотехнологичную добавку, которая использовалась в ряде крупных проектов, таких, как мост Сторебелт в Дании, мост Цин Ма в Гонконге и Саус Уэкер 311 в Чикаго - одно из самых высоких зданий в мире.

Популярность микрокремнезема объясняется его уникальной способностью позитивно влиять на свойства строительных материалов, улучшая их качественные характеристики: прочность, морозоустойчивость, проницаемость, химическую стойкость, сульфатостойкость, износостойкость и др., что позволяет им продолжительное время техногенным воздействиям.

Следует отметить универсальность добавки микрокремнезема как дисперсии, влияющей на тиксотропные свойства системы, через изменение протяженности структурных элементов – цепочек и их перехода при контактных взаимодействиях в пространственные каркасные ячейки. Это условие соответствует минимальным значениям межфазного натяжения при максимальном развитии граничных поверхностей, что предполагает существование большого числа точечных коагуляционных контактов вплоть до создания предельно наполненной системы, в которой коллективный переход к сцеплению в ближнем порядке вызывает резкое упрочнение. Такой

этап гидратообразования с коллоидацией кремнеземных частиц, за счет которых формируются пространственные упаковки, приводит к самоармированию твердеющей цементной системы композита.

В целом добавка микрокремнезема является высокоэффективным модификатором структуры бетона как композиционного материала, полученного на основе наукоемкой технологии.

Научные руководители - Ляхевич Г.Д., Терешко А.Ю.

УДК 624.9

Экодуки и их роль в современном мире

Поливко А.Г.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире всё больше развивается транспортная система, и, следовательно, увеличивается количество аварий, связанных с переходом животными дорог. Инженеры нашли отличный способ сохранить жизнь, как животным, так и людям, - строительство экодуков.

Экодуки (зелёные мосты) - это инженерные сооружения (мосты или тоннели), соединяющие разорванные линейными сооружениями человека (например, дорогами) экосистемы, которые позволяют живым организмам безопасно передвигаться по своему ареалу.

С появлением первых повозок и колесниц стали случаться ДТП. Оценив причины и последствия различных столкновений на дорогах, уже древние римляне придумали и ввели первые элементарные правила дорожного движения. Однако в связи с развитием транспорта, ДТП с участием животных начали увеличиваться, и необходимо было предпринять какие-то меры по защите как человека от ДТП, так и животных.

Хороший способ минимизировать конфликт человека и дикой природы состоит в том, чтобы построить перекрестки для животных, специальные мосты и тоннели, которые позволяют животным пересекать созданные человеком барьеры.



Экодук во Франции.

Первые экодуки были созданы во Франции в 1950-х годах для того, чтобы защитить животных. В настоящее время всё больше и больше стран при проектировании и строительстве инженерных сооружений стараются задумываться не только об удобстве перемещения людей, а также о проживании и перемещении диких животных.

Строительство экодуков – это отличная идея. С одной стороны, это решает проблему частых аварий с участием животных, а с другой – помогает не просто сохранить окружающую среду, а даже сделать её ещё лучше и красивее. Однако помимо решения обычных инженерных задач, с которыми сталкиваются при строительстве обычных мостов, в этом строительстве необходимо решить ряд задач, которые присущи данной местности и ареалам.

Но если мы собираемся продолжать строить дороги в среде обитания животных, то должны оставить возможность животному миру переходить эти дороги без риска. Никто не учит правилам пешеходного перехода лося, для которого может быть смертельно опасно пересечение ужасающей реки асфальта. Но можно создать красивый травянистый мост, что будет соответствовать эко-устойчивым принципам развития общества. Стоит также отметить, что экодуки - очень привлекательные с эстетической точки зрения сооружения. Они, несомненно, украшают пейзаж и привлекают внимание туристов, проезжающих по трассе.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 629.113

Использование автомобилей на водороде

Терешко А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В 2009 году примерно 25 % выбросов углекислого газа в атмосферу Земли производилось в результате работы разного рода транспорта. По оценке МЭА, уже к 2050 году это число удвоится и продолжит расти по мере того, как в развивающихся странах будет увеличиваться количество личных автомобилей. Кроме углекислого газа в атмосферу выбрасываются оксиды азота, ответственные за увеличение заболеваемости астмой, оксиды серы, ответственные за кислотные дожди и т. д.

Водород как топливо для двигателей рассматривается в числе наиболее перспективных веществ. Запасы водорода на Земле практически неисчерпаемы, так как его легко выделить из обыкновенной воды. Хранение и транспортировка этого газа хоть и связаны с определенными сложностями, но осуществимы. И, что самое важное, при равных массах, при сжигании водорода выделяется в 3 раза больше энергии, чем при сжигании бензина.

Первый патент на водородную силовую установку был выдан в Англии еще в 1841 году. В 1852 году в Германии был построен двигатель внутреннего сгорания, работающий на смеси водорода и воздуха.

Современные силовые установки подразделяются по принципу работы на два типа: электромоторы с питанием от водородных топливных элементов и двигатели внутреннего сгорания на водороде.

Главным преимуществом водородных автомобилей водородных автомобилей является, то что они экологически чистые и не представляют никакой угрозы для окружающей среды.

В случае водородных топливных элементов автомобилей, почти 90% энергии, вырабатываемой в топливных элементах, преобразуется в электрическую энергию, которая делает эти автомобили энергоэффективными.

Опасность использования водорода как топлива связана с двумя факторами: высокой летучестью водорода, из-за которой он проникает через очень небольшие зазоры, и лёгкость воспламенения. С другой стороны, при пробое топливного бака бензин разливается лужей по поверхности, тогда как водород улетучивается в виде направленной струи. Однако есть опасность заполнения замкнутого пространства салона автомобиля водородом.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 624.011

Нанодревесина

Рогинский Е.И., Черенкевич Р.С.

Белорусский национальный технический университет

На данный момент в мире природные ресурсы имеют значимость с каждой точки зрения рассмотрения вопроса. Люди хотят становиться все ближе и ближе к природе, но также под таким влиянием человека нашей природы становится меньше. Сейчас подход к деревообработке и переработке пиломатериалов движется в позитивном русле. Как все знают, производство бумажных изделий не совсем развито на территории нашей страны. Казалось бы, что это не так, но по сравнению с Европой мы очень отстаем. На мой взгляд, это связано с тем, что подавляющее количество заводов и предприятий просто не имеют нужного оснащения: устарели и оборудование, и технологии. Возьмем в пример Россию. Несмотря на то, что Германия по площади во много раз меньше России, она выпускает больше изделий из дерева в несколько раз. Так же можно и говорить о заводах строительных конструкций и материалов. Заводов, которые отвечают всем современным нормам, явно меньше чем в Европе. Сейчас спрос на пиломатериалы в мире становится все

больше и больше. О Беларуси, как и о России, можно сказать, что рост производства древесины и деревообработки начался только с 2003 года. Европейские страны за все время, которое они существовали, только увеличивали свое производство и объемы поставок. И только сейчас наша отечественная древесина вышла на рынок, как высококачественный продукт, достойная конкурировать с европейскими. Результатом этого всего стали нанотехнологии, которые стремительно развиваются в этой области. Главным фактором этого развития считается интерес и поддержка со стороны власти к инновациям. Нанодревесина – это материал, который может противостоять возгоранию и гниению, что очень немаловажно для древесины. Такая древесина обработана специальными составами, что повышает ее качественные характеристики и главным образом долговечность. Можно сказать, что нанодревесина лишена практически всех недостатков, доставшихся ей от природы. Свойства конструкций из такой древесины дадут шанс экспортировать экологически чистый, огнеупорный продукт из натуральной древесины в другие страны.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 666.972.162

Гидрофобизирующие добавки

Гавриленко Д.С

Белорусский национальный технический университет

Гидрофобизирующие добавки — это вещества, придающие стенкам пор и капилляров в бетоне гидрофобные (водоотталкивающие) свойства. Гидрофобизирующие добавки, к числу которых принадлежат многие органические вещества с резкой асимметрией в строении их молекул, вводят в бетонные и растворные смеси с целью:

- уменьшения смачивания стенок пор и капилляров, а также поверхности изделий;
- воздухоовлечения или газообразования, сопровождающегося гидрофобизацией образующихся газовых полостей;
- повышения связности и подвижности бетонной смеси, происходящего за счет равномерно распределенных в ней пузырьков воздуха или газа.

Придание бетонам и растворам водоотталкивающих свойств с применением гидрофобизирующих добавок наиболее эффективно в тонкостенных элементах конструкций полов, облицовок резервуаров, лотков, а также при необходимости исключить возможность взаимодействия жидкостей с цементом и при высоких гигиенических требованиях к покрытию полов, резервуаров и других поверхностей, увлажнение которых

нежелательно по технологическим или гигиеническим соображениям.

Механизм действия гидрофобизирующих добавок состоит в том, что они при контакте с продуктами гидратации цемента осаждаются в виде мельчайших капелек на стенках мелких пор и капилляров, образуя гидрофобные покрытия. В результате этого возникает контакт, имеющий обратный угол, при котором силы поверхностного натяжения выталкивают воду из пор. Гидрофобизирующие добавки способствуют модифицированию продуктов гидратации цемента. Исследованиями установлено, что использование комплексных органоминеральных добавок КОМД-С приводит к увеличению количества гелеобразных волокнистых и тонкоигольчатых гидросиликатов кальция среди гидратных продуктов, в результате чего дисперсность структуры цементного камня повышается, и она становится более однородной.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 631.6.02

Защита почвы от водной и ветровой эрозии

Гавриленко Д.С..

Белорусский национальный технический университет

Эрозия - это поражение почвы ветром и водой, передвижение продуктов разрушения и их переотложение.

Поражение почвы водой проявляется в основном на склонах, с которых стекает вода, дождевая или талая. Эрозия бывает плоскостная (происходит равномерное смывание почвы стоками воды, которая не успевает впитаться), бывает струйчатая (образуются неглубокие промоины, устраняемые обычной обработкой), и еще есть глубинная эрозия (размывает сильными потоками воды почву и горные породы).

Разрушение почвы ветром, иначе называется дефляция, может развиваться на любых видах рельефа, даже на равнинах. Дефляция бывает повседневной (ветра небольшой скорости поднимают почвенные частицы в воздух и переносят их на другие участки) и периодической, то есть пыльные бури (ветер на большой скорости приподнимают весь верхний слой почвы в воздух, и уносит эти массы на дальние расстояния).

Защита почвы от водной эрозии – это целый комплекс агрометеорологических и гидромелиоративных мероприятий, которые должны проводиться по заранее согласованному плану:

- организационно-хозяйственные работы. (периодическое обследование полей с составлением планов и карт, комплексная оценка процессов эрозии, разработка плана мероприятий и контроль их выполнения)

- агромелиоративные мероприятия – это система севооборота с учетом защиты почвы. Она предполагает посадку многолетних культур, размещение культурных растений полосами на склонах, разработку и установку системы снегозадержания для предотвращения вымывания грунта тальми водами.

- лесо- и гидромелиоративная защита грунта. Она предполагает высадку лесных полос на склонах, обустройство каналов для отведения талых вод, террасирование склонов, создание плотин и искусственных водоемов.

Защита почвы от ветровой эрозии – комплекс мер, призванных предотвратить выветривание грунта и обеспечить сохранность верхнего плодородного слоя. Для этого используется почвозащитный севооборот, предполагающий размещение полосами зерновых культурных растений и многолетних трав.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 678.8

Совершенствование композитных материалов для транспортного строительства

Метамеди Саед Насер, Чучков С.В.,Новиков П.И.,
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время композитные материалы широко применяются во всех отраслях строительства: в транспортном, промышленном, гражданском, при отделочных работах. Благодаря им проектировщики могут воплотить свои идеи в жизнь, потому что, в отличие от обычных материалов, композитные позволяют возводить конструкции не серыми и однотипными, а цветными и различными по форме.

Железобетон позволяет возводить массивные, прочные и необыкновенные сооружения. Композитная арматура позволит значительно сократить затраты на строительство, так как она дешевле обычной стальной арматуры и может составить ей конкуренцию на рынке строительных материалов.

На сегодняшний день одним из наиболее важных вопросов в строительстве является совершенствование методов производства материалов. Например, для устранения недостатков такого композитного материала, как железобетон, в его состав вводят различные модифицирующие добавки, которые позволяют увеличить прочность и морозостойкость конструкций. Что касается композитной арматуры, все отрицательные моменты успешно решаются производителями и инженерами-проектировщиками (проводятся специальные изыскания и расчёты). Для устранения отрицательных показателей, во время приготовления полистиролбетонной смеси добавляют определённые химические вещества, которые приводят к увеличению адгезии

цементного раствора к поверхности пенополистерольных гранул, и в результате этого значительно увеличивается показатель прочности и плотности готового полистиролбетона; уменьшение усадки удастся получить с помощью пластификаторов.

При конструировании армированных полимерных композиционных материалов используют компьютерную обработку данных, и для этого разработано большое количество программных продуктов. Их использование позволяет повышать качество продукции, сокращать длительность разработки и организации производства конструкций, комплексно, качественно решать задачи их рационального проектирования. Учет неравномерности нагрузок позволяет проектировать корпусную конструкцию из армированного композита с дифференцированной толщиной, которая может изменяться в десятки раз. Переход на современные технологии проектирования и подготовки производства изделий позволяет сократить расход композитных материалов и влияние человеческого фактора на качество изделий.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 678.8

Использование инноваций робототехники в строительстве

Мельник В.В., Шахразад Азхари, Аль-Магуси М., Корбут Е.А.
Белорусский национальный технический университете

Одним из наиболее успешных направлений для применения автоматизации и робототехники были конструкции-оболочки. В настоящее время, самый большой в мире 3D-принтер является САД-программно-управляемым D-формы, разработанный Энрико Дини. Принтер был использован для создания крупномасштабных скульптур. В то же время, недавние исследования Массачусетского института были сосредоточены на проблеме качества конечного продукта. Крупномасштабная печать часто производит грубые, уродливо выглядящие результаты. Но компоненты могут быть отшлифованы на внешнем виде, чтобы создать законченный вид. Для массы и стабильности, печатные оболочки заполняются бетоном.

Как и 3D-печать, летающие дроны зарекомендовали себя полезными в ряде строительных задач, таких как, инспекция трубопровода и радиовышек; поисково-спасательные работы в визуально затененных областях, таких как шахты; и даже в качестве инструментов для выпаса скота или доставки пакетов. В цене технология быстро падает, АЕС фирмы вкладывают деньги в беспилотники. Строительная площадка является естественным местом для быстрого визуального осмотра с помощью воздушного дрона. Добавить специализированные технологичные с инфракрасными фильтрами или

датчиками для обнаружения утечек газа, и дрон становится бесценным, передовая богатые, многоструктурные данные, экономя затраты и уменьшая риски, связанные с человеческим обследованием в труднодоступных районах.

Некоторые типы беспилотных летательных аппаратов предлагают удивительную точность, особенно те, которые используют несколько винтов для дополнительной устойчивости. Заинтересованные стороны строительного сектора начали использовать счетверенных (БОК вертолеты), оснащенных камерами высокого разрешения, лазерным сканированием буровых установок, а также гироскопической стабилизации.

Команда из 50 летающих роботов (модели Gramazio & Kohler's- (рисунок) построила устойчивую 6-футовую башню из 1500 пенопластовых блоков.



Модель Gramazio & Kohler's.

Может ли этот процесс быть расширен? Могут ли беспилотники быть разработаны так, чтобы, например, носить кирпичи и строительный раствор, распределяя все это во время строительства каменной кладки? Это вполне может быть осуществлено. Было разработано мобильное подразделение дронов, помещающееся в модифицированном грузовом контейнере, которое выполняло несколько строительных задач. Роботы R-O-B построили художественные инсталляции Structural Oscillations в Венеции и Нью-Йорке и пригодный в реальном мире нестандартный кирпичный фасад здания службы в Швейцарии.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Инновационные установка и технология утилизации бетонных и железобетонных конструкций

Мельник В.В.

Белорусский национальный технический университете

Выпускник Института дизайна при Университете Умео (Швеция), Омер Хэкаймоероглу, разработал уникальный технологический механизм, способный "поедать" бетон, не оставляя за собой ни мусора, ни грязи. Робот (рисунок) с именем ERO Concrete Recycling Robot (Перерабатывающий бетон робот) используется для более быстрого и эффективного демонтажа зданий, после чего продукты переработки можно использовать вторично. В основе работы машины лежит метод применения водной струи максимальной мощности. Под сильным давлением воды, строительные материалы «растворяются», образуя влажную массу.



Робот шведской компании ERO.

ERO способны самостоятельно оценить объемы и сложность предстоящей работы, исходя из архитектурных особенностей определенного здания, а также учитывая количество роботов-«пожирателей» бетона. Роботы не требуют никакого дополнительного оснащения. Нужны: вода в достаточном количестве, тара для упаковки переработанных продуктов и источник электропитания. В специальном сепараторе «добытая» субстанция сортируется на цемент, воду и мусор. Каждый компонент упаковывается отдельно. Цемент может быть использован вторично на других строительных объектах, а мусор отправляют на пункты переработки и утилизации. Третий компонент - воду - робот использует циклично.

Робот ERO «пожирает» не только бетон, но и известку, штукатурку, ржавчину, которые можно потом использовать в строительных смесях. Ненужную стену всегда можно разрушить, а потом заново выстроить почти из тех же материалов.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

**Инновационные технологии в области строительства
с использованием 3D-принтеров.**

Ляхевич Г.Д., Шепелевич Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

3D-принтер - устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. 3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания (выращивания) твёрдого объекта.

Группа учёных под руководством доктора Сунгву Лима (Sungwoo Lim) из британского Университета Лафборо (Loughborough University) разрабатывает новые подходы к применению 3D-печати в строительстве. Учёные, задействовав технологию 3D-печати и усовершенствованную формулу цемента, научились печатать как небольшие конструкции, так и полноразмерные конструкции для строительства.

Строительный 3D-принтер в своей работе использует технологию экструдирования, при которой каждый новый слой строительного материала выдавливается из принтера поверх предыдущего слоя. О высоком разрешении печати в данном случае говорить не приходится, да это и не критично для строительства, так как бетон легко поддаётся последующей обработке и отделке. Зато 3D-печать позволяет получить уникальные бетонные формы без опалубки, существенно сократив при этом затраты живого труда и время сдачи объекта.

Разработчики уверены, что технологии 3D-печати уготовано большое будущее. В ближайшее время планируется заменить 3-х осную систему роботизированной руки на 7-осную, увеличив тем самым скорость печати, качество готовых конструкций и обеспечив возможность запечатывания больших объектов.

Ещё один проект, связанный с использованием строительных 3D-принтеров, разработала группа учёных из Южно-Калифорнийского университета под руководством профессора Бирока Кошневиса (Behrokh Khoshnevis). Авторы предлагают установить на строительную площадку гигантский 3D-принтер, подключив к нему компьютер с особым программным обеспечением. После этого остаётся лишь обеспечить непрерывную подачу на 3D-принтер бетона. По команде оператора 3D-принтер (см. рисунок 1) будет заливать фундамент будущего здания, формировать его стены. Бригаде строителей останется лишь контролировать процесс 3D -печати и укладывать плиты перекрытия на разных стадиях возведения здания. Применение строительных 3D -принтеров повысит

точность возведения зданий и многократно сократит сроки их сдачи. Автоматизация ручного труда позволит сократить численность строительных рабочих и минимизировать риск производственных травм.



3D-принтер для печати бетоном в сложенном состоянии

Принтер возводит стены, накладывая друг на друга многочисленные слои бетона, на ходу добавляя проводку и сантехнику. В итоге получается готовое здание, только без дверей и окон. Принтер может также красить стены и укладывать плитку. Таким образом, принтер способен выполнить до 90 % операций, связанных с возведением зданий. Технология 3D печати в среднесрочной перспективе получит достаточно высокое развитие.

УДК 629.113

Солнечные батареи на дорогах

Андрюшенко А.К.

Белорусский национальный технический университет

Солнечный светофор (рисунок 1,2) – современная разработка, поэтому в ней сочетаются все новейшие достижения технологии в области альтернативной энергетики. А именно использование: светодиодных ламп с повышенной светоотдачей; кремниевых солнечных батарей, имеющих наиболее высокий КПД; гелевых аккумуляторов высокой емкости; микропроцессорных контроллеров, предотвращающих разряд АКБ.



Рис. 1 Предупреждающие и информационные светофоры



Рис. 2 Одноцветный мигающий светофор на солнечных батареях

Автономные светофоры представляют собой полностью автоматизированное устройство, которое не требует участия человека. Солнечная

батарея генерирует электроэнергию и накапливает ее в установленном аккумуляторе, именно эти запасы и используются для работы светофора в ночное время. Зарядка аккумуляторов может происходить при пасмурной погоде и зимой.

Данные светофоры и дорожные знаки найдут широкое применение в нашей стране. Их можно устанавливать на отдаленных участках трасс, вдали от линий электропередач, что существенно сократило бы расходы по их возведению, так как не было бы необходимости в подключении к электрической сети и прокладки кабеля. И еще одним большим преимуществом является несложный монтаж, безотказная и стабильная работа при любой погоде. Прочная конструкция светофоров позволяет минимизировать расходы на обслуживание в процессе эксплуатации.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 621.9

Шумопоглощающие экраны

Зубков К.С.

Белорусский национальный технический университет

В результате развития городов и различных областей жизни человека образуется большое количество шума. В первую очередь это касается автодорог, ж/д путей, фабрик и промышленности. Мы сталкиваемся с вопросом как совмещать стремительную урбанизацию с обеспечением комфорта населению. С этой проблемой легко справятся шумозащитные экраны. Шумопоглощающие экраны – это сооружения, используемые для снижения уровня шума от различных источников таких как, автотранспорт, железнодорожные составы. Основной критерий экранов – уровень поглощения шума, измеряемый в децибелах. Для этого используются приборы – шумометры. При использовании данных экранов можно добиться снижения уровня шума на 30 дБ, в некоторых случаях до 37 дБ. Шумоотражающие экраны, панели из огнестойких материалов, могут использоваться для возведения каркасных стен, заборов с противопожарными свойствами. Помимо выполнения шумозащитными экранами своей основной функции–изоляция населения от шумовой нагрузки, они являются архитектурным дополнением к местности, поэтому, стоит обратить внимание на их внешний вид. Шумоотражающие экраны необходимо делать эстетически вписывающимися в общую архитектурную композицию местности, где они расположены.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Высокопрочный бетон

Шпак С.В., Мамедсахатов М.Г., Барабанов Е.И.
Белорусский национальный технический университет

Под высокопрочным бетоном мы понимаем плотные бетоны класса прочности выше В50.

Бетонная смесь - подвижный состав из четырёх основных компонентов, замешиваемых в определенной пропорции: цемент, щебень, песок, вода. При выборе цемента следует обратить внимание на следующие позиции:

- совместимость цемента и пластификатора;
- водопотребление или тонкость помола;
- характер нарастания прочности и желаемое значение конечной прочности;
- характер выделения тепла в процессе гидратации с учетом размеров строительной конструкции.

Как показывает опыт, в случае производства крупногабаритных элементов или при повышенной температуре окружающей среды целесообразно скомбинировать портландцемент и шлакоцемент, заменив также одну часть портландцемента на золу-унос при сжигании каменного угля. Чтобы уверенно выйти на прочность выше 100 Н/куб.мм, рекомендуется применять мелкий базальтовый, габбровый или гранитный щебень. Марка щебня должна быть примерно в 2 раза больше, нежели расчётный класс бетона. В качестве минеральных добавок при производстве высокопрочных бетонов используются: микрокремнезем, зола-унос каменного угля, метакаолин, нанокремнезем (кремневая кислота) и каменная мука (кварцевая и известняковая мука).

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Жидкая резина

Загрецкая Ю.Ю, Жилинская А.М.
Белорусский национальный технический университет

Всегда, при проведении работ строителями, особое внимание уделялось выбору гидроизоляционного материала, так как качество гидроизоляции напрямую зависит от долговечности конструкции. Несколько лет такой материал, как жидкая резина начали использовать как гидроизиоляционный, и он хорошо зарекомендовал себя на объектах

строительства Республики Беларусь. По отзывам производителей работ, выбравших данный материал – он оказался наиболее экономичен, качественен, а также экономически выгоден.

Жидкая резина – это двухкомпонентная мастика холодного нанесения и мгновенного отвердевания на основе полимерно-битумной водной эмульсии. Данный гидроизоляционный материал так назвали, вместо более научного термина, такого, как «бесшовная напыляемая гидроизоляция», потому что он просто не был понят потребителями. 3 варианта сделать битум жидким:

1. Нагрев до температуры 100-200 °С. Приведение к более разжиженному состоянию растворителями.

2. Битум приготавливают из водной дисперсии. Сделать такое можно только в заводских условиях.

3. Раствор битума приготавливают в воде, где содержится около 63-67% битума, а остальное остается на воду.

Для нанесения жидкой резины необходима техника типа RX-27, она может наносить до 1000 м² в день.

Поверхность изоляции должна быть твердой, надежной и чистой. Чтобы получить слой в 2 мм толщиной уже в твердом виде, раствор наносят с расходом 3 кг/м².

Преимущества гидроизоляции жидкой резиной:

- Моментально наносится;
- Хорошее сцепление по всей поверхности;
- Хорошая термоустойчивость;
- Материал безопасен для экологии;
- Неимение стыков;
- Упругость;
- Ремонтоспособность;
- Безопасность и стойкость;

Обычно, недостатками традиционных покрытий являются их швы. Жидкая резина наносится без стыков, это позволяет быстро уложить ее на площадь в 1000 м² всего за 8 часов, просто и точно выполнить гидроизоляцию на любых поверхностях любой геометрической формы, а также в тех местах, куда сложно добраться.

Научные руководители – Ляхевич Г.Д., Артеменко Д.Н.

Защита земельных ресурсов от негативных природно-антропогенных процессов

Касько А.В.

Белорусский национальный технический университет

Охрана земель – это совокупность предусмотренных нормами права организационных, экологических, экономических и иных мер, направленных на сохранение, восстановление и улучшение качества земель всех категорий как составной и неотъемлемой части окружающей среды в интересах обеспечения ее благоприятного состояния.

Мероприятия по улучшению использования земельных ресурсов. В самом общем виде система землеохранных мероприятий состоит из трех направлений:

- сохранение земли, т. е. недопущение ухудшения ее качественных показателей;
- восстановление качества земель (посредством рекультивации);
- улучшение состояния земель (посредством мелиорации)

Система почвозащитных мероприятий базируется на совокупности агротехнических, агрохимических, агрофизических и специальных действий на основе проектов внутрихозяйственного землеустройства с противоэрозионной организацией территории. Различают два этапа рекультивации: технический и биологический. Техническая рекультивация предполагает подготовку земель для последующего целевого использования и включает планировку, формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почвенного слоя. Биологическая рекультивация предусматривает восстановление плодородия технически рекультивированных земель и состоит из комплекса агротехнических и фитомелиоративных мероприятий. В большинстве случаев возможна защита земельных ресурсов и эффективное восстановление нарушенных земель от природно-антропогенных процессов при условии, если человеческое общество будет способствовать предотвращать, улучшать и охранять качественные характеристики земельных ресурсов. Только в таком случае угроза земельным ресурсам отпадет.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Трубобетонные конструкции

Андрюшенков А.К.

Белорусский национальный технический университет

Трубобетон представляет собой бетон, заключенный в металлическую трубу круглого или более сложного поперечного сечения. Бетон в трубобетонной колонне находится в условиях трехосного сжатия, и потому несущая способность и деформативность трубобетона при сжатии значительно увеличивается. Если сравнить трубобетонную колонну с металлической, имеющей такую же несущую способность и массу, то снижение расхода металла в случае трубобетона может достигать величины 50%. Если же армировать железобетонную колонну тем же количеством металла, что и в трубчатой оболочке, то окажется, что сечение трубобетонной колонны при той же несущей способности может быть уменьшено также на величину до 50%. Металлическая трубчатая оболочка играет роль и продольной и поперечной арматуры и одновременно опалубки, сопротивляющейся давлению свежесуложенного бетона, что позволяет упростить процесс возведения несущего каркаса высотных и большепролетных сооружений.

Трубобетонные конструкции(рис.1,2) надежны в эксплуатации, они способны длительное время выдерживать значительные нагрузки, прикладываемые в произвольных направлениях. Под действием нагрузки бетон стремится расширяться в поперечном направлении, но металлическая обойма препятствует развитию микротрещин и создает условия для эффективной работы бетона. В свою очередь бетонное ядро, заполняя металлическую оболочку, повышает ее жесткость и сопротивляемость общей и местной потере устойчивости. Благодаря высокой слитности круглого сечения трубобетонные конструкции имеют высокую обтекаемость и менее подвержены коррозионному износу, что увеличивает их долговечность, а также обеспечивает повышенную огнестойкость.

Может сложиться впечатление, что у трубобетонных конструкций практически нет недостатков. Однако это не так. Например, в этих конструкциях очень сложно обеспечить совместную работу металлической трубчатой оболочки и бетонного ядра на всех стадиях эксплуатации. Труба начинает работать как обойма при нагрузках, при которых начинается трещинообразование.



Рис.1. Телебашня «Canton Tower» высотой 600м (г. Гуанчжоу).



Рис.2 Трубобетонный арочный мост Wangchang East River Bridge.

Для обеспечения совместной работы металлической трубчатой оболочки и бетонного ядра применяются различные приемы. Например, к внутренней поверхности трубчатых оболочек приваривают металлические стержни (по аналогии с гибкими упорами в сталебетонных конструкциях). Еще один прием обеспечения совместной работы металлической оболочки и бетонного сердечника заключается в создании предварительного напряжения металлической обоймы применением бетона на расширяющемся цементе. С другой стороны, предлагается и альтернативное решение, когда стараются исключить сцепление между бетонным ядром и металлической трубчатой оболочкой путем использования специальной смазки, обеспечивающей скольжение стенок трубы относительно бетона в процессе деформирования конструкции. Нагрузка передается не на весь трубобетонный элемент, а только на бетонную часть, и потому металлическая оболочка испытывает только растягивающие усилия в окружном направлении и не работает на сжатие. При этом создается система, при которой эффективно используются высокие прочностные свойства бетона на сжатие и металлической оболочки на растяжение.

Существует еще ряд предложений по обеспечению совместной работы бетонного сердечника и металлической обоймы, но, несмотря на это, эффективных способов обеспечения их совместной работы пока не найдено и в этом направлении нужно проводить научно-исследовательскую работу.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Использование промышленных отходов в строительной индустрии

Новиков П.И., Чучков С.В., Румак Н.С.
Белорусский национальный технический университет

Переработка отходов производства в различных сферах может широко применяться в строительной индустрии. На сегодняшний день используют только 20% ежегодного объема от всех промышленных отходов. Например: черная металлургия, в качестве промышленных отходов имеет расплавленные шлаки, для изготовления различных строительных материалов используют меньшую часть шлаков, а большую часть не используют в качестве добавок в строительные материалы.

Горноперерабатывающие предприятия круглый год осуществляют добычу различного сырья, часть этих пород могут широко применяться в качестве заполнителей или примесей для бетона, кирпича и других строительных материалов. Использование таких примесей при производстве бетонных смесей увеличивает качество и прочность бетонных и железобетонных конструкций, а так же уменьшает затраты и трудоемкость технологических процессов.

При реконструкции, демонтаже или сносе сооружений образуется огромное количество бетонного лома. Щебень из такого дроблёного бетона используют в качестве одного из компонентов строительных материалов, в разных областях строительного производства, например: заполнитель для бетонных и железобетонных конструкций и это позволяет значительно экономить сырьевые ресурсы и улучшить экологию окружающей среды. Получение такого щебня уменьшает затраты на топливо в 8 раз меньше, чем при добыче щебня в естественных условиях, а себестоимость бетона с таким сырьём уменьшается до 25%.

Промышленные отходы позволяют нам уменьшить себестоимость и повысить качество продукции. Основная причина, сдерживающая производство строительных материалов и изделий с использованием промышленных отходов - это нехватка эффективного оборудования, которое позволит качественно и тщательно отобрать промышленные отходы и запустить их в производство новых изделий или строительных материалов.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Загрецкая Ю.Ю

Бетон – это один из самых древнейших строительных материалов. Материалы из бетона были найдены на территории бывшей Югославии. Это были бетонные полы на извести и датировались 5600 г. до н.э. А в 3000 г. до н.э. уже были построены пирамиды в Египте, а также часть Великой Китайской стены. Самое широкое распространение бетон получил в Древнем Риме во втором тысячелетии до н.э.: из него строители акведуки, театры, бани дворцы и др.

Римляне такой материал называли по-разному. Например, литую кладку, заполненную камнем, называли «эмплектон». Однако чаще всего в исторических летописях встречается такое понятие как «опус цементуй», которое наиболее близко соответствует современному понятию бетона.

В развитии бетона можно выделить 4 основных этапа:

Зарождение бетона и постепенное внедрение его в римскую практику длилось 500 лет.

На протяжении последующих 300 лет - распространение объемов строительства конструкций из бетона, а также ускоренный темп этого строительства на всей территории Рима.

Свойства и технологии изготовления бетона улучшаются в несколько раз. Этап роста и развития бетона происходит с начала II в. до середины III в. н.э.

Заключительный этап закончился в начале IV века н.э.

После развала Римской Империи бетон долго не применялся в строительстве. Вновь следы использования бетона обнаружили более двухсот лет назад на территории Европы. Бетон представлял собой каменистую смесь, в ее состав входили вода, заполнитель и вяжущий компонент.

В настоящее время особо популярным становится такой вид бетона, как высокопрочный бетон. Данный бетон имеет прочность от 50 МПа и выше. На сегодняшнее время в производстве бетона лидируют Китай и США. В мире применяется около 4 миллиардов м³ бетона. Он представлен разнообразием видов, составов и технических характеристик.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Тоннель под Ла-Манш

Литвин Е. Ю.

Белорусский национальный технический университет

Главным подрядчиком строительства тоннеля стал англо-французский консорциум TransManche Link, состоящий из десяти строительных компаний и пяти инвестиционных банков. В разгар работ в туннелях находилось одновременно до одиннадцати уникальных проходческих машин, созданных американской фирмой «Роббинс». Каждая из них была длиной 250-300 метров и имела собственное имя: Роберт, Бригитта, Катрин, Вирджиния. Экипаж машины - 40 человек. У французов смена продолжалась 8 часов, у англичан - 12. Машины, работавшие с французской стороны, где пришлось иметь дело с пльвуном, были герметизированы, как подводные лодки. Они способны выдерживать давление воды до одиннадцати килограммов на квадратный сантиметр. Вольфрамовые резцы головной части вгрызались в породу, делая 2-3 оборота в минуту, и продвигались вперед за счет гидравлических поршней, закрепленных в основании на насадках, упировавшихся в грунт. «Зубы» из карбида вольфрама позволяли «прогрызать» в зависимости от условий до 300 метров в неделю. Общая длина всех трех подземных труб - более 150 километров, длина одного пути - 52,5 километра, из которых примерно 38 километров проходит под морем. Было вынито 6,5 миллионов кубометров породы, размельченной вращающимися головками, диаметром 8,8 метра. Английские машины в среднем в неделю прорывали около 150 метров, тогда как французские - 110 вследствие различной конструкции машин и условий для бурения. Чтобы машины и вместе с ними люди не заблудились операторы корректировали маршрут с помощью компьютеров и видеомониторов. Для того, чтобы оба конца встретились в одном месте, использовалась лазерная система позиционирования. Благодаря этой системе обе стороны встретились в намеченной точке 1 декабря 1990 на глубине 40 м от дна пролива. Погрешность составила всего лишь 358 мм по горизонтали и 58 мм по вертикали. Всего английской стороной проделано 84 км тоннелей, а французской - 69 км. Выработанные породы поступали на конвейер и направлялись к грузовому поезду. Всего извлекли почти 10 миллионов кубометров породы. Пробурив полтора метра, машина одевала стену железобетонными сегментами. Бетонное кольцо, состоящее из шести сегментов, весило до девяти тонн. На установку каждого кольца требовалось в среднем 50 минут. Всего на тройной туннель пошло около

ста тысяч таких колец. Стены имеют почти полутораметровую толщину. После окончания работ вывозить гигантские машины на поверхность оказалось слишком дорого, хотя стоимость каждой из них не менее ста миллионов франков. Поэтому решили их оставить под землей, в коротких штоках тоннеля. Проект был завершён за семь лет силами 13 тысяч рабочих и инженеров. 6 мая 1994 года Евротоннель был торжественно открыт лидерами государств-участников - королевой Великобритании Елизаветой II и президентом Франции Франсуа Миттераном.

Евротоннель состоит из трёх тоннелей (рисунок) - двух основных, имеющих рельсовый путь для поездов, следующих на север и юг, и одного небольшого служебного тоннеля. Служебный тоннель через каждые 375 метров имеет проходы, объединяющие его с основными. Он разработан для доступа к основным тоннелям обслуживающего персонала и аварийной эвакуации людей в случае опасности.

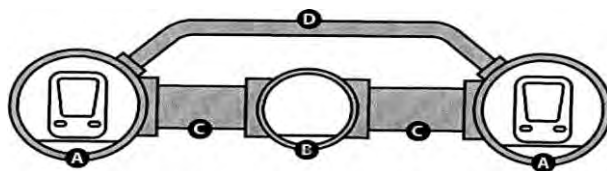


Схема Евротоннеля

Каждые 250 метров оба основных тоннеля соединяются между собой особой системой вентиляции, расположенной сверху служебного тоннеля. Эта система воздушных шлюзов позволяет свести на нет поршневой эффект, образуемый движущимися поездами, распределяя воздушные потоки в соседний тоннель. Все три тоннеля имеют две развязки, позволяющие поездам беспрепятственно перемещаться между тоннелями. Особое внимание уделено безопасности. Приподнятые платформы, которые тянутся в каждом туннеле вдоль рельсового пути, защищают поезда от падения в случае схода с рельсов. Поперечные галереи снабжены противопожарными дверями, выдерживающими температуру до 1000 градусов. Служебный туннель вентилируется слегка наддуваемым (1,1-1,2 атмосфер) воздухом, дабы при пожаре в железнодорожном туннеле дым не проникал в служебный.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

Суперпластификаторы

Колонович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Суперпластификаторы являются новым классом водопонизителей, способных уменьшить потребность воды до 30%, отличаясь при этом по химической природе от традиционных добавок. Важной способностью суперпластификаторов является то, что они могут повышать долговечность бетонов при существенном снижении водоцементного отношения. Данные водопонизители действуют не только на портландцемент, а в том числе и на другие цементные системы. В случае совмещения суперпластификаторов с замедлителями, разными воздухововлекающими компонентами и ускорителями схватывания, наблюдается увеличение эффективности из-за совмещения отдельных частей в единую систему. По результатам, полученным при испытании образцов-цилиндров, на 28 сутки прочность бетона при сжатии равна либо больше, чем бетона без данной добавки. Однако это гарантировано лишь в том случае, если бетон не требует уплотнения при помощи вибрации. По результатам исследования усадки бетона с суперпластификаторами, усадки бетонных призм гораздо меньше, требуемой по стандарту ASTM C49. Только из-за разницы во влажности возможно сделать вывод, что на ползучесть бетона суперпластификаторы практически не влияют, но отклонения от данной закономерности наблюдаются.

В подвижных бетонных смесях суперпластификаторы, на основе нафталинсульфокислоты и лигносульфанатов, способствуют удалению воздуха. При водоцементном отношении в смеси с СНФ (сульфированный нафталин с формальдегидом), исходное содержание воздуха 4,9% снижается после каждого введения добавки: соответственно до 3,8; 1,7 и 1,5%. В случаях, когда необходимо закачать бетонную смесь в тоннель, заделать трещины и предотвратить поднятия подземных вод - применяются данные добавки. Так же суперпластификаторы применяются в сборном железобетоне, потому что они обеспечивают прочность бетона равную 40 МПа либо же снижение расхода цемента уже через 10 часов. При необходимости обеспечить прочность бетона при сжатии выше 100 МПа, добавляются добавки, рассматриваемые в данном тезисе. Кроме того, облегчается диспергирование пигментов. Суперпластификаторы обладают универсальными свойствами. Благодаря данным компонентам, возможно получения необходимых параметров бетона при минимальном количестве добавок и, при сочетании суперпластификаторов с иными компонентами, возможно получение бетона разных категорий и

назначения. С помощью суперпластификаторов возможно облегчить строительные работы, снизить финансовые расходы, а также улучшить качество бетона, что является главной целью рассматриваемых добавок. Мы смело можем отнести суперпластификаторы к новому классу водопонизителей, обладающих высокой удобообрабатываемостью и простотой укладки.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ляхевич Г.Д.

УДК 624:699.822

Характеристики напыляемого гидроизоляционного материала

Артёменко Д.Н., Агабаба Ранграз Алиреза Наджиб
Белорусский национальный технический университет

К напыляемым гидроизоляционным материалам относят такой вид гидроизоляции, который также называют бесшовной гидроизоляционной мембраной. Данный тип гидроизоляции является двухкомпонентным и представляет собой дисперсную систему.

В такой дисперсной системе битум, модифицированный латексом, выступает в качестве одной дисперсной фазы, а вода - дисперсионной фазой. К характеристикам напыляемого гидроизоляционного материала можно отнести:

- надёжность и долговечность материала (50-60 лет);
- бесшовность покрытия;
- водонепроницаемость готового покрытия (сопротивление гидростатическому напору составляет $\approx 2,35$ МПа при толщине покрытия 1,5-2,0 мм);

Технические характеристики гидроизоляционного материала:

1. Прочность сцепления с бетоном, МПа 1,0.
2. Прочность сцепления с металлом, МПа 1,5.
3. Условная прочность при разрыве, МПа 0,4.
4. Относительное удлинение при разрыве, % 700.
5. Теплостойкость на протяжении 5 часов, °С 110.
6. Расход для создания слоя 1 мм, кг/м² 1,61.
7. Температура хрупкости по Фраасу, °С -65.
8. Сохранение гибкости - минимальная температура, °С -20.

Преимуществом напыляемой гидроизоляции можно считать холодное нанесение, благодаря чему при проведении гидроизоляционных работ не требуется использование различных горелок. Также важным положительным фактором является то, что напыляемый гидроизоляционный материал, состоящий из битумно-латексной эмульсии

является экологически чистым материалом, так как базируется на водной основе и не содержит никаких растворителей, а соответственно не выделяет никаких опасных соединений для человека.

УДК 624:699.822

Технология производства работ при напылении гидроизоляционной эмульсии

Артёменко Д.Н., Агабаба Ранграз Алиреза Наджиб
(научный руководитель профессор Ляхевич Г.Д.)
Белорусский национальный технический университет

Перед тем, как приступить непосредственно к напылению гидроизоляционной эмульсии на защищаемую поверхность, необходимо выполнить ряд подготовительных работ, а именно:

- доставить все необходимые материалы, компоненты, а также механизмы к месту проведения гидроизоляционных работ;
- защищаемую поверхность следует очистить от мусора, пыли, масляных пятен;
- изолируемая поверхность не должна содержать сколов, острых кромок, трещин, а также неровностей;
- следует предусмотреть устройство дренажных труб для отвода технологической воды с гидроизолируемой поверхности.

Процесс нанесения эмульсии на изолируемую поверхность заключается в холодном безвоздушном напылении двух компонентов одновременно. Так как эмульсия состоит из битума, модифицированного латексом, и коагулянта- водный раствор хлористого кальция, а напыление на поверхность должно осуществляться при одновременном попадании и перемешивании двух компонентов, то данный тип гидроизоляции поверхности возможен только механизированным путём. Принцип образования гидроизоляционной мембраны достаточно прост. Благодаря специальной установке безвоздушного напыления два компонента распыляются из двух форсунок, расположенных под углом друг к другу, в воздухе компоненты смешиваются и попадая на поверхность образуют бесшовную гидроизоляционную мембрану.

Отличительные преимущества такой мембраны:

- механизированный метод нанесения. При таком методе нанесения, существенно сокращается время на обработку площади;
- устойчивость к резким перепадам температур готового гидроизоляционного покрытия позволяет использовать материал в различных климатических поясах;
- высокая эластичность материала и его прочность на разрыв, что

позволяет сохранять гидроизоляционный слой неповрежденным, даже в условиях существенных деформаций;

-моментальное затвердевание гидроизоляционной эмульсии. За счет естественного испарения водной основы - время образования первичного монолитного гидроизоляционного слоя составляет около 10 сек, что существенно сокращает время проведения работ;

-простота устройства примыканий достигается благодаря механизированному способу нанесения с использованием двухканального смешивающего и дозирующего устройства. Именно по этому принципу достигается бесшовность (монолитность) гидроизоляционного покрытия из жидкой резины даже в самых сложных и труднодоступных местах.

Организация дорожного движения и перевозок пассажира и груза

Контроль и безопасность дорожного движения

Сахарчук А.И.

Белорусский государственный университет

Дорожное движение – сложный социально-производственный процесс, который неотъемлемо связан с человеком и его поведением в достаточно сжатые временные рамки в сложных, порой критических, условиях. Зачастую это ведет к возникновению дорожно-транспортных преступлений. За последние пять лет количество водителей, осужденных за преступления, связанные с нарушением ПДД снизилось в два раза.

Такие преступления связаны, как правило, с ездой в пьяном виде или ездой на автомобиле без техосмотра.

Необходимо отметить, что уменьшилось количество ДТП, совершенных нетрезвыми водителями (об этом сообщил заместитель председателя Верховного суда Руслан Анискевич перед заседанием пленума Верховного суда Беларуси. Пленум посвящен рассмотрению вопросов судебной практики, связанных с нарушением ПДД нетрезвыми водителями).

Усиление мер ответственности привело к снижению числа дорожно-транспортных преступлений против безопасности движения и эксплуатации дорожного транспорта.

За последние пять лет число осужденных по ст. 317 (Нарушение ПДД или эксплуатации автодорожных транспортных средств), ст. 317-1 (Управление транспортным средством лицом, находящимся в состоянии опьянения, передача управления транспортным средством такому лицу либо отказ от прохождения поверки (освидетельствования), ст. 318 (Выпуск в эксплуатацию технически неисправного автодорожного транспортного средства либо незаконный допуск к управлению им), ст. 321 (Нарушение правил, обеспечивающих безопасную работу транспорта) УК снизилось более чем в 2 раза. Если в 2011 году в общей сложности к ответственности были привлечены 5715 человек, в 2012 уже 4515, 2013 - 3946, 2014 - 2986, то в 2015 - 2409 человек.

Среди осужденных около 70% составляют те, кто привлекался за вождение в нетрезвом виде.

Если в 2011 году речь шла о 4681 осужденном, то в 2015 году их количество было в три раза меньше. Необходимо отметить, что при повторном нахождении в состоянии алкогольного опьянения предусмотрена конфискация автомобиля, однако даже такое наказание многих не пугает. В 2015 году к административной ответственности было привлечено 28 тысяч автомобилистов, находившихся в состоянии алкогольного опьянения.

**Концепция обеспечения БДД в г. Минске «Добрая дорога»:
результаты и направления развития**

Капский Д.В., Баханович А.Г.
Белорусский национальный технический университет

На основании Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь ведется разработка Концепции обеспечения БДД в г. Минске «Добрая дорога». Первая «минская концепция» была принята в 2010 году. На тот момент в городе Минске за 12 месяцев в авариях погибло 68 человек. Целью было снизить это число минимум в полтора раза. Можно констатировать, что цель достигнута: в 2015 году в дорожных происшествиях погиб 41 человек. При разработке новой концепции «Добрая дорога» ставится еще более амбициозная цель – не более 25 погибших в дорожно-транспортных авариях к 2020 году. Необходимо отметить, что это соответствует уровню безопасности дорожного движения в таких городах, как Вена, Берлин, Лондон, Стокгольм, которые являются лидерами в сфере безопасности. Также основной стратегической целью «Доброй дороги» является вопрос безопасности на проезжей части городских улиц детей. Цель в этом направлении – ни одного погибшего ребенка.

Достигнуть этих целей нелегко при таком уровне автомобилизации в крупнейшем городе нашей страны. Сегодня на тысячу минчан приходится 400 авто. В таких условиях требуется снижение уровня автомобилизации за счет развития маршрутного пассажирского транспорта. Поэтому в рамках концепции предусмотрены мероприятия, направленные на предоставление приоритета в городе Минске МПТ. Такие мероприятия уже начались внедряются на проспекте Независимости, где для движения автобусов выделена крайняя правая полоса, в районе Каменной Горке, где сделан ряд мероприятий по обособлению зон остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта. Отдельным направлением планируется развитие интеллектуальной транспортной системы города путем модернизации Автоматизированной системы управления дорожным движением и ее интеграции с системой управления движением общественного транспорта для повышения эффективности работы автобусов, троллейбусов и трамваев. Эта система фиксирует участников движения и определяет приоритет: кому нужно предоставить право движения, а на кольцевой дороге появится система предупреждения об инцидентах. Все это позволит сделать движение в городе безопасным и комфортным наименее затратными, некапиталоемкими мероприятиями.

Организация движения на кольцевых магистральных и улицах Минска

Кузьменко В.Н., Мозалевский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что Минск имеет радиально-кольцевую планировочную структуру. В условиях высокой автомобилизации необходимо развивать систему кольцевых магистралей. Это возможно путем совершенствования организации дорожного движения на таких улицах за счет управления по принципу «зеленой волны», увеличения скорости сообщения, исключения некоторых левых поворотов, введения оптимального светофорного регулирования и т. д.

Например, в настоящее время на первом кольце – на пр. Машерова (возле магазина «Preston») установлен светофорный объект, проект которого разработан БНТУ, НИЦ ДД. Долгое время пешеходный переход был нерегулируемым и существовал высокий риск совершения дорожно-транспортных аварий (особенно с пострадавшими).

Это также позволит реализовать координированное управление светофорами по кольцевой магистрали. На перекрестке Машерова-Победителей будет ликвидирована дополнительная секция, разрешающая поворот налево (если ехать по пр. Победителей со стороны ул. Мельникайте).

Это будет сделано для улучшения пропускной способности первого кольца. Ранее левоповоротная дополнительная секция была временно установлена на период перекрытия движения по ул. Цеткин в связи со строительством метро. На перекрестках первого кольца установят беспроводные датчики и «умные» видеокамеры, чтобы получать информацию о транспортных потоках в онлайн-режиме и гибко управлять дорожным движением в зависимости от изменения транспортной нагрузки и условий дорожного движения, а также погодных-климатических условий.

Предполагается внедрение противозаторовых алгоритмов в случае ухудшения погодных условий, снижения скорости потока, возникновения дорожно-транспортных аварий и пр.

В результате планируется достигнуть скорости сообщения около 40 км/ч на участке пр. Машерова от пр. Независимости до ул. Тимирязева, а за счет внедрения координированного управления на данном участке на 15% повысится пропускная способность, а потери в дорожном движении снизятся 50—60 тыс. долл. в год.,

Транспортная система Республики Беларусь

Баханович А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь, занимающая выгодное геополитическое положение, является связующим звеном между Европой и Азией. В транспортной сети нашей страны важная роль отводится автомобильным дорогам. Через территорию страны проходят два трансъевропейских коридора, определенных по международной классификации под номером II (Восток-Запад) и под номером IX (Север-Юг) с ответвлением IX В. Их участками являются автомобильная дорога М1/Е30, которая через Беларусь связывает Российскую Федерацию с Западной Европой, и М8/Е95, соединяющая Финляндию, Литву, Россию, Украину, Молдову, Румынию, Болгарию и Грецию. По ним проложены перспективные и загруженные маршруты Евразии. От состояния и уровня дорог непосредственно зависят валовой национальный продукт страны, уровень цен, дохода государственного бюджета, степень занятости населения, приток инвестиций и другие экономические показатели. По состоянию на 1 января 2017 г. в Беларуси протяженность сети автомобильных дорог общего пользования составляла 87 031 км (в том числе республиканских дорог - 15 970 км. местных дорог - 71 061 км).

Плотность дорожной сети общего пользования составляет 419 км на 1 тыс. км² территории и является одной из самых высоких среди стран-участниц СНГ. Протяженность международных автомобильных дорог государств-членов СНГ, проходящих по территории Республики Беларусь, составляет 3 900 км, в том числе 1 600 км на маршрутах международных транспортных коридоров. Сегодня доля автомобильного транспорта в общем объеме грузов превышает 40% и постоянно увеличивается. При этом эксплуатируется более 418 тыс. грузовых автомобильных транспортных средств. Автомобильным транспортом перевозится свыше 58% от общего объема перевозок пассажиров. С октября 2014 г. на некоторых участках республиканских автомобильных дорог максимальная скорость движения транспортных средств была увеличена до 100-120 км/ч. Протяженность республиканских автомобильных дорог с повышенным скоростным режимом составляет почти 1,2 тыс. км. Рост перевозок в значительной степени определяется развитием и состоянием сети, ее надежностью, экономичностью. При этом важна не только мощность, бесперебойность транспортной системы, но и качество услуг, их доступность и безопасность.

Безопасность дорог - первоочередная задача

Лукьянчук А.Д.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время несущую способность 11,5 т на одиночную ось имеют 2 002 км автомобильных дорог республиканского значения или 13% от их общей протяженности. Остаются 1 826 км республиканских дорог, которые могут обеспечить пропуск транспортных средств с осевыми нагрузками не более 6 т на одиночную ось, что не позволяет пропускать по ним без ущерба современные большегрузные транспортные средства. При этом наблюдается рост интенсивности движения транспортных средств на дорогах Республики Беларусь, в первую очередь тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств. Только за последние 5 лет их количество выросло более чем в 1,7 раза. В 2016 году РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр» были выданы 45,4 тыс. специальных разрешений на проезд таких авто, при выдаче которых з доход республиканского бюджета поступили денежные средства в сумме 13,44 млн рублей (в счет компенсации нанесенного ущерба автомобильным дорогам общего пользования). В целях обеспечения сохранности и должного состояния дорожных покрытий требуется восстановление их ежегодного износа. В противном случае это ведет к необратимому процессу их постепенного разрушения. Ремонт и восстановление таких дорог обойдется в 2,5-3 раза дороже, чем затраты на их своевременные ремонт и модернизацию. По результатам проводимых ежегодно диагностике и сезонных осмотров автомобильных дорог на республиканских автодорогах выполнение ремонтных мероприятий требуется на 30% протяженности дорог и 43% мостовых сооружений. На местных автомобильных дорогах выполнение ремонтных мероприятий необходимо на 31% протяженности дорог и 64% мостовых сооружений.

Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015-2019 годы определяет мероприятия по улучшению транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог общего пользования в нашей стране. Предусмотрен капитальный ремонт 1 907 км, 8 137 пог.м мостов и путепроводов, текущий ремонт 9 630 км и 11 868 пог.м мостов и путепроводов; реконструкция и возведение 602 км автомобильных дорог и 2 391 пог.м мостов и путепроводов.

Система платных дорог Республики Беларусь

Лукьянчук А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Республике Беларусь функционирует национальная электронная система взимания платы за проезд по республиканским автомобильным дорогам, с 1 августа 2013 г. она введена в коммерческую эксплуатацию под торговой маркой BelToll. Она работает на основе микроволновой радиосвязи на коротких расстояниях, что позволяет списывать плату за проезд автоматически, когда транспортное средство проезжает под станциями сбора шиты. Поэтому у водителя автомобиля нет необходимости снижения скорости, остановки или выбора определенной полосы движения.

Оплачивать за проезд в системе BelToll необходимо при движении по платным дорогам транспортных средств с технически допустимой массой не более 3,5 т, зарегистрированных за пределами территории государств - членов ЕАЭС, и иных транспортных средств (грузовики, автобусы и дома на колесах) с технически допустимой общей массой более 3,5 т. Министерством транспорта и коммуникаций установлены тарифы за проезд по платным автомобильным дорогам. Размер платежа в электронной системе BelToll зависит от: протяженности платного участка дороги; категории транспортного средства; количества осей транспортного средства. Bel Toll – инвестиционный проект Министерства транспорта и коммуникаций и компании Kapsch TrafficCom AG (Австрия). Инвестдоговор предусматривает, что после сдачи инвестором в эксплуатацию каждой очереди оборудования оно принимается в собственность Республики Беларусь. В соответствии с названным договором к настоящему времени реализованы фазы внедрения 1, 2 и подфазы 3А и 3Б проекта, в которые инвестировано 194,7 млн евро. Передано в собственность Республики Беларусь оборудование на сумму 190,9 млн евро

Деньги, взимаемые с пользователей платных дорог, аккумулируются у владельца электронной системы – ГУ «БЕЛАВТОСТРАДА». С этих средств списывается определенный процент инвестору за вложенные инвестиции, строительство системы и ее эксплуатацию. Остальная часть вырученных средств поступает в бюджет. За январь - сентябрь 2016 года использовано средств пошлины на капитальный ремонт республиканских автомобильных дорог 31,6 млн рублей. Это способствует обеспечению безопасности автомобильных дорог общего пользования.

Развитие системы платных дорог в Республике Беларусь

Рожанский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь с 1 ноября 2016 г. сеть платных дорог расширена на 101 км по участкам дорог М-5/Е 271 Минск - Гомель, Р-23 Минск – Микашевичи.

Общая протяженность сети платных дорог составляет 1613 км. Для проезда по платным дорогам транспортные средства необходимо оснастить специальными бортовыми устройствами. Зарегистрироваться в системе и получить такие устройства можно в специальных пунктах обслуживания, которые расположены во всех областных центрах, на некоторых АЗС вдоль платных дорог и вблизи пограничных пунктов пропуска.

Их местоположение указывается специальными знаками, установленными вдоль платных дорог. В эксплуатации находится более 245,5 тыс. бортовых устройств.

С учетом проведенной оптимизации действует 48 пунктов обслуживания пользователей на приграничной территории, в областных центрах и вдоль платных автодорог. Все пункты обслуживания системы BelToll работают в круглосуточном режиме, без выходных. Число зарегистрированных транспортных средств по состоянию на 1 октября 2016 г. превысило 247 тыс., из них почти 140 тыс. иностранных.

Количество нарушений порядка пользования платными автомобильными дорогами составляет порядка 0,09% от общего количества успешных транзакций.

По итогам рассмотрения обращений пользователей подавляющее количество нарушений формируется в результате небрежности и нежелания следовать правилам проезда по платным автомобильным дорогам со стороны пользователей.

Для информирования пользователей (в том числе относительно перечня платных сегментов, входящих в систему BelToll, а также карты платных дорог) действуют официальный сайт www.beltoll.by и круглосуточная телефонная информационная линия, которая позволяет оперативно решать вопросы по выявлению недостатков в действующей системе, информировать о соответствующих ситуациях транспортную инспекцию, осуществляющую контроль за сбором и взиманием оплаты в данной систем и режимами движения дорожных транспортных средств по автомобильным дорогам нашей страны.

Совершенствование системы придорожного сервиса

Андреев А.Я., Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильный транспорт имеет важнейшее значение для развития экономики страны. Он способствует повышению транспортной привлекательности за счет системы придорожного сервиса. На 1 января 2017 г. на республиканских автомобильных дорогах функционируют 388 автозаправочных станций, 158 газозаправочных пунктов, 71 гостиница, 41 мойка, 88 охраняемых стоянок, 438 предприятий торговли, 566 пунктов общественного питания, 75 станций технического обслуживания.

За последний год на республиканских автомобильных дорогах введено в эксплуатацию (после строительства и реконструкции) 13 АЗС, 1 газозаправочный пункт, 27 пунктов питания, 2 гостиницы и 1 охраняемая стоянка. Все вводимые объекты сервиса отвечают современным требованиям по качеству предоставляемых услуг.

На автомобильных дорогах, входящих в международную сеть «Е», функционируют 22 санитарных сооружения, возведенные за счет средств республиканского бюджета, выделяемых на дорожное хозяйство.

Объекты сервиса первого уровня включают в свой состав площадки для отдыха со стоянками для транспортных средств и теплыми благоустроенными туалетами с душем, комнатой для пеленания, помещением для продажи штучных товаров и условиями для возможности использования людьми с ограниченными возможностями.

Дальнейшее ее развитие будет осуществляться за счет реконструкции и расширения действующих объектов придорожного сервиса.

В 2016 году утверждена Генеральная схема развития придорожного сервиса на республиканских автомобильных дорогах до 2020 года предусматривающая возведение новых объектов придорожного сервиса в непосредственной близости к крупным населенным пунктам, расположенным вблизи автомобильных дорог.

Ежегодно за счет средств их владельцев предполагается вводить в эксплуатацию после нового строительства и реконструкции не менее: 6-ти автозаправочных станций; 8-ми пунктов общественного питания; 2-х гостиниц; 3-х автомобильных моек; 3-х станций технического обслуживания и стоянок. Одним из перспективных направлений – интенсивное строительство электрических заправок, что позволит привлечь автомобилистов, путешествующих на «зеленых» автомобилях в нашу страну.

Дорожно-транспортные происшествия и их причины

Рожанский Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Аварийность во всем мире является одной из основных причин травматизма, а также влечет значительные социальные и экономические потери. Поэтому высокий уровень безопасности движения является одним из важнейших условий устойчивого развития государства. В 2016 году в стране сохранена отмечающаяся на протяжении последнего десятилетия положительная динамика снижения основных показателей аварийности: уменьшилось число аварий с пострадавшими: в 2015 году – 4151, в 2016 – 3635 аварий. В 2016 году в нашей стране погиб 581 человек – это самый низкий показатель за всю историю суверенной Беларуси (максимальное количество погибших было отмечено в 2006 году – 1726 человек). Аналогичное число смертей на дорогах отмечалось 50 лет назад – в 1960-х годах (в 1966 году – 576), когда уровень автомобилизации был на порядок меньше.

Количество погибших на 1 млн. жителей (т.н. «социальный риск») в Беларуси в 2016 году составило 61 (в 2015 году – 70). По итогам 2015 года в России этот показатель составлял 157, Латвии - 95, Украине - 93, Литве - 83, Польше - 77, Чехии - 70. Германии - 31. Данный показатель смертельного травматизма в ДТП в Республике Беларусь равен 7 чел. на 100 тыс. жителей, что ниже средневропейского значения и показателей соседних стран: Российской Федерации (15,8), Латвии (9,5), Литвы (8,2), Польши (7,6), но остается выше чем у лидирующих стран в части безопасности дорожного движения: Норвегии (2,4), Великобритании (2,7), Швеции (2,8) и Германии (4,4). Распределение погибших в ДТП по категориям таково: пешеходы - 41,5% (242); водители - 28,7% (167); пассажиры - 19,8% (115); велосипедисты - 8,8% (51); возчик гужевого транспорта - 0,2% (1); иные участники - 0,9% (5). Например, в 2016 году в г. Минске наиболее многочисленные категории погибших в ДТП - пешеходы (56%; 22 человека), водители (23%; 9 человек), пассажиры (13%; 5 человек). Наименьшее количество людей в результате ДТП погибло в г. Минске (39), Могилевской и Гродненской областях (по 61 в каждом регионе). В 2016 году не допущено гибели в результате ДТП в 17-ти районах республики (7 районов - на Могилевщине (Климовичский, Кличевский, Краснопольский, Круглянский, Мстиславский, Славгородский, Чериковский); по четыре - в Витебской (Браславский, Россонский, Ушачский, Шарковщинский).

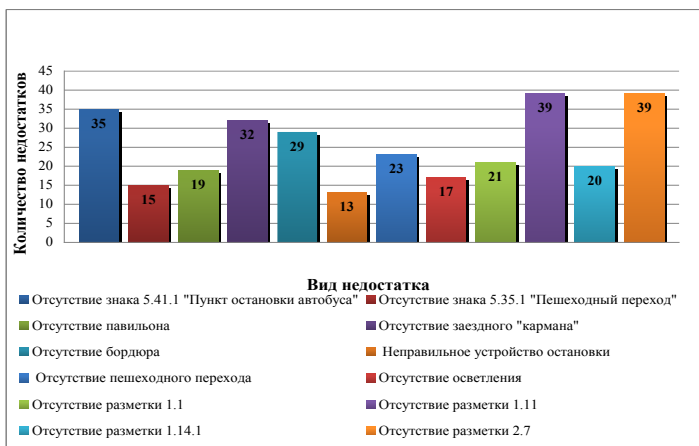
К вопросу оборудования остановок общественного транспорта техническими средствами организации дорожного движения

Мельниченко А.И., Осипов В.А.

Национальный транспортный университет г. Киев

На сегодняшний день существует системная проблема с обустройством остановок общественного транспорта. Нерешенными являются проблемы отсутствия дорожной разметки, освещения, заездных карманов, мусоросборников, повышенного бордюра.

Существующие остановки часто не имеют балансовой принадлежности, выполнены в разном дизайне. Отсутствие заездных карманов является причиной не только создания заторов и повышенной загазованности в городе, но и совершения большого количества ДТП. Объектом исследования был выбран маршрут автобуса № 117 «пл. Ленина - кв. Дзержинского» протяженностью 16,2 км. Согласно паспорта, маршрут имеет 38 остановок; анализ выявленных недостатков показан на рисунке .



Анализ недостатков содержания ОП МПТ

Постоянные остановки организуют в местах образования постоянного пассажирообмена со значительным числом принятых и высаженных пассажиров, то есть, с точки зрения кинематики движения автобусов на маршруте, они обуславливают обязательную остановку автобуса.

Проблемы дорожного движения в зоне остановок общественного транспорта

Мельниченко А.И., Осипов В.А.

Национальный транспортный университет г. Киев

Как известно, маневры снижения скорости, остановки, начала движения и разгона автобуса на определенном участке улично-дорожной сети формируют особенные условия с точки зрения безопасности движения, которые необходимо учитывать.

На основании математической модели рядом исследователей были разработаны компьютерные программы, которые позволяют моделировать и визуализировать транспортные потоки в разных дорожных системах, анализировать пропускную способность остановочных пунктов, а также получать другие характеристики их работы.

С помощью этих программ были установлены зависимости транспортных задержек и максимальные удлинения очереди транспортных средств перед остановочным пунктом от разных значений параметров остановочного пункта и транспортного потока, а также от разных вариантов организации движения перед ним.

Пересмотр отношения к реализации мероприятий по повышению безопасности движения в местах остановки городского транспорта позволит повысить качество и безопасность проживания жителей города.

Проведенный анализ ставит ряд вопросов, перспективных для рассмотрения:

- исследование проблем маршрутизации общественного транспорта и формулирование конкретных предложений относительно ее усовершенствования;

- обработка и систематизация статистики аварийности на остановках с целью выявления степени влияния того или иного фактора на совершение дорожно-транспортных происшествий;

- построение математической модели зависимости влияния отдельных недостатков на вероятность совершения ДТП. Это в дальнейшем позволит определять степень опасности объекта, прогнозировать аварийность и устанавливать очередность ликвидации недостатков по степени их опасности;

- разработка методики оценки уровня безопасности дорожного движения в местах остановки автобусов по критериям его обустройства техническими средствами организации дорожного движения и инженерным оборудованием.

**Влияние технических средств организации дорожного движения
на работу подсистемы «водитель» в системе
«водитель» - «автомобиль» - «дорога» - «среда»**

Мельниченко А.И., Осипов В.А.

Национальный транспортный университет г. Киев

Подсистема «водитель» является информационной моделью транспортного процесса. Она базируется на психологических особенностях взаимодействия водителя с условиями движения. Дорожная обстановка представляет собой информационное поле, которое формирует у водителя эмоциональное напряжение. Водитель, анализируя внешнюю среду, избирает такую ориентацию, которая обеспечивает безопасность движения и минимальное эмоциональное напряжение, которое ему может дать полное понимание ситуации на дороге. Подсистема «водитель» - эргономическая модель, базирующаяся на физиологических возможностях водителя. Получив от дорожной обстановки необходимую информацию и проанализировав ее, водитель взаимодействует с исполнительными механизмами, управляет движением автомобиля, задает ему рациональные режимы движения. В данной работе предложено в качестве критерия взаимодействия использовать коэффициент информированности водителя:

$$K_{inf} = \frac{1}{\sqrt{K_1^2 + K_2^2 + K_3^2 + K_6^2 + K_7^2 + K_8^2}} \quad (1)$$

и коэффициент деформативности:

$$K_{def} = \frac{1}{\sqrt{K_4^2 + K_5^2 + K_9^2}} \quad (2)$$

где $K_1^2 - K_9^2$ - переменные, полученные в результате ряда экспериментов, направленных на изучение влияния технических средств организации дорожного движения (ТС ОДД) на вероятность возникновения аварийной ситуации. В качестве основных критериев информативности были определены: наличие (отсутствие) ТС ОДД, их видимость в зависимости от погодных условий, времени суток, года, техническое их состояние. В качестве основных критериев деформативности были определены способности материалов, из которых изготовлены ТС ОДД влиять на тяжесть последствий ДТП, в случае столкновения с ними транспортных средств.

Меры успокоения движения транспортных средств

Коржова А.В., Кузьменко В.Н., Ермакова Н.С.,
Красильникова А.С., Киселевич Н.В., Горелик Е.Н., Гамульский И.К.
Белорусский национальный технический университет

Успокоение движения является одним из основных подходов для обеспечения безопасности движения на городских улицах и базируется на концепции сдерживания скорости. Основными критериями использования такого подхода, как успокоение движения, могут являться: аварийность (на исследуемом участке улицы рассматриваются очаги аварийности, причиной которых прямо или косвенно стала высокая скорость движения транспортного потока); скорость (превышение разрешенной скорости более чем на 10 км/ч большей частью движущихся транспортных средств (согласно европейским подходам более 15% от всего потока)); сквозное движение (учитывается функциональное назначение улицы, характер жилой застройки, близость объектов притяжения пешеходов (школ, поликлиник, парков и т. п.)) специфические условия движения (например, выезд на магистральную улицу).

В городских условиях, где совершаются около 80% всех аварий, наибольшей опасности подвергаются такие категории участников движения, как пешеходы и велосипедисты (около 50% аварий в городских условиях с пострадавшими) (таблица).

Распределение аварий с пострадавшими в городских условиях по видам
(на примере г. Минска, Беларусь)

| Вид аварии | Количество аварий (погибшие/раненые) | | | | |
|--|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | январь – июль 2016 г. |
| наезд на пешехода | 414 (45/389) | 398 (34/379) | 373 (29/299) | 309 (28/299) | 125 (8/127) |
| наезд на велосипедиста | 13 (0/13) | 24 (0/24) | 19 (0/19) | 29 (0/29) | 14 (1/13) |
| Общее количество аварий с пострадавшими: | 833 (77/947) | 821 (51/945) | 754 (44/840) | 670 (41/731) | 292 (18/329) |

Для осуществления рассматриваемого подхода применяются как физические, так и психологические меры регулирования скорости движения транспортного потока.

Анализ причин аварий и способы снижения опасности

Коржова А.В., Мозалевский Д.В., Ермакова Н.С.,
Красильникова А.С., Киселевич Н.В., Горелик Е.Н., Гамульский И.К.
Белорусский национальный технический университет

Причина возникновения аварий в городах: превышение скорости составляет от 8 до 16 % аварий от общего количества; нарушение проезда пеш. перехода – от 21 до 25 %; выход пешеходов из-за припаркованного ТС – от 2 до 4% (таблица). Ежегодно от 13 до 20% аварий с пострадавшими в городских условиях происходят на нерегулируемых пешеходных переходах, около 5% - в жилых зонах (на дворовых территориях и местных проездах).

Распределение аварий с пострадавшими в городских условиях по причинам возникновения и местам совершения
(на примере г. Минска, Беларусь)

| Причины ДТП | Количество аварий (погибшие/раненные) | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | январь – июль 2016 г. |
| - по причинам возникновения | | | | | |
| - превышение скорости | 134 (25/184) | 100 (10/124) | 63 (13/71) | 71 (8/89) | 35 (8/46) |
| - нарушение проезда пеш. перех. | 185 (7/187) | 177 (11/174) | 186 (3/195) | 141 (4/147) | 61 (2/61) |
| - выход пешехода из-за стоящего ТС | 24 (1/23) | 17 (1/16) | 17 (1/16) | 24 (1/23) | 12 (1/12) |
| - по местам совершения | | | | | |
| - нерегулируемый ПП | 147 (5/150) | 159 (5/161) | 130 (3/138) | 105 (2/107) | 38 (1/38) |
| - жилая зона и т.п. | 35 (3/33) | 40 (3/38) | 35 (2/33) | 33 (1/33) | 19 (1/18) |
| Общее кол-во аварий с пострадавшими: | 833 (77/947) | 821 (51/945) | 754 (44/840) | 670 (41/731) | 292 (18/329) |

Для снижения уровня опасности конфликтов между участниками движения и снижения скорости на улицах районного значения, а также жилых территориях, в рамках подхода по успокоению движения, применяют некоторые меры физического воздействия: искусственные неровности различных видов (хампы и бампы) и приподнятые участки проезжей части; разделительные полосы, островки, сужения проезжей части, боковые

резервные полосы; зигзаги и кольцевые развязки малого радиуса; порталные конструкции; комбинирование мер сдерживания скорости.

УДК 656.13.08

Показатели дорожно-транспортной аварийности в Беларуси

Кухаренок Г.М., Лобач А.Г.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь снижается число аварий, а также количество погибших и раненных. В 2016 году произошло более 110 тысяч аварий (с учётом страховой статистики), в т.ч. 3818 – с пострадавшими, в которых погибли 578 человек и 4289 человек ранены (таблица).

Статистика аварийности за 2015 и 2016 годы

| Место совершения аварий | | Годы | | +/- абс | % | |
|-------------------------|---------|---------|-------|---------|-------|-------|
| | | 2015 | 2016 | | | |
| г. Минск | ДТП | всего | 30653 | 30991 | 338 | 1,1 |
| | | учетных | 685 | 564 | -121 | -17,7 |
| | | в н/с | 26 | 14 | -12 | -46,2 |
| | погибло | 41 | 39 | -2 | -4,9 | |
| | ранено | 752 | 627 | -125 | -16,6 | |
| Минская обл. | ДТП | всего | 16188 | 18091 | 1903 | 11,8 |
| | | учетных | 892 | 872 | -20 | -2,2 |
| | | в н/с | 111 | 74 | -37 | -33,3 |
| | погибло | 189 | 169 | -20 | -10,6 | |
| | ранено | 931 | 926 | -5 | -0,5 | |
| Брестская обл. | ДТП | всего | 10771 | 10265 | -506 | -4,7 |
| | | учетных | 566 | 442 | -124 | -21,9 |
| | | в н/с | 65 | 48 | -17 | -26,2 |
| | погибло | 79 | 66 | -13 | -16,5 | |
| | ранено | 605 | 454 | -151 | -25,0 | |
| Гродненская обл. | ДТП | всего | 7244 | 6525 | -719 | -9,9 |
| | | учетных | 408 | 382 | -26 | -6,4 |
| | | в н/с | 43 | 38 | -5 | -11,6 |
| | погибло | 68 | 62 | -6 | -8,8 | |
| | ранено | 433 | 413 | -20 | -4,6 | |
| Витебская обл. | ДТП | всего | 8945 | 10032 | 1087 | 12,2 |
| | | учетных | 464 | 417 | -47 | -10,1 |
| | | в н/с | 72 | 43 | -29 | -40,3 |
| | погибло | 92 | 85 | -7 | -7,6 | |
| | Ранено | 466 | 447 | -19 | -4,1 | |

| | | | | | | |
|---|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Могилевская обл. | ДТП | всего | 7885 | 7888 | 3 | 0,0 |
| | | учетных | 579 | 423 | -156 | -26,9 |
| | | в н/с | 98 | 45 | -53 | -54,1 |
| | погибло | 92 | 61 | -31 | -33,7 | |
| | ранено | 672 | 470 | -202 | -30,1 | |
| Гомельская обл. | ДТП | всего | 9681 | 9436 | -245 | -2,5 |
| | | учетных | 557 | 464 | -93 | -16,7 |
| | | в н/с | 82 | 45 | -37 | -45,1 |
| | погибло | 103 | 96 | -7 | -6,8 | |
| | ранено | 565 | 481 | -84 | -14,9 | |
| Всего по Республике | ДТП | всего | 91367 | 93228 | 1861 | 2,0 |
| | | учетных | 4151 | 3564 | -587 | -14,1 |
| | | в н/с | 497 | 307 | -190 | -38,2 |
| | погибло | 664 | 578 | -86 | -13,0 | |
| | ранено | 4424 | 3818 | -606 | -13,7 | |
| Тяжесть последствий аварий с участием детей | погибло | 12 | 18 | 6 | 50,0 | |
| | ранено | 372 | 305 | -67 | -18,0 | |

УДК 656.13

Подготовка специалистов по безопасности движения в Беларуси

Баханович А.Г., Рынкевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь ведутся работы по разработке Общегосударственного классификатора Республики Беларусь «Специальности и квалификации» ОКРБ 011. Целесообразность пересмотра Общегосударственного классификатора Республики Беларусь «Специальности и квалификации» ОКРБ 011-2009 установлена Министерством образования Республики Беларусь в связи с необходимостью более оперативного, иногда опережающего и самостоятельного реагирования учреждений образования на изменения, происходящие в профессионально-квалификационной структуре труда. В рамках проекта данного классификатора предусмотрено направление бакалавриата 104 ТРАНСПОРТНЫЕ, ЛОГИСТИЧЕСКИЕ И ПОЧТОВЫЕ УСЛУГИ, группа специальностей 1041 ТРАНСПОРТНЫЕ УСЛУГИ, специальность 6-05-1041-03 «Организация дорожного движения», которая предусматривает обучение специалистов по организации и безопасности дорожного движения. К сожалению, срок 4 года не вполне отражает желание работодателя получить высококвалифицированного специалиста в области безопасности и организации движения. В связи с этим необходимо предусмотреть углубленное высшее образование, обеспечивающее получение степени магистра по специальности «Безопасность дорожного движения».

Результаты выполнения Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в г. Минске в 2005-2015 гг.

Баханович А.Г., Рынкевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из результатов работы Комиссии по безопасности дорожного движения при Минском исполнительном городском комитете стало утверждение КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДЕ МИНСКЕ «ДОБРАЯ ДОРОГА» НА 2012- 2015 ГОДЫ (решение Минского Городского Совета Депутатов 10 июня 2011 г. № 128). Концепция определила цели, задачи, основные направления обеспечения безопасности дорожного движения в городе Минске, комплексы мер по сокращению уровня аварийности на дорогах, снижению тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий, основную долгосрочную политику и приоритеты обеспечения безопасности дорожного движения в городе Минске.

| Цели Концепции | Плановые показатели | Фактические показатели | Отметка о выполнении |
|--|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Достижение в перспективе идеального состояния дорожного движения (Vision Zero) | соответствие мировой тенденции | опережение мировой тенденции | выполнено |
| Снижение числа погибших в дорожном движении | не более 45 | 41 | выполнено |
| Предотвращение гибели детей в дорожном движении | 0 | 0 | выполнено |
| Снижение количества ДТП с пострадавшими | не более 1000 | 685 | выполнено |
| Снижение количества пострадавших в ДТП детей (0-14) | не более 50 | 53 | не выполнено (снижение - 42%) |

Новая Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в городе Минске «Добрая дорога» на 2016-2020 годы ставит более амбициозные цели: достижение в перспективе идеального состояния дорожного движения, при котором в городе Минске отсутствуют погибшие и раненые в дорожном движении; снижение числа погибших в дорожном движении до не более 20 погибших в 2021 году; предотвращение гибели в дорожном движении детей; снижение количества дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими не более 500 в год к 2020 году; снижение количества пострадавших в ДТП детей не более 25 в год к 2020 году и др.

**Ведение баз данных транспортных организаций с применением
СУБД Microsoft Access-2010**

Алисеенко Д.С., Лобач А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Одним из важнейших документов, используемых при выполнении перевозок грузов транспортной организацией, является путевой лист, содержащий данные о ряде информационных объектов, таких как транспортные средства, перевозчик, работники, заказчики, грузы, маршруты, топливо, путевые листы, товарно-транспортные накладные и т.п.

В отличие от плоских баз данных, система управления базами данных (СУБД) Microsoft Access-2010 является реляционной, имеет гибкую защиту целостности данных и дает возможность создавать легко настраиваемые интерфейсы для различных пользователей с определением прав доступа в соответствии с должностными обязанностями работника транспортной организации.

Процесс проектирования и создания реляционной базы данных транспортной организации состоит из следующих этапов:

1. Выделение основных информационных объектов, подлежащих учету, и определение подчиненности между ними;

2. Разработка структуры базы данных, где каждый информационный объект отображается в виде отдельной таблицы с необходимыми полями. Например, в таблицу Работники будет включена вся информация по работникам транспортной организации. Сводная таблица Путевые листы должна будет иметь поля, в которых будет осуществляться подстановка данных из таблиц, содержащих уникальную информацию: Транспортные средства, Перевозчик, Работники, Заказчики, Грузы, Маршруты, Топливо, а отношения между таблицей Путевые листы и другими объектами будут устанавливаться в виде логических связей типа один-ко-многим;

3. Создание формы Путевые листы, по образцу реального путевого листа для облегчения визуального ориентирования при вводе данных;

4. Построение запросов и отчетов с вычислением необходимых параметров за отчетный период, например, пробега транспортных средств, времени работы водителей на линии, транспортной работы, расхода топлива и т. п.

5. Ввод данных, содержащихся в обрабатываемых документах транспортной организации и печать требуемых отчетов.

Чижонок В.Д., Седюкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Темпы экономического роста во многом определяют спрос на грузовые перевозки. Естественно предположить в этой связи, что увеличение внутреннего валового продукта в республике повлечет за собой рост грузооборота на всех видах транспорта. С целью выявления данной взаимосвязи изучена динамика изменения валового внутреннего продукта и показателей транспортной работы. Для установления тесноты связи данных показателей между собой определен коэффициент корреляции двух статистических рядов, который равен 0,46.

Следовательно, теснота связи между темпами роста грузооборота транспортной системы и темпами увеличения внутреннего валового продукта республики является достаточно слабой. Внутренний валовой продукт республики только на 21,2 % влияет на темпы роста грузооборота транспортной системы. Таким образом, на 78,8% темпы роста грузооборота транспортной системы республики зависят от других факторов, например, от темпов роста внутреннего валового продукта в сопредельных государствах. Данный тезис подтверждается расчетами коэффициента корреляции темпов роста внутреннего валового продукта в Российской Федерации и грузооборота транспортной системы Республики Беларусь, который равен 0,67.

Определенное влияние на темпы роста транспортной работы в Республике Беларусь оказывает развитие экономик других сопредельных государств. Поэтому прогнозирование единственной переменной y на основании нескольких переменных x_k целесообразно выполнять с помощью множественной регрессии. В этом случае математическая модель процесса представляется в виде уравнения регрессии с несколькими переменными величинами, т. е. $y = f(b_0, \dots, x_k)$. Общий вид уравнения множественной регрессии обычно представляется в форме линейной зависимости:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_i x_i$$

где b_0 - свободный член (или сдвиг);

b_1, b_2, \dots, b_k - коэффициенты регрессии, которые подлежат вычислению методом наименьших квадратов.

Аналогичный подход можно использовать для прогнозирования темпов роста грузооборота на отдельных видах транспорта.

Эффективное использование транзитного потенциала Республики Беларусь зависит от ряда факторов, на которые республиканские органы государственного управления во многих случаях не могут оказывать

существенного влияния. К таким факторам можно отнести:

- государственную политику, проводимую промышленно развитыми странами;
- введение различных административных правил в государствах по пути следования грузов (ввозные и вывозные пошлины, налоги и сборы);
- конъюнктуру цен товаров и услуг на мировом рынке;
- уровень конкуренции между транспортными и транспортно-экспедиционными организациями.

Вместе с этим существует ряд объективных факторов, воздействие которых неизбежно приводит к увеличению транзитных грузопотоков через территорию республики. Немаловажное значение имеет в этом плане система транспортно-логистических центров, которая в настоящее время формируется в республике, призванная стать одним из основных элементов, направленных на увеличение транзитных грузопотоков. Корреляционный анализ показывает, что между процентом изменения количества транзитных поездок через территорию республики и процентом изменения внутреннего валового продукта в России и Германии существует сильная статистическая взаимосвязь. Коэффициент корреляции в этом случае равен 0,89, а это означает, что 79,0 % транзит через территорию республики определяется выбранными факторными признаками.

Предлагаемая математическая модель спроса на грузовые перевозки позволит более объективно прогнозировать перспективное развитие транспортной системы Республики Беларусь.

УДК 656.13

Влияние различных факторов на объемы перевозок пассажиров транспортом общего пользования

Чижонок В.Д.

Белорусский национальный технический университет

Анализ показывает, что темпы изменения общего пассажирооборота в республике и пассажирооборота автомобильного транспорта имеют в основном тенденцию к снижению. Данное явление обуславливается множеством факторов, среди которых важнейшими являются:

- динамика изменения численности населения в республике;
- платежеспособный спрос населения на услуги пассажирского транспорта;
- рост количества легковых автомобилей в личной собственности граждан.

Численность населения в республике в последние годы постоянно уменьшается, что естественно сказывается на снижении транспортной работы

по перемещению пассажиров. Платежеспособный спрос населения на услуги пассажирского транспорта во многом определяется динамикой изменения внутреннего валового продукта. Экономика республики имеет положительную динамику, что способствует росту доходов населения и увеличению его подвижности. Однако рост благосостояния населения сказался на увеличении парка легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан, что приводит к снижению пассажирооборота транспорта общего пользования. Для установления влияния различных параметров на пассажирооборот транспортной системы республики выполнены исследования коэффициентов парной и множественной корреляции, а также выбран вид регрессии для прогнозирования перспективных объемов перевозок.

Корреляционный анализ показывает, что на общий пассажирооборот в республике наибольшее влияние оказывает численность населения республики (коэффициент корреляции 0,925). Количество автомобилей в личной собственности граждан и общий пассажирооборот имеют коэффициент корреляции 0,90, а процент изменения внутреннего валового продукта и общий пассажирооборот - 0,77.

Еще большее влияние на общий пассажирооборот имеет сочетание двух и более факторных признаков. Так, общий пассажирооборот и три вышеперечисленных факторных признаков имеют корреляционное отношение равное 0,97. Это означает, что на 94 % общий пассажирооборот транспорта определяется вышеуказанными факторами. Учитывая очень сильную тесноту связи между результативным и факторными признаками, предлагается прогнозировать общий пассажирооборот транспорта на перспективу с использованием следующей зависимости

$$AL_o = -697282 + 68,566x_1 + 11,336x_2 + 279,177x_3$$

где $-AL_o$ – прогнозируемая величина общего пассажирооборота транспорта республики;

x_1 - численности населения;

x_2 - количество легковых автомобилей в личной собственности граждан;

x_3 - процент изменения внутреннего валового продукта.

Сильную тесноту связи имеет также пассажирооборот автомобильного транспорта республики от вышеприведенных факторных признаков. Учитывая данное обстоятельство, рекомендуется следующее выражение для прогнозирования пассажирооборота автомобильного транспорта

$$AL_{am} = 164704,5 - 15,874x_1 - 5,949x_2 + 97,954x_3$$

Предложенные методы рекомендуется использовать для более объективной оценки достигнутых показателей работы различных видов транспорта. В целях повышения достоверности регрессионных

зависимостей необходимо осуществлять постоянный мониторинг изменения факторных показателей и на этой основе вносить соответствующие корректировки в имеющиеся математические модели.

УДК 656.13

Методы оценки эффективности функционирования логистических систем

Чижонок В.Д.

Белорусский национальный технический университет

Систему критериев эффективности функционирования логистических систем целесообразно формировать для оценки степени достижения ими основных целей, которые заключаются:

- в обеспечении снижения издержек в сфере обращения товаров;
- в оптимизации запасов сырья, комплектующих изделий и готовой продукции;
- в своевременности доставки товаров в соответствии с потребностями заказчиков;
- в удовлетворении спроса на различные виды продукции в соответствии с потребностями с наименьшими затратами.

Основные издержки в сфере обращения товаров состоят из затрат, связанных с оказанием логистических услуг. Суммарные логистические издержки складываются из издержек, связанных с оказанием снабженческих логистических услуг, транспортно-логистических услуг и сбытовых (распределительных) логистических услуг.

Одним из качественных показателей уровня запасов может быть коэффициент неостребованности готовой продукции, определяемый как отношение стоимости готовой продукции на складах предприятия к общей стоимости всех запасов.

Своевременность доставки товаров в соответствии с потребностями заказчиков можно оценить долей продукции, поставленной в сроки предусмотренные договорами, к общему объему поставляемых товаров.

Удовлетворение спроса на различные виды продукции в соответствии с потребностями с наименьшими затратами может быть оценено удельными затратами на поставку продукции, отнесенными на один рубль стоимости или на одну тонну поставляемой продукции.

Разработанные критерии эффективности функционирования логистических систем позволяют более объективно намечать меры по их реформированию и развитию.

**Мониторинг гидрофицированных мобильных машин
на основе нейронечеткой идентификации**

Рынкевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

Для эффективной и оперативной автоматической оценки технического состояния (ТС) механизмов и гидравлических приводов мобильных машин различного назначения целесообразно использовать новые информационные технологии. Одной из них является технология так называемых «мягких вычислений». Автоматизация мониторинга и диагностирования, основанная на этой технологии, позволяет устранить ряд недостатков и снять ограничения, которые присущи традиционно используемым методам и классическим способам диагностирования.

В процессе выполнения задания 1.19 ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении» автором был разработан метод *нейронечеткой идентификации (НИИ)*, основанный на симбиозе средств нечеткой логики и нейронных сетей. Создано программное обеспечение, позволяющее оперативно оценивать ТС мобильной машины в реальном масштабе времени на основании анализа изменений параметров в переходных процессах и сформулировать выводы о причинах возникновения переходных режимов работы в виде, понятном непосредственно для персонала, обслуживающего данную техническую систему.

В НИИ использованы нелинейные принципы формирования выводов, при которых моделируются рассуждения экспертов в рассматриваемой проблемной области, – т. е. конкретного механизма АТС, а информационная технология, основанная на адаптивных нейронечетких системах **ANFIS** (**Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System**) позволяет автоматизировать процесс проектирования систем мониторинга и диагностики.

Метод НИИ предполагает создание нейронечеткой модели, интерпретирующей регистрируемые численные значения контролируемых параметров, которые поступают от бортового компьютера. Мониторинг ТС на основе нейронечеткой идентификации включает несколько основных этапов.

Этап I. Сбор экспертной информации по отказам и типовым неисправностям и синтез базы знаний. База знаний представляет собой совокупность обучающих выборок, характеризующих признаки и

проявления неисправностей. Эти выборки в дальнейшем подаются на вход нейронечеткой сети (ННС).

Этап II. Создание нейронечеткой модели (ННМ). Входами ННМ служат значения диагностических параметров, описанные функциями принадлежности. В качестве выхода ННС выступают критерии эффективности, качества и безопасности функционирования механизмов гидромеханической передачи автомобиля (КПД, параметры вибрации и пульсаций давления, расход утечек и т. д.).

Этап III. Обучение ННМ. При этом на ее вход подают совокупность пар обучающих выборок (численных данных), характеризующих сочетание диагностических параметров для разных видов технического состояния механизмов. Значение, получаемое на выходе сети, соответствующим образом интерпретируется.

Этап IV. Вывод заключения путем нейронечеткой идентификации. Здесь для получения технического диагноза используют обученную ННМ (ННС). При этом на вход сети поставляется информация о параметрах, характеризующих реальные процессы в трансмиссии и гидроприводе мобильной машины. Для удобства числовая информация, получаемая на выходе ННС, подвергается дополнительной интерпретации и выдается, к примеру, в вербальном виде (лингвистической форме).

Преимущества метода ННИ: возможность получения и использования расширенной достоверной базы знаний; быстрота обработки информации; высокая точность получаемого технического диагноза; возможность оперативного мониторинга и диагностирования технического состояния механизмов непосредственно при эксплуатации гидрофицированной мобильной машины; возможность нормативного диагностирования на специализированных постах, станциях технического обслуживания, на автопредприятиях и в условиях автохозяйств, на горно-обогатительных предприятиях и карьерах, где широко эксплуатируется строительно-дорожная и карьерная техника.

Метод ННИ обеспечивает получение и эффективную реализацию расширенной достоверной базы знаний, быстроту обработки информации, точность получаемого технического диагноза, а также возможность оперативного определения технического состояния механизмов мобильной машины в режиме реального времени.

Применение новых технических средств для разделения потоков

Матвеева Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Велосипедный транспорт является существенной альтернативой автомобильному транспорту в части снижения транспортной загрузки города, улучшения городской экологии и здоровья населения.

Около 1% всех суммарных поездок в городе приходится на велосипед, его выбирают люди разного возраста, комплекции и социального статуса. Пришло понимание, что велосипед предназначен не только для развлечения или спорта, но это и полноценный вид транспорта. Все это влечет за собой и определенные изменения в городской инфраструктуре, которая подстраивается под запросы различных категорий граждан.

Инженерные мероприятия направленные на создание сети велосипедного движения базируются на основных решениях: обособление велосипедных дорожек, выделение полосы на проезжей части улично-дорожной сети для велосипедных путей, успокоение автомобильного движения. В настоящее время в Минске адаптированы для велосипедного движения 73 улицы: поставлены специальные знаки, выделены отдельные дорожки на тротуаре, понижены бордюры. В основном для велосипедного движения используются пешеходные пути с выделением велодорожки на тротуаре, но в некоторых случаях возникает потребность использования проезжей части для обустройства велосипедной полосы.

С целью повышения безопасности дорожного движения в таких случаях необходимо использовать ограждения полосы под велосипедные пути на проезжей части улично-дорожной сети от транспортного потока. Эту задачу можно решить с помощью ограничителей доступа (резиновый столбик высотой 230 мм и диаметром 185 мм) и колесоотбойников (1000x150x100), выполненных из резиновой крошки со вставками из световозвращающей пленки. Применение данных типов технических средств позволяет производить монтаж и демонтаж (на зимний период времени) велосипедной полосы на проезжей части в максимально короткие сроки, так как ограничители доступа и колесоотбойники крепятся анкерными болтами. Наличие вставок из световозвращающей пленки в технических средствах делает велосипедную полосу более заметной в темноте и тем самым повышает безопасность.

Ограничители доступа также могут использоваться и на островках безопасности, и на направляющих островках, в качестве дорожных сигнальных столбиков.

УДК 656.13

Показатели дорожной безопасности в Гродненской области

Кот Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Территория Гродненской области составляет 11% территории Беларуси, численность населения - 12%, количество зарегистрированных транспортных средств – 13%, протяженность сети автомобильных дорог общего пользования - 15%. По основным индикаторам дорожной безопасности (количество ДТП с пострадавшими, число погибших и раненых в них) показатели региона более благоприятные (10-11% от общих показателей страны).

Относительные показатели аварийности за 2016 г. (38,8 ДТП с пострадавшими/ 100 тыс. жителей региона при 43,7 ДТП в целом для Беларуси, 9,2 ДТП/ 10 тыс. зарегистрированных транспортных средств при среднем значении такого показателя для Беларуси 11,8) свидетельствует о том, что регион можно отнести к числу наиболее безопасных в Беларуси.

В г. Гродно за последние 4 года зарегистрировано наименьшее число погибших в ДТП в группе крупных городов (в 2013-2015 гг. - по 6 погибших в ДТП за год, в 2016 г. - 7 погибших). Одной из причин является начало работ по структуризации дорожной сети города.

УДК 656.13

Адаптивная компьютерная система тестирования знаний студентов

Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация. Адаптивная система тестирования знаний студентов разработана на языке Delphi для Windows, опыт ее использования позволяет оценить ее, как удобное средство интенсификации обучения студентов. Приведены результаты и выводы.

В течение ряда лет на кафедре «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» Белорусского национального технического университета совершенствуется разработанная компьютерная система обучения и тестирования знаний студентов. [1-3]. Последний вариант разработан на языке Delphi в первую очередь для тестирования знаний. На экран выводятся поочередно 10 равновероятно распределенных заданий (каждое в виде вопроса и вариантов ответов) из 10 тем базы. В базе всего 200 заданий. Каждый тест содержит 40 заданий, причем после

«цикла настройки» по первым 10 ответам, остальные задания формируются для тем, по которым получены самые низкие оценки. Таким образом, адаптивность системы заключается в том, что последующие задания вырабатываются, преимущественно, для наиболее слабо освоенных тем дисциплины. Не тратится лишнее время на хорошо освоенную тему.

Для определения зачетного удовлетворительного уровня оценки были с помощью студенток Третьякевич М.Г. и Бурвель Е.В. проведены тестирования различных групп студентов: группа 1 – с отличным знанием пройденного материала, группа 2 – с удовлетворительным, 3 – с неудовлетворительным и 4 – специально тестировалась группа, не изучавшая данную дисциплину. На рис. 1 показаны результаты тестирования в средних набранных баллах для указанных групп в процессе 7 тестирований. Видно, что все изучавшие дисциплину студенты справились, преодолев зачетный уровень (штриховая линия на рис. 1), разумеется за различное время.

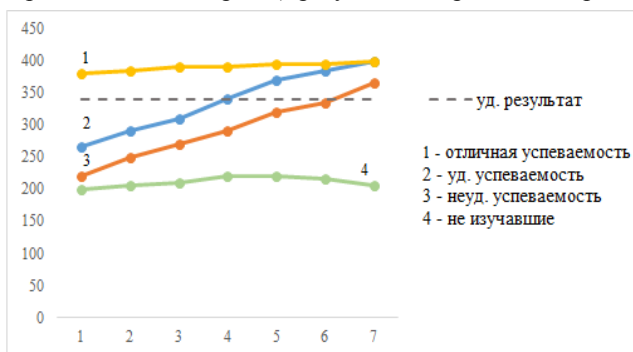


Рис. 1- Результаты тестирования

Использование системы показало ее эффективность. Рациональным выявлено ее применение, прежде всего, в качестве адаптивной системы обучения, так как ускоряется подготовка, в целом, за счет того, что меньше времени уходит на работу с хорошо освоенными темами. Применение для тестирования знаний адаптивного варианта ужесточает оценку, так как больше вопросов задаются по локализованным менее освоенным темам. Однако, адаптивный вариант стимулирует более глубокое освоение материала для получения положительной оценки.

Программа реализована на языке Delphi и работает на Windows XP,7,8,10. Минимальный размер кода, примерно, 500 Кб; размер базы из 200 заданий около 350 Кб.

Программа к настоящему времени усовершенствована и отлажена. Копия экрана выполнения программы с включенным режимом отладки приведена на рис. 2.

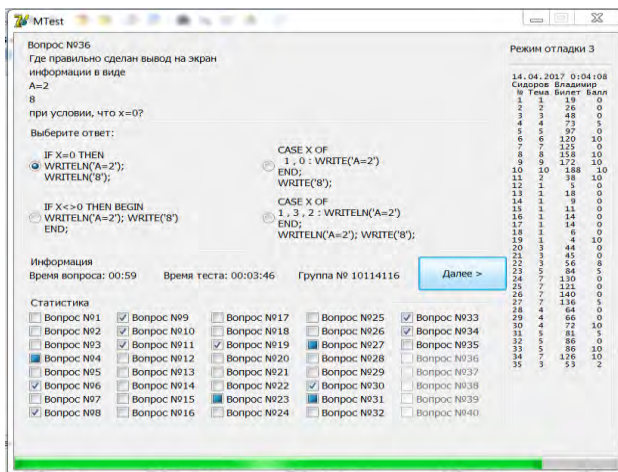


Рис. 2 Копия экрана выполнения

В целом по опыту эксплуатации компьютерной системы обучения и тестирования можно сделать следующие выводы: такие системы полезны, так как:

- делают обучение более эффективным и эффективным;
- заинтересовывают студентов (в том числе на самостоятельные занятия);
- вызывают доверие у студентов, так имеют критерии оценивания уровня знаний одинаковые и объективные для всех участников тестирования;
- позволяют существенно ускорить оценивание знаний группы студентов;
- улучшают работу студентов и преподавателя.

Следует заметить, что оценки по зачетному варианту (зачет–незачет) адекватны; а определение окончательных экзаменационных оценок остается за преподавателем. Как дополнительное средство для обучения и промежуточного контроля знаний студентов, польза компьютерных систем тестирования не вызывает сомнений.

Направление дальнейшего развития: введение и использование возможности подстраиваться под каждого студента, благодаря технической реальности хранения и обработки большого объема данных с результатами и особенностями каждого тестируемого, переход на многоуровневое обучение и тестирование, прогнозирование результатов и времени обучения по каждому студенту.

В целом адаптивные системы тестирования знаний – это эффективное средство интенсификации учебного процесса.

Оценка качества перевозок пассажиров городским наземным маршрутизированным транспортом

Седюкевич В.Н., Якубович С.П.

Белорусский национальный технический университет

В качестве комплексных (групп) показателей для городских перевозок пассажиров в регулярном сообщении предлагаются:

– показатели безопасности (удельное число дорожно-транспортных происшествий; соблюдение скоростных режимов движения; соблюдение предельно допустимого наполнения ТС; экологичность транспортных средств; средний срок эксплуатации транспортных средств);

– показатели информационного обслуживания (информация в Интернет и информация на остановочных пунктах (перечень или указатели остановок с расписанием или интервалами движения); схемы маршрутов; информация на (в) транспортном средстве (указатели маршрута, схема маршрута, сведения о перевозчике, тарифах, аудиоинформация);

– показатели комфортности и удобства поездок (санитарное состояние и температурный режим в салоне ТС; удельное число жалоб; коэффициент использования пассажироместимости в часы пик; расстояние между остановочными пунктами на маршрутной сети; система оплаты за проезд);

– показатели регулярности движения и скоростей сообщения (регулярность движения – соблюдение расписания (доля перевозок по расписанию и без превышений интервалов движения с учетом невыполнения рейсов по расписанию); скорость сообщения на маршрутах);

– доступность услуги пассажирского транспорта (плотность маршрутной сети; провозная возможность парка транспортных средств; уровни тарифов на одну разовую поездку; уровни тарифов на одну поездку по проездным билетам на период времени; средний сетевой интервал движения на маршрутах; эффективность системы контроля оплаты; суточная продолжительность работы транспортных средств на маршрутах).

Требование одновременной максимизации (минимизации) отдельных показателей, как правило, несовместимо, поскольку при увеличении (уменьшении) значений одного из них могут снижаться (увеличиваться) другие. Например, повышение скорости сообщения за счет технической скорости движения и сокращения простоев на остановочных пунктах вызывает снижение безопасности движения, а увеличение частоты остановочных пунктов на маршрутах сокращает расстояние подхода, но снижает скорость сообщения и т.п. Поэтому поставлена задача свертывания отдельных показателей в обобщенный критерий оптимальности качества перевозок пассажиров городским наземным маршрутизированным транспортом.

О возможности развития транспортных коридоров Украины

Ноженко Е.С., Ноженко В.С., Кравченко К.А.
Восточнoукраинский национальный университет
имени Владимира Даля, г. Северодонецк, Украина

Украина имеет огромный транзитный потенциал; к границам подходят несколько коридоров ТЕН-Т со стороны Словакии, Венгрии и Польши. Украина можем выступить транзитером в страны Азии и Китая через Черное и Каспийское моря. В 2016 году состоялся удачный пробный проход контейнерного поезда из Украины в Китай – паромом из порта Одессы через Черное море, Грузию, Азербайджан, Каспийское море, Казахстан. Имеется опыт организации контейнерных поездов с Черного к Балтийскому морю – поезд «Викинг» курсирует от порта Одессы до Клайпеды за 52 часа при снижении стоимости перевозок на 42%.

Удобное территориальное расположение и потенциал Украины не лишены «слабых» мест при железнодорожных перевозках. Со станции Чоп (направления Словакия, Венгрия) однопутная колея в Бескидском туннеле существенно снижает скорость движения. Этот недостаток в 2017 году запланировано устранить открытием двухпутной линии.

Существенной проблемой является разница ширины колеи. В данный момент на границе Украина - Польша (ст. Мостиська - ст. Медика; ст. Дорохуск – ст. Ягодин) установлены два путепереводных устройства для автоматической смены ширины колесных пар, не требующих остановки поезда; курсирует пассажирский поезд Львов-Краков, оборудованный раздвижными колесными парами SUW2000.

Авторы участвовали в разработке ряда технических решений в данном направлении. Технология перевозки грузов без перегруза при изменении ширины колеи позволит значительно повысить скорость доставки груза, а при перевозке особо опасных грузов существенно снизит риски загрязнения окружающей среды.

Перспективность данного направления была признана и при проведении исследований в рамках проекта для UIC «Gauge changeover systems». Contract 13.003, UIC/INECO, 2013.

Кроме этого, необходимо проведение исследований износа бандажей раздвижных колесных пар, эксплуатируемых на колее разной ширины и разработка рекомендаций по оптимизации профиля колеса, позволяющего обеспечить удовлетворительные динамические качества воздействия на путь и пробег между обточками бандажей в условиях эксплуатации на колее различной ширины.

Определение предельной скорости движения при криволинейном движении

Андреев А.Я.

Белорусский национальный технический университет

В статье рассмотрены вопросы применения системы ESP в оценке скорости движения автомобиля и предотвращение его опрокидывания. Система курсовой устойчивости (*динамической стабилизации*) обеспечивает заблаговременное определения и устранение критической ситуации за счет стабилизации движения.

Система позволяет удерживать автомобиль в пределах заданной водителем траектории при различных режимах движения (разгоне, торможении, в поворотах и при свободном качении).

В зависимости от производителя различают следующие названия системы курсовой устойчивости:

ESP (Electronic Stability Programme) на большинстве автомобилей в Европе и Америке;

ESC (Electronic Stability Control) на автомобилях Honda, Kia, Hyundai;

DSC (Dynamic Stability Control) на автомобилях BMW, Jaguar, Rover;

DTSC (Dynamic Stability Traction Control) на автомобилях Volvo;

VSA (Vehicle Stability Assist) на автомобилях Honda, Acura;

VSC (Vehicle Stability Control) на автомобилях Toyota;

VDC (Vehicle Dynamic Control) на автомобилях Infiniti, Nissan, Subaru.

Система курсовой устойчивости является системой активной безопасности более высокого уровня и включает антиблокировочную систему тормозов (ABS), систему распределения тормозных усилий (EBD), электронную блокировку дифференциала (EDS), антипробуксовочную систему (ASR).

Она объединяет входные датчики, блок управления и гидравлический блок в качестве исполнительного устройства.

Входные датчики фиксируют конкретные параметры автомобиля и преобразуют их в электрические сигналы. С помощью датчиков система динамической стабилизации оценивает действия водителя и параметры движения автомобиля.

Блок управления системы ESP принимает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства подконтрольных систем активной безопасности:

впускные и выпускные клапаны системы ABS;

переключающие и клапаны высокого давления системы ASR;

контрольные лампы системы ESP, системы ABS, тормозной системы.

В своей работе блок управления ESP взаимодействует с системой управления двигателем и автоматической коробки передач (через соответствующие блоки). Помимо приема сигналов от этих систем блок управления формирует управляющие воздействия на элементы системы управления двигателем и АКПП.

Для работы системы динамической стабилизации используется гидравлический блок системы ABS/ASR со всеми компонентами.

УДК 656.13

Эффективность трамвайного движения в современных реалиях дорожного движения

Кустенко А.А.

Белорусский национальный технический университет

С ростом насыщенности городов индивидуальным автомобильным транспортом снижаются его положительные стороны вследствие снижения скорости из-за заторов движения, отсутствия близких автомобильных стоянок от пунктов отправления до пунктов назначения, т. е. утрачивается его качество доставки от «двери до двери».

Поэтому рост количества личных автомобилей не может быть альтернативой общественному транспорту. Вследствие чего необходим новый подход к решению транспортных проблем в городах, учитывающий повышение требований к скорости сообщения, к комфорту и удобствам передвижения.

С целью снижения нагрузки на транспортную сеть со стороны автомобильного транспорта, многие города мира развивают маршрутный пассажирский транспорт.

Он играет важную роль в повышении эффективности функционирующих на территории города предприятий и учреждений, способствует обеспечению высокой производительности перевозки пассажиров (в 7–16 раз по сравнению с легковыми автомобилями), экономии энергии на перемещение (в 5 раз, чем на автомобильном транспорте на те же расстояния) и также решить проблемы с обеспеченностью парковочными местами.

Наиболее перспективным видом маршрутного пассажирского транспорта, по признанию большинства стран мира, является трамвай и как его разновидность скоростной трамвай. К основным преимуществам трамвая, определяющим его динамичное развитие, можно отнести: повышенную среднюю скорость доставки пассажиров, большую

провозную возможность, экономичность и большую экологическую безопасность по сравнению с другими видами наземного транспорта.

Однако многие километры трамвайного полотна в городах республики проложены совместно с проезжей частью улиц и, как правило, посередине, что способствует возникновению конфликтных ситуаций между участниками дорожного движения, способных привести к авариям различной тяжести.

Кроме этого подобного рода размещение трамвайных путей снижает эксплуатационную скорость трамвая (15-18 км/ч), снижает полезную площадь проезжей части для безрельсовых транспортных средств, вызывает дополнительные задержки и конфликтные ситуации. Отдельной проблемой является неоптимальное расположение остановочных пунктов трамваев, что усугубляет издержки основного транспортного потока и значительно увеличивает число аварий.

В Республике Беларусь трамвайное движение осуществляется в четырех городах: Минск (10 маршрутов), Витебск (9 маршрутов), Новополоцк (1 маршрут) и Мозырь (1 маршрут).

Таким образом, трамвай обладает рядом преимуществ – большой провозной способностью, скоростью и низкими затратами на строительство (относительно метро), является оптимальным вариантом для перевозки пассажиров в городских условиях по улицам с большим пассажиропотоком.

УДК 656.13

Проблематика взаимодействия трамвайного и автомобильного потоков

Кустенко А.А.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день при разработке мероприятий по повышению качества дорожного движения необходимо учитывать растущее влияние индивидуального автомобильного транспорта. Одним из видов общественного транспорта, у которого есть большой потенциал по провозной способности и увеличению скорости является трамвай.

Условие эффективности дорожного движения с участием трамвая определяется рядом факторов включающих параметры транспортного и пешеходного движения, инфраструктурного обеспечения трамвайного движения, параметрами светофорного цикла и т.д. Основу расчета экономических потерь составляют возникающие на улицах города задержки и остановки участников дорожного движения.

Для того чтобы оценить состояния взаимодействия трамвайных и автомобильных потоков на улицах г. Минска были проведены исследования для определения конфликтных очагов взаимодействия и составление моделей взаимодействия трамвайных и автомобильных потоков.

В дорожном движении с участием трамваев можно выделить следующие очаги возникновения издержек в дорожном движении с участием трамвая:

1. Издержки при взаимодействии трамвая и транспортного потока на регулируемом перекрестке;
2. Издержки при взаимодействии пассажиров трамвая и транспортного потока на остановочных пунктах трамвая с посадкой с проезжей части;
3. Издержки при взаимодействии трамвая и пешеходного потока на нерегулируемых объектах;
4. Издержки при рассасывания очереди трамваев после задержки в трамвайном движении вызванной аварией;

В существующих расчетных моделях расчета издержек, на которых строится организация дорожного движения с участие трамвая, не учитываются особенности трамвая, такие как большая провозная способность, особенности присущие трамваю как рельсовому транспорту, особенности планировки и расположения остановочных пунктов трамвая, что снижает точность расчетов и увеличивает погрешности при проведении оптимизационных решений.

УДК 656.13

Повышение рентабельности автомобильных перевозок методом централизованного управления предложением (МЦУП)

Овчинников И.А.

Белорусский национальный технический университет

Решаемая проблема: избыток предложений автоперевозчиков и как следствие, острая конкурентная борьба, в результате которой происходит значительное снижение стоимости перевозки грузов (пассажиров) для обеспечения хотя бы минимальной прибыли. Даже при фиксированном предложении на рынке автомобильных перевозок, в конечном итоге, нагрузка на каждого перевозчика будет возрастать, а при росте расходов и снижении тарифа на перевозку дальнейшее развитие транспортной организации становится в принципе невозможным.

Цель работы: обеспечить каждому автомобильному перевозчику

возможность развивать собственный бизнес.

Идея проекта основывается на следующих основных тезисах:

- при превышении спроса над предложением, цена будет расти;
- транспорт предоставляет свою услугу на протяжении определенного промежутка времени (зачастую, достаточно большого);
- предложением можно централизованно управлять.

Математическая модель данного проекта выглядит следующим образом:

$$Z = [M] \cdot \text{opt} ([M\{P(i)\}] \cdot \text{pp} - [M\{P(j)\}] \cdot \text{cp} + [M\{P(k)\}] \cdot \text{m} \pm [M\{P(l)\}] \cdot \text{tp})$$

→ max,

где:

$[M] \cdot \text{opt}$ - модуль оптимизации;

$[M\{P(i)\}] \cdot \text{pp}$ - модуль предложений на рынке транспортных услуг;

$[M\{P(j)\}] \cdot \text{cp}$ - модуль оперативного спроса на транспортные услуги;

$[M\{P(k)\}] \cdot \text{m}$ - модуль маркетинга;

$[M\{P(l)\}] \cdot \text{tp}$ - модуль технологии транспортного процесса.

$P(i)$, $P(j)$, $P(k)$, $P(l)$ - значения текущих параметров модулей.

Для данной целевой функции разработан алгоритм расчета прогрессивного тарифа в зависимости от сложившейся оперативной обстановки. Предложена технология централизованного выбора очередного перевозчика на выполнение очередного заказа. Разработан ряд рекомендаций для мобильного приложения к смартфонам, реализующего принцип МЦУП. Получены первоначальные результаты об экономической эффективности проекта МЦУП.

УДК 656.13

Транспорт в рыночных отношениях

Холупов В.С.

Белорусский национальный технический университет

Суть рыночных отношений сводится к: свободе предложения, свободе выбора партнера и свободе установления цен.

Основной механизм регулирования рыночных цен: согласование предложения и спроса. Отсутствие хотя бы одного из этих элементов означают, что рыночные отношения не действуют.

В настоящее время во всех странах транспортный рынок, в той или иной степени, регулируется государством. Необходимо четко разграничить правовой статус тех для кого перевозки являются единственным источником существования и тех, кто используют

автомобили только для осуществления своей основной деятельности. Особое положение занимают индивидуальные предприниматели. О необходимости государственного вмешательства в деятельность транспортных организаций говорит и то, что автотранспорт является объектом повышенного риска. Этот фактор предъявляет жесткие требования к квалификации персонала, как рабочих так и руководителей, а также соблюдению режимов труда и отдыха, экологических требований и выполнению правил дорожного движения.

Влияние государства на транспортный поток осуществляется по двум направлениям: планирование и сооружение объектов инфраструктуры и регулирование эксплуатационной деятельности. Первое направление влияет на интенсификацию работы транспорта в этом месте. Второе направление проводится по трем направлениям: лицензирование, тарифы, различные нормативы законодательства.

Практика государственного регулирования совершенствуется по мере становления рыночных отношений и включает три этапа:

Первый этап или так называемая система ради самой себя, включает формирование базового законодательства, становление новых органов и механизмов управления.

Второй этап связано с пониманием государства, что стабильная и бесконфликтная работа предпринимателей выгодна и ему. Происходит пересмотр правовой базы с нацеленностью на реальное экономическое существование.

Третий этап характеризуется либерализацией внутрирыночного регулирования акцентом на общеэкономические и социальные проблемы транспорта.

УДК 656.13

Системный подход к организации грузовых перевозок

Холупов В.С.

Белорусский национальный технический университет

Сложность и динамичность деятельности по доставке грузов предполагает решение многих проблем взаимодействия ее элементов с внешней средой, равно как и режимов функционирования элементов в самой транспортной сфере. Для осуществления рационального управления такой деятельностью целесообразно использовать системный подход. Система – это объект изучения, образующий целостностью и рассматриваемый как целое.

Рыночная система хозяйствования делает транспортные системы неустойчивыми, закрытыми и слабоорганизованными. Под действием внешних воздействий система приобретает новую структуру отличающуюся устойчивостью. Системный подход позволяет соединить в одно целое куски разобщенного перевозочного процесса и достичь упорядоченности последнего. При организации перевозочных систем приходится делать вывод между человеком и машиной. Между различными типами транспортных средств, погрузочно-разгрузочных механизмов и людей на основе характеристик и затрат, связанных с их использованием. Перевозочная система – это частично самоуправляемая система, наделенная следующими характеристиками: является системой типа «человек - машина»; способна выбирать направления деятельности ответственность за которую может быть перераспределена между компонентами системы; задачи и соответствующие направления деятельности должны распределить между собой участники.

При системном подходе к организации перевозочной системы необходимо получить ответы на следующие вопросы. Сколько различных элементов включает данная система? Какова причинно-следственная взаимосвязь между этими элементами? Какие функции должны осуществляться в каждом конкретном случае? Какой необходим взаимообмен между этими ресурсами?

Системный подход начинается с установления целей для системы в целом. Затем разрабатываются различные организационные структуры и компоненты, соответствующие друг другу в рамках системы. Критерии для выбора всей совокупности компонентов составляет основу для выбора отдельных из них.

УДК 656.13

Логистическая концепция управления перевозками грузов

Холупов В.С., Алисеенко Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Логистическая концепция управления перевозками грузов привела к смене приоритетов, когда основной деятельности взаимодействия производственных и транспортных предприятий и организаций становится не получение максимальной прибыли для каждого участника в отдельности, а ее совокупная максимизация и справедливое распределение.

В такой системе значимым компонентом стал контроль над грузом.

Тот, кто контролирует груз по всех логистической цепочке, имеет конкретное преимущество перед тем, кто контролирует груз только на отдельных участках перевозки. Контроль и отслеживания груза на всем пути следования позволяет принимать все управленческие решения. Новый подход к транспорту как к составной части вышестоящей, более крупной системы, привел к целесообразности рассмотрения всего процесса перевозки от грузоотправителя до грузополучателя. Все это вызвало необходимость создания специальных логистических центров.

Источником снижения себестоимости при логистическом подходе к организации перевозки является: снижение запасов по технологии «точно в срок»; уменьшение расходов на упаковку, маркировку и погрузку-разгрузку; сокращение расходов на предпродажную подготовку товаров.

В целом можно сформулировать следующие три основные принципа организации перевозок в системе логистического управления: принцип максимально возможного сокращения дополнительных затрат живого и овеществленного труда у обслуживаемой клиентуры и на сопутствующие операции с грузом; принцип максимально возможного сокращения различных потерь перевозимого груза, как прямых, так и полученных в результате ухудшения качества перевозимого груза в процессе его доставки; принцип по которому снижение внутритранспортных затрат выходит на первый план только после соблюдения в полном объеме первых двух принципов.

Приведенные принципы взаимодействия и взаимодополняют и обуславливают друг друга, в связи с чем следует реализовывать и в комплексе, как единое целое. При таком подходе каждый из принципов приобретает эмерджентные свойства, приводящие к значительному синергическому эффекту.

УДК 656.13

Исследование условий трамвайного движения на ул. Я. Колоса в г. Минске

Кот Е.Н., Ромейко В.Ю., Семченков С.С., Кустенко А.А.
Белорусский национальный технический университет

Трамвайное движение в современных городских условиях во всем мире набирает, ранее утраченную, популярность. Это обусловлено возросшими темпами роста автомобилизации, что приводит к экологическим проблемам (загазованность городов), большими заторами на дорогах, аварийной ситуацией. Трамвай в паре с метрополитеном,

обслуживая наиболее пассажироёмкие направления, позволяет существенно снизить данные потери.

Общая протяженность трамвайных линий в городе Минске составляет 24 км (в двухпутном исчислении), при этом доля трамвайной системы в общем объеме перевозок маршрутными транспортными средствами составляет около 4%.

Трамвайная линия по ул. Красной – Коласа – Логойскому тракту является одной из наиболее важных в городе, в связи с тем, что с помощью этого вида транспорта обслуживается микрорайон Зеленый Луг и район ул. Я. Коласа. В то же время величина пассажиропотока на «пиковом» участке по данным выполненной натурных обследований в 2016 г. снизилась в сравнении с 2012 г. более чем на 40%, несмотря на ввод в эксплуатацию новых жилых домов в зоне тяготения к этой трамвайной линии (на Логойском тракте, ул. Л.Беды, Кольцова, Лукьяновича).

Результаты исследований показывают, что одной из причин снижения пассажиропотока на указанной линии является снижение скорости сообщения с 18,5–20,5 км/ч в 2012 г. до 13,5–16,5 км/ч в 2016 г. При этом основные потери времени происходят на реконструированном участке линии, проходящем по обособленному полотну от ул. Мележа до ул. Волгоградской из-за несогласованной работы светофорных объектов на пересечении Коласа – Волгоградская и в месте перехода трамвайных путей с совмещенного полотна на обособленное.

Малые интервалы движения маловместительных одиночных трамваев, которые приходится применять для обслуживания пассажиропотоков, являются дополнительным фактором, снижающим эффективность перевозок. Ситуация с надежностью усугубляется недостаточным количеством промежуточных (резервных) разворотных трамвайных колец, не позволяющих сохранить работоспособность хотя бы части трамвайной линии при возникновении сбойной ситуации.

**Современные методы
проектирования деталей
машин и механизмов**

Трение в подкладных катках

Василенок В. Д., Бирич В.В., Зенькович А.А.
Белорусский национальный технический университет

Ставится задача рассмотреть способы уменьшения трения в соответствии с рекомендацией Жуковского Н.Е., в подкладных катках, а также определить коэффициент трения качения от угла наклона поверхности к горизонту разных соприкасающихся поверхностей.

Подкладные катки применяются при перемещении грузов по горизонтальной и наклонной плоскостям и представляют собой прообраз современных роликовых и шариковых подшипников.

Общая нагрузка Q распределяется по отдельным каткам. Полагаем коэффициенты трения качения для всех катков одинаковыми. Это позволяет при определении приведенного коэффициента трения рассматривать один каток и считать, что к нему приложена вся нагрузка Q . Однако качение катков 1 происходит как по неподвижному звену 3, так и по перемещенному звену 2 и коэффициенты трения качения k и k' будут разными, если материалы звеньев 3 и 2 различны.

Пренебрегая собственным весом катка 1, считаем, что на него действуют всего две реакции R в точках B и B' , сдвинутых относительно точек A и A' на расстояния k и k' . Точка B' , сдвинута влево, так как качение катка 1 по звену 2 происходит в эту сторону.

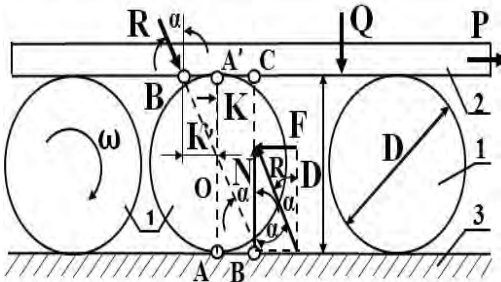


Рис. 1. Силы, действующие на подкладной каток.

При равномерном движении силы R должны быть противоположны одна другой и, значит, должны быть направлены по линии BB' , составляющей некоторый угол α с вертикальной осью. Рассмотрим силы, действующие на подкладной каток. Из рис. 1 находим $\operatorname{tg} \alpha = \frac{B'C}{BC} = \frac{k+k'}{D}$

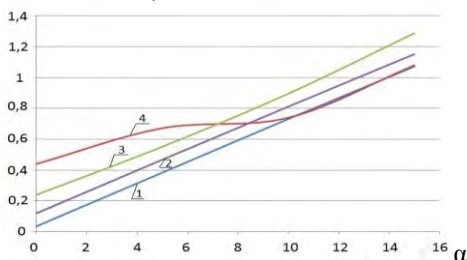
Реакцию R можно разложить на составляющие N и F и определить приведенный коэффициент трения f^* из уравнения $f^* = \frac{F}{N} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{k+k'}{D}$.

Если задана нагрузка Q и требуется определить силу P , необходимую для перемещения звена 2, то, определив приведенный коэффициент трения f^* , находим: $P = F = f^* N = f^* Q$.

При перемещении оборудования на катках по горизонтальной поверхности тяговое усилие, необходимое для его перемещения, определяется по выражению $P = Q \frac{k+k'}{D}$. Исходя из полученной формулы $f = tg\alpha = \frac{k+k'}{D}$, найдем коэффициент трения качения для разных материалов соприкасающихся поверхностей таких как: сталь по стали, сталь по камню, сталь по бетону, сталь по дереву с углами наклона поверхности к горизонту $\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$.

| Материал соприкасающихся поверхностей | Угол наклона поверхности к горизонту, град | Материал катков: сталь | Материал соприкасающихся поверхностей | Угол наклона поверхности к горизонту, град | Материал катков: сталь |
|---------------------------------------|--|------------------------|---------------------------------------|--|------------------------|
| | | Диаметр катков: 150 мм | | | Диаметр катков: 150 мм |
| Сталь по стали | 0 | 0,009 | Сталь по бетону | 0 | 0,060 |
| | 5 | 0,096 | | 5 | 0,138 |
| | 10 | 0,183 | | 10 | 0,224 |
| | 15 | 0,268 | | 15 | 0,322 |
| Сталь по камню | 0 | 0,110 | Сталь по дереву | 0 | 0,030 |
| | 5 | 0,168 | | 5 | 0,117 |
| | 10 | 0,185 | | 10 | 0,203 |
| | 15 | 0,270 | | 15 | 0,288 |

Построим графики зависимости силы трения от угла наклона (рис. 2, значения приведены в таблице)



1—сталь по стали, 2 – сталь по дереву, 3 – сталь по бетону, 4 – сталь по камню.

Рис. 2 Графики зависимости силы трения от угла наклона

Проанализировав график можно сделать вывод, что чем тверже материал соприкасающихся поверхностей, тем меньше трение качения. Именно поэтому перемещать груз по стали намного легче, чем по камню.

Трение качения возникает при качении одного твердого тела по поверхности другого. Существенное значение имеет характер распределения деформации поверхности, по которой катится тело, и, соответственно, сил реакции поверхности. При отсутствии трения качения подкладные катки не смогли бы ездить и перевозить грузы. В гололедицу, когда трение между соприкасающимися поверхностями становится малым, катки начинают

буксовать на месте. Именно трение останавливает катки при торможении, иначе их невозможно было бы остановить. В этом – положительная роль трения. Но оно часто играет отрицательную роль, вызывая изнашивание движущихся частей различных механизмов. Тогда его стараются уменьшить, и для этого существуют разные способы.

Рассмотрим, как достигается уменьшение силы трения при перемещении тела в направлении, перпендикулярном основному движению. Пусть тело массы m прижато силой R_n к шероховатой плоскости Π и совершает движение с постоянной скоростью v_x под действием силы P_x . Представим теперь, что движущемуся телу силой P_y сообщается дополнительное движение с постоянной скоростью v_y в перпендикулярном направлении.

Уравнения движения тела в предположении, что $\ddot{x} = 0, \ddot{y} = 0$, имеют вид $fR_n = \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}} = P_x; fR_n = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} = P_y$ (рис. а), где f – коэффициент трения скольжения; $F = fR_n$ – сила трения, направленная противоположно скорости результирующего перемещения $v = \sqrt{x^2 + y^2}$ (рис. б).

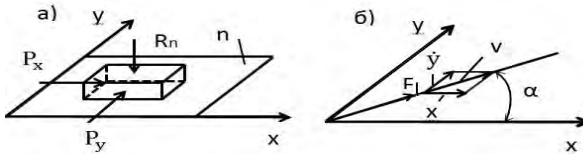


Рис. 3 Воздействие силы трения

Обозначив через α угол, образуемый скоростью v результирующего перемещения с осью x , получим $\alpha = \arctg(\frac{y}{x})$. Если y мало по отношению к x , можно принять, что $\alpha = \frac{y}{x}$. Следовательно $P_x = fR_n \cos\alpha = F$; $P_y = fR_n \sin\alpha = F_\alpha$.

Если, как это было принято, $\dot{y} \ll x$, перемещение тела в направлении оси y (в направлении, перпендикулярном основному движению) будет совершаться под действием незначительной по величине силы P_y . Выражению для P_y можно придать такую форму: $P_y = -F_y = k\dot{y}$, где $k = \frac{fR_n}{x}$ ($x = \text{const}$).

Следовательно, сила трения F_y подобна силе вязкого трения, связана линейной зависимостью со скоростью \dot{y} . В начале движения в направлении y и не приходится преодолевать силу трения покоя, так как при $\dot{y} = 0$ $P_y = 0$. В результате анализа выяснилось, что чем тверже материал соприкасающихся поверхностей, тем меньше трение качения, существенное значение имеет характер распределения деформации поверхности, по которой катится тело, и, соответственно, сил реакции поверхности.

Механизм пантографа

Василенок В.Д., Бирич В.В., Лешок С.А, Соболев Д.Е.
Белорусский национальный технический университет

Для выполнения сложных фрезеровальных работ на плоскости и по объему используются копировальные станки с использованием пантографа (по гречески «всё описываю»). Состовляющим элементом находят применение соосные шариковинтовые механизмы. В данной работе рассчитаны основные характеристики шариковинтового механизма (рис. 1), а именно: диаметр шариков, радиус желоба, наружный диаметр, угол подъема винтовой линии, число шариков:

$$d_{ш} = (0,08 \dots 0,15) \cdot D_{г} = (0,08 \dots 0,15) \cdot 14 = 1,12 \dots 2,1 \text{ мм} \quad (1)$$

$$r_{ж} = 0,51 \cdot d_{ш} = 0,51 \cdot 1,5 = 0,765 \text{ мм} \quad (2)$$

$$D_k = D_{г} + 2 \cdot d_{ш} + \Delta = 14 + 2 \cdot 1,5 + 0,1 = 17,1 \text{ мм} \quad (3)$$

$$\Psi = \arctg\left(\frac{p}{\pi \cdot D_{сп}}\right) = \arctg\left(\frac{2,75}{3,14 \cdot 15,5}\right) = 3,233^\circ \quad (4)$$

$$Z_{ш} = \frac{\pi \cdot D_{сп} \cdot z}{d_{ш}} - 1 = \frac{3,14 \cdot 15,5 \cdot 1,5}{1,5} = 48,67 \quad (5)$$

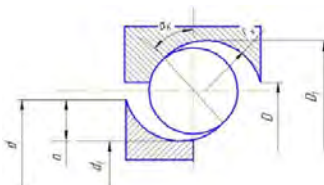


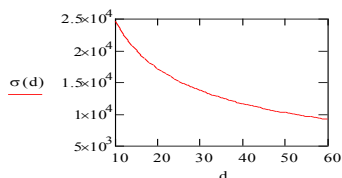
Рис.1. Передача шариковинтовая

Также мы рассчитали грузоподъемность и долговечность шариковинтового механизма.

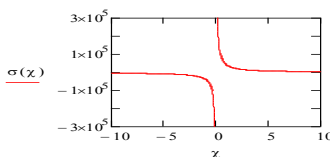
Наибольшее контактное напряжение смятия на площадке контакта для соприкасающихся поверхностей шарик-поверхность резьбы ходового винта определяется по формуле

$$\sigma_{\max} = \frac{400}{\chi} \cdot \sqrt{q \cdot \left(\frac{4r_n - d_{ш}}{r_n \cdot d_{ш}}\right)^2} \leq [\sigma]_k \quad (6)$$

$$\sigma(d) := \frac{400 \cdot \sqrt{q \cdot \frac{(4 \cdot r - d)^2}{r \cdot d}}}{\chi}$$



$$\sigma(\chi) := \frac{400 \cdot \sqrt{q \cdot \frac{(4 \cdot r - d)^2}{r \cdot d}}}{\chi}$$



При выбранных размерах диаметра шарика, профиля резьбы и принятой величине допускаемого контактного напряжения $\leq [\sigma]_k$ из формулы (6) можно определить значение допускаемой нагрузки $[q]$, действующей на один шарик по нормали к поверхности контакта:

$$[q] \leq \frac{\chi^2 r_n^2 d_{\Sigma}^2 [\sigma]_k^2}{4000^3 (4r_n - d_{\Sigma})^2} \kappa \Gamma. \quad (7)$$

С понижением твердости контактируемых поверхностей величина допускаемого контактного напряжения снижается и определяется по формуле

$$[\sigma]_k^r = k_r [\sigma]_k, \quad (8)$$

Определив допускаемую нагрузку $[q]$, действующую на один шарик по нормали к поверхности контакта, и выбрав коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между шариками, находим зависимость между величиной q и осевой нагрузкой Q (рис. 2), приложенной к ходовому винту (гайке):

$$q = \frac{Q}{z \lambda \sin \alpha^2 \cos \psi} \leq [q], \quad (9)$$

где z – число рабочих шариков в гайке;

λ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между шариками ($\lambda = 0,8 \div 0,9$).

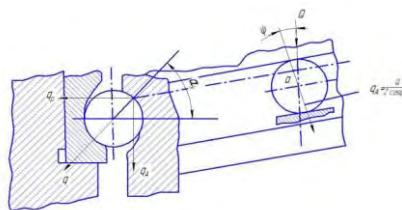
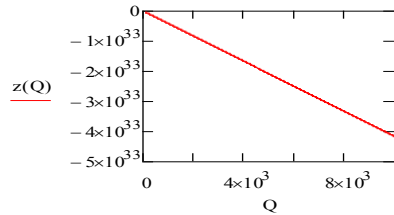


Рис. 2. Усилия, действующие на шарик, находящийся в резьбе с полукруглым профилем

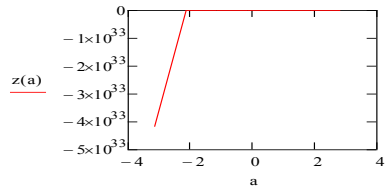
На основании полученных формул (9) и (7) определяем минимальное число рабочих шариков:

$$z = \frac{Q}{[q]\lambda \sin^2 \alpha \cos \psi}. \quad (10)$$

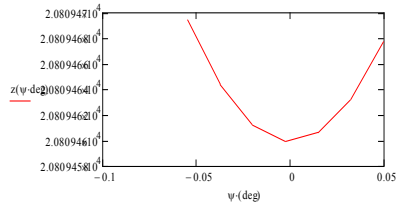
$$z(Q) := \frac{Q}{q \cdot \lambda \cdot \sin(\alpha)^2 \cdot \cos(\psi)}$$



$$z(\alpha) := \frac{Q}{q \cdot \lambda \cdot \sin(\alpha)^2 \cdot \cos(\psi)}$$



$$z(\psi) := \frac{Q}{q \cdot \lambda \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^2 \cdot \cos(\psi \cdot \text{deg})}$$



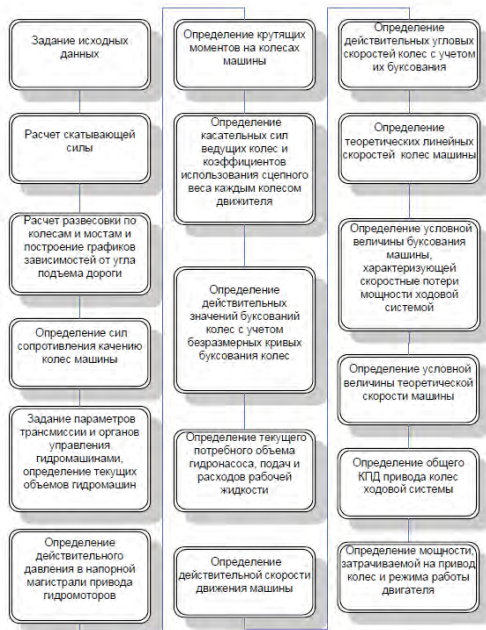
Построенные графики позволяют оценить зависимости и характеристики при выборе параметров шариковинтовых механизмов.

Алгоритм статического тягового расчета уборочной машины с гидрообъемным приводом колес

Калина А.А., Таяновский Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследование распределения тяговых сил по колесам, буксований колес и скоростных потерь мощности машины, для конкретной схемы привода и распределения вертикальных нагрузок по колесам на различных поверхностях движения, составляет предмет статического тягового расчета машины. Авторами разработана процедурная модель статического тягового расчета, учитывающая упомянутые факторы (рисунок).



С учетом полученных данных по развесовке уборочной машины выполнен по данному алгоритму анализ ее тяговых показателей в зависимости от угла подъема поверхности движения для основных штатных режимов движения. При работе гидравлических моторов привода колес от одного насоса по схеме полного дифференцирования суммарное тяговое усилие ведущих колес машины существенно зависит от сцепных условий отдельных колес и сопротивлений их качению. Причем это усилие лимитируется колесом,

находящимся в наиболее неблагоприятных условиях, что приводит к резкому росту его буксования, снижению суммарной тяги всех колес или к потере проходимости машины. Для поддержания требуемой тяги система управления гидроприводом реализует различные алгоритмы. Необходима проверка их эффективности на этапе проектирования на статических и динамических математических моделях рабочего процесса гидрообъемного привода с учетом реальных тяговых характеристик колес.

**Об инструментарии исследования процессов в машинах
в курсовом и дипломном проектировании**

Калина А.А. Таяновский Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Решение важнейших задач учебного проектирования техники направлено на приобретение студентами навыков практического обоснования структуры и параметров новых машин.

Структура проектов включает информационный обзор по теме, его анализ, формулирование и решение расчетных инженерных задач, отыскание усовершенствованных технических решений, их сравнение по принятым критериям и выбор наилучшего, на основе исследования рабочих процессов. Выполняется конструкторская проработка общего устройства выбранного варианта, инженерный расчет и разработка на уровне рабочей документации одной-двух сборочных единиц машины.

Выбор наилучшего для заданных назначения и условий эксплуатации варианта машины требует конструкторско-изобретательской проработки вариантов структуры будущей машины и исследования статики и динамики их рабочих процессов. Для этого разрабатывают алгоритмы расчетов и программируют задачи исследования. Навыки алгоритмизации инженерных задач студенты приобретают в дисциплинах: информатика, моделирование и численный анализ и т.п. При этом важно наличие у будущих инженеров навыков программирования задач динамики машин на используемых в КБ производителей машин удобных для практической работы алгоритмических языках. Расчеты по конечным формулам из теории конкретного типа машин студенты с успехом реализуют обычно в технологии электронных таблиц Excell. Решение же систем дифференциальных уравнений, описывающих динамику приводов исполнительных органов и машины в целом, на изучаемом, чаще всего на машиностроительных специальностях, языке Turbo-PASCAL вызывают у них значительные затруднения и при отладке, и при выводе графиков исследуемых процессов, и из-за неудобства использования результатов расчетов. Это связано и с неприемлемыми на практике затратами времени на программирование. Проще осваиваются и продуктивнее для целей исследования и моделирования машин, при решении инженерных задач, современные программные приложения символьной математики - MathCAD и MatLAB, которые дают студентам наиболее доступные из мощных современных инструментов для исследования процессов машин.

Технология изготовления зубчатых ремней повышенной долговечности

Козлова Т.В., Лагойко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Среди многообразия конструктивных решений, используемых для приведения в движение каких-либо частей механизма в устройствах различного назначения, одним из вариантов выступают зубчатые ремни. Зубчатые ремни являются хорошей альтернативой в случаях, когда использование клинового ремня или другого типа ременной передачи нецелесообразно. Ремни зубчатые обеспечивают равномерный плавный ход передачи практически без проскальзывания или рывков, при этом нагрузка на валы и подшипники механизма значительно ниже, нежели создают приводные ремни другого типа. Зубчатые ремни не чувствительны к изменению интенсивности нагрузки, то есть даже при частом переходе от максимальной нагрузки к минимальной износ ремня не усиливается. Ремни зубчатые не нуждаются в дополнительном смазывании, таким образом, при эксплуатации зубчато-ременная передача, обладая достаточно высокой надежностью и долговечностью, не требует дополнительного обслуживания. Явные преимущества, которые демонстрирует передача при помощи зубчатых ремней, делает их незаменимыми во многих механизмах как промышленного, так и бытового назначения.

Цель работы: расширить свои познания в технологии изготовления зубчатых ремней повышенной долговечности.

Актуальность работы: при эксплуатации зубчато-ременная передача, обладает достаточно высокой надежностью и долговечностью, не требует дополнительного обслуживания, соответственно, у нее широкий спектр достоинств, который предусматривает их обширную область применения.

В основу настоящей работы положено изучение следующих вопросов:

- способ изготовления зубчатых ремней литьем под давлением, его достоинства и недостатки;
- способ изготовления зубчатых ремней в диафрагменном автоклаве, его преимущества и недостатки;
- изготовление зубчатых ремней способом сборки. Армирование сборочных ремней;
- влияние на свойства ремня материала, из которого он изготовлен;
- применение конечных зубчатых ремней, которые незаменимы в системах автоматического открывания дверей.

Анализ способов изготовления зубчатых ремней позволяет сделать следующие выводы:

- при разработке новых ремней необходимо применять более жесткие спирали металлических тросов, увеличивать их количество на единицу ширины ремня;
- обеспечивать более прочную связь резины с металлотросом;
- жестче регламентировать допуски на длину спиралей;
- выполнять зубья из более твердой резины, чем массив;
- увеличивать износостойкость рабочих поверхностей;
- для более равномерного распределения нагрузки между зубьями в зацеплении следует увеличивать шаг шкива по сравнению с шагом ремня: при жестком каркасе на 0,05–0,07 мм, при каркасе из кордшнуров – в 10–15 раз;
- вместо широкого ремня лучше применять несколько узких;
- рабочую поверхность зубьев и наружную поверхность шкива необходимо тщательно обрабатывать, стремиться к увеличению радиуса закругления вершины зубьев шкива (при увеличении r от 0,1м до 0,3м долговечность увеличивается в раз).

УДК 623.1.02-592

Перспективные направления улучшения эффективности тормозных систем самоходных сельскохозяйственных машин

Комяк И.М., Мушинский А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Необходимость использования всех имеющихся средств повышения сцепных качеств в тормозном режиме объясняется сложными условиями эксплуатации самоходных сельхозмашин (работа на продольных и поперечных склонах, большие отличия сцепных свойств опорной поверхности в течение года и т. д.). Поэтому понятно повышенное внимание разработчиков и эксплуатационников к вопросам влияния типа межколесной и межосевой связей, а также систем управления на тормозные качества ходовых систем.

Следует отметить, что различные механизмы блокирования дифференциалов оказывают неодинаковое влияние на тормозную динамику и курсовую устойчивость машин. Тормозной путь сельхозмашины при блокировании межосевого привода уменьшается на 30-40% в диапазоне скоростей движения 4-10 м/с. При этом эффективность блокирования привода несколько увеличивается с уменьшением коэффициента сцепления.

На эффективность торможения самоходных сельхозмашин с трансмиссиями, содержащими гидрообъемный привод, существенное влияние оказывает система управления гидромашинами. Рациональная последовательность изменения объемов гидромашин при рабочих торможениях, снижение инерционности управления ими в случае экстренного торможения, применение механизмов синхронизации управления тормозами и гидроприводом, позволяют существенно улучшить динамику начальной фазы торможения.

Эффективность использования тормозных механизмов самоходных сельхозмашин может быть повышена применением новых фрикционных материалов, внедрением прогрессивных способов автоматического поддержания зазоров между парами трения, применением в гидростатических приводах жидкостей с улучшенными вязкостно-температурными характеристиками и низкой гигроскопичностью.

Специалистами кафедры «Детали машин, ПТМ и М» БНТУ разработан комплекс практических рекомендаций по улучшению эффективности торможения как перспективных, так и серийных самоходных сельхозмашин.

УДК 629

Исследование причин отказов и повреждений валов малой жесткости

Куранова О.В., Язлыев А.

Белорусский национальный технический университет

Валы малой жесткости являются ответственными элементами технологического оборудования, определяющими эффективность его эксплуатации. На основе изучения конструкций технологического оборудования выявлен большой класс маложестких деталей широкой номенклатуры типа «вал»: валы сплошные и полые, вытяжные валы, шпиндели, валы оригинальной конструкции и т. д. На одну машину их количество составляет несколько единиц.

В данной работе был проведен анализ отказов технологического оборудования в процессе эксплуатации. Целью работы стало на основе опыта и исследования сопрягаемых узлов и деталей решить весьма актуальную задачу – обеспечение работоспособности валов малой жесткости.

Замена вышедших из строя валов малой жесткости связана с демонтажем валов, узлов, отдельных деталей, с полной или частичной потерей работоспособности оборудования. Наибольшее число отказов

машин при этом связано с поломкой узла валов малой жесткости, в частности, в зоне их соединения. Максимально возможные величины нагрузок в соединении соответствуют режимам пуска и останова машин, и определяют характер крутильных деформаций элементов соединения.

Для анализа надежности работы соединения проведено исследование напряжений, возникающих в наиболее податливых элементах соединения на основе схемы модели. Модель получена последовательным проведением инерционных и упругих параметров реальной кинематической цепи с сохранением значений потенциальной и кинетической энергий. Модель обладает двумя степенями свободы и для ее исследования использовались уравнения Лагранжа II рода. Были получены характеристические уравнения, из которых определены собственные частоты, что позволило отнести исследуемую модель к числу высокочастотных. При определенных частотах система уравнений будет тождеством, то есть имеет множество решений и определитель этой системы позволяет найти отношения амплитуд и форму колебаний. Крутильная деформация будет оцениваться углом поворота, а максимальное значение момента, воспринимаемого соединением соответствует окружной скорости 220 мин⁻¹. Амплитудные значения скручивающего момента, воспринимаемого соединением, уменьшаются при увеличении скорости по зависимости, близкой к параболической. Цикл изменения момента соответствует собственной частоте крутильных колебаний. За время торможения машины (без учета демпфирования) соединение воспринимает до 200 крутильных колебаний, а касательные напряжения в соединении превышают допустимые.

Использование расчетной модели позволяет исследовать крутильные колебания в первом приближении. Целесообразно определение динамических усилий и колебаний, возникающих в соединении, на стадии проектирования конструктивных параметров соединения валов малой жесткости.

УДК 629

Оценка эргономических характеристик мобильных машин

Микулик Т.Н.

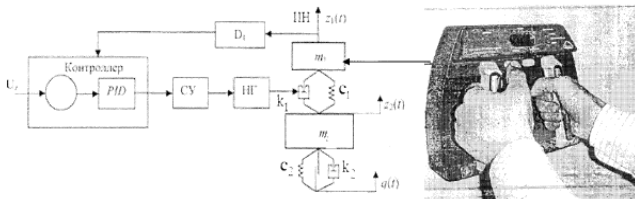
Белорусский национальный технический университет

В последнее время значительно увеличилось число дорожных происшествий (ДП) и аварий. Исследования причин этих ДП показало, что 57 % из них происходит вследствие ошибки оператора (водителя); 2,4 % – из-за технической неисправности; 4,1 % – в связи с неблагоприятными

условиями окружающей среды, а 35,9 % – в силу сочетания названных факторов.

Следовательно, важное место в обеспечении безопасности движения транспортных средств занимает человек-оператор, состояние которого зависит от условий работы, в частности, от вибронегруженности кабины и сиденья оператора. Отсюда вытекает необходимость управления системой виброзащиты.

Схема управления колебательной стемы представлена на рисунке.



$q(t)$ – возмущения дороги; c_1, c_2 – жесткость упругих элементов;
 k_1, k_2 – коэффициенты демпфирования амортизатора; $z_1(t)$ – перемещения m_1 ;
 $z_2(t)$ – перемещения m_2 ; m_1, m_2 – массы сиденья и кабины

Информационным сигналом для системы управления (СУ) являются сигналы обратной связи по индексу напряжения (ИН) оператора или виброускорению $\ddot{z}(t)$. Преобразуя эти сигналы в электрические, СУ вырабатывает сигнал управления, воздействующий на гидораспределитель (НГ), регулируя поток рабочей жидкости.

Назначение СУ – без вмешательства водителя обеспечить плавность хода. На основании измерения ИН оператора и мониторинга его физиологического состояния в процессе действий прибор, установленный на рулевом колесе, выдает показания частоты ударов пульса и сердечных сокращений. Обобщая эти показания, прибор выдает на дисплее сигналы физиологического состояния оператора с оценкой «хорошо» (зеленый цвет) – допустимое состояние оператора, «удовлетворительное» (желтый цвет) и «плохо» (красный цвет). В последнем случае необходимо сделать остановку или в работу вступает исполнительный орган.

Оценка физиологического состояния предложенным методом позволяет определить предварительные ситуации, связанные с вибронегруженностью транспортного средства, шумами, временем их воздействия в процессе управления мобильными машинами.

Конечная передача ходовых систем с упругим приводом

Николаенко В. Л., Камыш В. В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе проектирования механических систем двигатель–трансмиссия, когда установлены размеры их деталей, проводят расчет частот крутильных колебаний. При неблагоприятном расположении резонансов принимают меры для улучшения крутильной характеристики системы, т. е. изменяют крутильную систему или работу возбуждающих моментов, а также устанавливают в систему специальное устройство для гашения колебаний (демпфер).

Изменение собственных частот системы является основным видом борьбы с опасными колебаниями системы. Этого изменения можно достигнуть путем варьирования моментов инерции вращающихся масс, а также жесткостей. Как правило, утяжеление масс системы недопустимо.

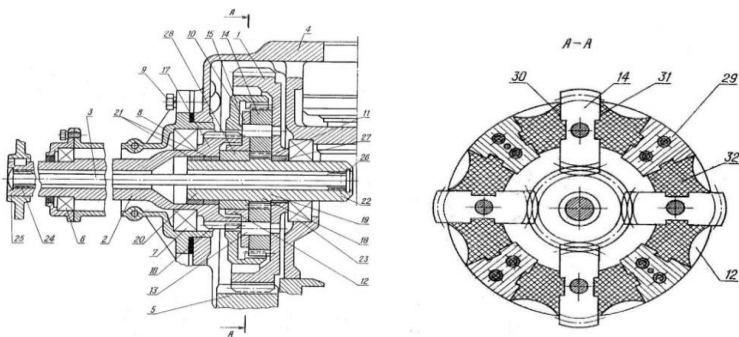
Конструктор имеет несколько большие возможности в отношении жесткостей тех участков системы, которые располагаются вне собственно двигателя.

Конструктивные доработки системы, вносимые для устранения резонанса какой-либо формы, изменяют частоты всех форм. Так как диапазон частот вращения двигателей весьма широк, то исключить все резонансы невозможно. Обычно стремятся освободить от резонансов важнейшие рабочие зоны оборотов.

Слабые резонансы, при которых напряжения не превышают допустимого уровня, могут оставаться близкими к основным рабочим режимам. При точном совпадении даже не сильных резонансных оборотов с часто используемыми режимами недопустимо непостоянство возбуждающих моментов (может усилить резонанс в эксплуатационных условиях).

Интервал между сильным резонансом, расположенным выше предельно допустимых частот вращения, и этими частотами вращения должен составлять не менее 10%, но при резонансах низких гармоник иногда требуется большой интервал.

Одним из способов устранения крутильных колебаний является установка упруго-эластичного привода. Конечная передача с упруго-эластичным приводом предназначена для значительного снижения жесткости и повышения податливости элементов трансмиссии при передаче энергии от двигателя к движителям.



Конечная передача трактора «Беларусь» с упруго-эластичным приводом

Может быть использована в приводах энергонасыщенных сельскохозяйственных машин и аналогичных тяговых средств, в которых производственный процесс сопровождается значительными динамическими нагрузками на рабочие органы

Конечная передача трактора «Беларусь» содержит ведомую шестерню 1, полулю полуось 2, торсионный вал 3, размещенные в корпусе 4 заднего моста, ведущую шестерню 5, подшипники 6, 7, установленные в рукаве 8, связываемом с корпусом 4 посредством болтов 9. Водило 10 планетарного механизма состоит из двух щек 11, 12, между которыми на осях 13 установлены сателлиты 14, при этом ведомая шестерня 1 выполнена на щеке 11. Эпициклическая шестерня 15 планетарного механизма посредством шлиц 16 связана с концом 17 полуоси 2, а солнечная шестерня 18 выполнена на двухопорном полом валу 19, один конец 20 которого на подшипнике 21 установлен в конце 17 полуоси 2, а другой 22 – на подшипнике 23 в корпусе 4 заднего моста. Торсионный вал 3 посредством шлиц 24 связан с концом 25 полуоси 2 и посредством шлиц 26 с концом 22 вала 19. Щека 11 водила 10 установлена относительно вала 19 на подшипнике 27, а щека 12 – на подшипнике 28, диаметр которого больше наружного диаметра зубьев солнечной шестерни 18.

Щеки 11 и 12 водила 10 связаны посредством перемычек 29, а сателлиты 14 снабжены срезами 30, 31, пространство между которыми заполняется эластичным материалом 32, в качестве которого может выступать, например, резина.

Работает предложенная конечная передача трактора «Беларусь» следующим образом.

В начале движения трактора крутящий момент посредством ведущей шестерни 5 и связанной с ней ведомой шестерней 1 передается к водилу 10. Так как на эпициклическую шестерню 15, связанную с полуосью 2,

действует момент сопротивления, и она остановлена, то сателлиты 14, сжимая эластичный материал 32, смещают солнечную шестерню 18, которая через вал 19 закручивает торсионный вал 3. Происходит это до тех пор, пока момент от сжатия эластичного материала 32 и закрутки торсионного вала 3 с учетом передаточного отношения планетарного механизма не превысит момента сопротивления на эпициклической 15, после чего она начинает вращаться совместно с полуосью 2, приводя в движение транспортное средство.

При увеличении момента сопротивления на полуоси 2, например при наезде колеса на препятствие, при увеличении сопротивления грунта и т. д., что вызывает увеличение сопротивления на эпициклической шестерне 15, происходит дополнительное смещение элементов планетарного механизма с дополнительной деформацией эластичного материала 32 и торсионного материала 3, что исключает ударные нагрузки на детали трансмиссии и повышает их надежность и долговечность.

При уменьшении момента сопротивления на полуоси 2, например при съезде колеса с препятствия, при попадании на почву с малым сопротивлением и т. д., происходит обратная деформация эластичного материала 32 и раскрутка торсионного вала с относительным обратным смещением элементов планетарного механизма.

Присутствующая при изменении нагрузки на полуось 2 упругая закрутка или раскрутка торсионного вала 3 вызывает колебательные процессы в планетарном механизме. Однако нагрузочная характеристика эластичного материала 32 при приеме и отдаче энергии характеризуется гистерезисом. Это способствует снижению энергии колебательных процессов и их продолжительности от упругости торсионного вала 3 при работе передачи, что уменьшает продолжительность работы планетарного механизма и снижает износы поверхностей его сопрягаемых элементов, а восприятие части ударной энергии эластичным материалом 32 разгружает торсионный вал 3, что повышает его надежность.

При постановке конечной передачи с упруго-эластичным приводом возрастает проходимость трактора по размокшей дороге, так как момент на полуосях ведущих колес нарастает плавно и стабилизируется в процессе работы. Буксование двигателей с упруго-эластичным приводом снижается на 5 – 15% в условиях сельскохозяйственного производства и уменьшается расход топлива. Применение конечной передачи в тракторе «Беларусь» снижает нагруженность на валах силовой передачи на 20–30%.

**Перспективные конструкции агрофильных ходовых систем
мобильных машин**

Скойбеда А.Т., Комяк И.М., Жуковец В.Н.
Белорусский национальный технический университет

Проблема внедрения шагающего хода в мобильной технике может быть решена путём применения шагающих движителей принципиально нового типа – шагающих колёс, использующих вращательный способ переноса опорных башмаков. Такие движители допускают переоборудование на шагающий ход серийно выпускаемых в настоящее время тракторов и сельхозмашин при сохранении ими близких к обычным скоростей передвижения, а также используют традиционную автотракторную технологию изготовления. В БНТУ создан шагающий движитель, в котором перенос отработавших опорных башмаков осуществлён с помощью сложного движения двух взаимно перпендикулярных ног, складывающегося из плоскопараллельного движения каждой ноги на двух кривошипах относительно ступицы и вращения вместе со ступицей. Башмаки, закреплённые на обоих концах каждой ноги, имеют цилиндрическую форму опорной поверхности, благодаря чему они, участвуя во вращении вместе со ступицей, перекатываются по грунту в процессе контакта с ним. Таким образом, в работе движителя органически сочетается принцип шагания (поочередный перенос башмаков вперёд с отрывом от опорной поверхности грунта) с принципом качения (прокат на каждом башмаке в процессе его контакта с опорой). Именно поэтому, а так же вследствие вращательного характера движений переноса башмаков, повышена скорость движения, снижены виброактивность и инерционные нагрузки движителя. Кроме того, благодаря вращательному движению привода, предложенный движитель может быть установлен взамен обычных колёс на серийно выпускаемых машинах без существенных доработок конструкции. Демонтируются только колёсные редукторы, функции которых будут выполнять сами механизмы шагающих колёс.

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований в дорожных и полевых условиях (увеличение тяги в 1,5–1,8 раза; способность преодолевать препятствия, непреодолимые для круглых колёс; отсутствие буксования на почвах с малой несущей способностью; уменьшение площади следов шагающего колеса на одном и том же участке пути примерно в 2 раза по сравнению с площадью колеи, оставляемой обычном колесом и др.) позволяют сделать вывод о больших потенциальных возможностях разработанного движителя.

Анализ методов эксплуатационной диагностики гидромеханических передач мобильных машин

Скойбеда А.Т., Рынкевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

В основе методологии комплексного определения технического состояния гидромеханических передач (ГМП) мобильных машин положено объединение традиционной классической диагностики, инструментальных методов получения информации, новых методов сбора, анализа и представления информации (с привлечением методов экспертных оценок), методов корреляционного и регрессионного анализа и др. Совокупность этих методов позволяет создать высокоэффективную систему диагностирования, обеспечивающую оценку фактического технического состояния ГМП, определение остаточного ресурса, исключение выхода диагностических параметров за пределы допустимых значений и прогнозирование вероятности возникновения отказов и неисправностей. Рассмотрим некоторые методы эксплуатационной диагностики, которые используются для анализа технического состояния (ТС) трансмиссий.

Методы контроля за протеканием процесса предполагают оценку погрешности срабатывания во время работы диагностируемой системы. Контролируют параметры, позволяющие обнаружить ошибки без регистрации входных и выходных сигналов. Для этого используют время срабатывания, когда можно выделить наблюдаемые специальные события, которые следуют друг за другом через определенные промежутки времени или когда операция должна заканчиваться не позднее заданного максимального времени. Время сравнивают с эталонным и делают заключение о наличии ошибки. Сущность *метода псевдодублирования* в том, что данные обрабатываются многократно, последовательно по времени, в одинаковом порядке. Данные поступают по различным путям, запоминаются и проверяются на равенство. Вместо резервной схемы предусмотрено увеличение времени обработки сигналов, что является сдерживающим фактором для вычислительных систем, для которых быстродействие – основная характеристика. Однако такой подход может быть эффективен для относительно медленных процессов в ГМП: подтверждение или отрицание диагноза получается путем многократной обработки входной информации быстродействующим процессором и сравнением результатов.

Существует метод, согласно которому выявленная ошибка записывается в память, и если при повторной проверке опять появляется ошибка, она

считается постоянной, ее код записывается в память, а устранение осуществляется во время очередного технического обслуживания.

Рассмотренные выше методы имеют ряд ограничений и недостатков и не всегда могут быть использованы для оперативной, качественной и достоверной идентификации технического состояния ГМП мобильных машин, находящихся в сложных условиях эксплуатации.

Для эффективной и оперативной автоматической оценки ТС ГМП мобильных машин различного назначения целесообразно использовать новые информационные технологии. Одной из них является технология так называемых «мягких вычислений». Автоматизация мониторинга и диагностирования, основанная на этой технологии, позволяет устранить ряд недостатков и снять ограничения, которые присущи традиционно используемым методам и классическим способам диагностирования. В процессе выполнения задания ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении» авторами был разработан метод нейронечеткой идентификации, основанный на комплексном использовании средств нечеткой логики и нейронных сетей. Создано программное обеспечение, позволяющее оперативно оценивать ТС мобильной машины в реальном масштабе времени на основании анализа изменений параметров в переходных процессах и сформулировать выводы о причинах возникновения переходных режимов работы в виде, понятном непосредственно для персонала, обслуживающего данную техническую систему. В методе нейронечеткой идентификации использованы нелинейные принципы формирования выводов, при которых моделируются рассуждения экспертов в рассматриваемой проблемной области, а информационная технология, основанная на адаптивных нейронечетких системах ANFIS (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System) позволяет автоматизировать процесс проектирования систем мониторинга и диагностики. Данный метод предполагает создание нейронечеткой модели, интерпретирующей регистрируемые численные значения контролируемых параметров, которые поступают от бортового компьютера. Преимущества метода: возможность получения и использования расширенной достоверной базы знаний; быстрота обработки информации; высокая точность получаемого технического диагноза; возможность оперативного мониторинга и диагностирования технического состояния механизмов непосредственно при эксплуатации гидрофицированной мобильной техники; возможность нормативного диагностирования на специализированных постах, станциях технического обслуживания, на автопредприятиях и в условиях автохозяйств, на горно-обогатительных предприятиях, где широко эксплуатируются карьерные автосамосвалы и погрузчики, оснащенные ГМП.

Сонич О.А., Глазкова Л. С., Тумаш В. Г.
Белорусский национальный технический университет

Самой большой и многофункциональной деталью любого легкового автомобиля является кузов. Особая конструкция кузова позволяет автомобилю выдерживать нагрузки при движении и поглощать энергию удара в случае аварии. Также эта часть машины служит основанием, на котором крепятся все функциональные детали и узлы. Для изготовления деталей в машиностроении применяются металлические и неметаллические материалы. Основным материалом для производства автомобиля является сталь.

В 1883 году Даймлер и Майбах представили свой первый двигатель и появились первые автомобили. Основным материалом для кузова служила высококачественная древесина, изредка обиваемая тонкой жстью. Время шло. Законы конкурентной борьбы диктовали свои условия. И кузов автомобиля стал предметом пристального внимания инженеров. И помимо внешнего вида начала прорисовываться задача создания удобного салона. Причем не только для пассажира, но и для водителя.

К кузову кроме общих требований к конструкции автомобиля, предъявляются специальные требования, в соответствии с которыми конструкция кузова должна обеспечивать:

- высокую активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность;
- хорошую комфортабельность, удобство посадки и высадки пассажиров, а также погрузки и выгрузки перевозимых грузов;
- малое сопротивление воздуха и хорошую обтекаемость при движении автомобиля;
- улучшение эксплуатационных свойств автомобиля, связанных и не связанных с его движением;
- долговечность, соответствующую сроку службы автомобиля;
- необходимые прочность и надежность при эксплуатации при собственной минимальной массе;
- высокую технологичность при производстве и ремонте.

Основные детали кузова изготавливают из стали, алюминиевых сплавов, пластмасс и стекла. Причем предпочтение отдается низкоуглеродистой листовой стали толщиной 0,6-2,5 мм. Это вызвано ее высокой механической прочностью, недефицитностью, способностью к глубокой вытяжке (можно получать детали сложной формы), технологичностью соединения деталей сваркой. Недостатками этого материала являются высокая плотность (кузова

получаются тяжелыми) и низкая коррозионная стойкость, требующая сложных и дорогостоящих мероприятий по защите от коррозии.

Используют алюминий при изготовлении всего кузова или его отдельных деталей – капот, двери, крышка багажника. Алюминиевые сплавы применяются в ограниченном количестве. Поскольку прочность и жесткость этих сплавов ниже, чем у стали, поэтому толщину деталей приходится увеличивать и существенного снижения массы кузова получить не удастся. Кроме того, шумоизолирующая способность алюминиевых деталей ниже, чем стальных, и требуются более сложные мероприятия для достижения акустической характеристики кузова.

Из стеклопластиков изготавливают наружные панели кузовов, что обеспечивает существенное уменьшение массы автомобиля. Из полиуретана делают подушки и спинки сидений, противоударные накладки. Сравнительно новым направлением является применение этого материала для изготовления крыльев, капотов, крышек багажника.

Попытки выпуска пластиковых элементов для автомобилей и самолётов предпринимались неоднократно, но чаще применяли композиты на базе стеклоткани в комплексе с полиэфирными или эпоксидными смолами выклеивались вручную. Для серийного автомобильного производства более всего подошел дуропласт, кузовные панели из которого выполнялись простой штамповкой.

Можно рассмотреть необычные материалы, которые могли бы заменить сталь в производстве автомобилей:

- 1) дерево;
- 2) кожа (прототип был создан братьями Странские в 1943 году и имел трубчатую раму обтянутую непромокаемым дерматином);
- 3) ткань (в 1937 году в Сан-Франциско представлен прототип, в основе которого использовали лонжеронную раму от универсала с отдельным трубчатым каркасом, обтянутым авиационной тканью – перкалью);
- 4) конопля (первым в мире автомобилем с кузовом из композитов, в котором наполнителями стали конопляное волокно и соевые бобы, стал Soybean Car («Соевый автомобиль»), сконструированный как эксперимент компанией Ford и представленный в августе 1941 года);
- 5) фарфор (компания Bugatti при содействии Королевской мануфактуры фарфора в Берлине построила единственный такой автомобиль);
- 6) биоразлагаемые материалы (машина Maasaica по заказу компании BMW, корпус которой выполнен из смеси грибов и травы, укрепленной напечатанной на 3D-принтере структурой).

Сегодня, с внедрением новых технологий (RTM-карбон, новые сорта алюминия, новые методы его соединения) и расширением перечня

моделей из необычных материалов (что приведет к снижению их стоимости), карбон и алюминий будут входить на массовый рынок автомобилей все быстрее и быстрее. Собственно, кузова можно делать из любых материалов, хоть из бумаги, только вряд ли такие машины будут долго служить и пользоваться спросом. Вероятно, со временем все чаще для производства кузовов будет использоваться углепластик, но пока сталь остается самым распространенным материалом.

УДК 629

Анализ нагруженности приводов ВОМ малогабаритных тракторов при работе с энергоемкими машинами и обоснование параметров привода и системы управления ВОМ

Статкевич А.М., Миргород Ю.С., Салькевич Я.А.
Белорусский национальный технический университет

С появлением новых форм собственности и организации труда, развитием кооперативных и арендных форм производства, созданием крестьянских, фермерских хозяйств и небольших животноводческих ферм привело к увеличению потребности в малогабаритных энергонасыщенных тракторах мощностью 40-60 л. с.

Данная работа посвящена исследованию динамических процессов, происходящих в приводе вала отбора мощности (ВОМ) при его работе с энергонасыщенными машинами. Целью работы является на основании проведенных исследований динамических процессов в приводе вала отбора мощности при его включении и разгоне рабочих органов энергонасыщенных машин обосновать параметры системы управления.

Для достижения поставленной цели важно располагать программным комплексом, который позволил бы оценивать возможность осуществления разгона тракторного агрегата и активных рабочих органов сельхозмашин. Имитационное математическое моделирование работы машино-тракторных агрегатов позволяет в краткие сроки получить характер нагрузочных режимов и обосновать выбор рациональных параметров, как отдельных конструктивных элементов, так и всего привода. Математическое описание процессов, происходящих в принятой динамической схеме, проводилось на основе уравнений Лагранжа. На основании математической модели разработан алгоритм и программа расчета оценочных параметров процесса включения муфты ВОМ и разгона рабочих органов сельхозмашин, реализованная в виде пакета программ на алгоритмическом языке ПАСКАЛЬ. Дифференциальные уравнения

движения решались методом Рунге - Кутта.

В основу настоящей работы положено изучение следующих вопросов:

- исследование и обоснование параметров процесса включения муфты вала отбора мощности при разгоне рабочих органов энергонасыщенных сельхозмашин;

- исследование влияния коэффициента запаса муфты включения вала отбора мощности на процессы, происходящие при разгоне рабочих органов энергонасыщенных сельхозмашин и обоснование его выбора;

- исследование влияния динамических параметров (моментов инерции и податливости) элементов привода ВОМ и активных рабочих органов сельхозмашин на процессы, происходящие при их разгоне;

- разработка рекомендаций по выбору динамических параметров элементов привода ВОМ и активных рабочих органов сельхозмашин, параметров процесса включения муфты ВОМ, а также ее коэффициента запаса.

Результаты математического моделирования разгона рабочих органов сельхозмашин позволяют сделать следующие рекомендации:

- для обеспечения оптимального протекания процесса разгона рабочих органов сельхозмашин рациональный темп включения муфты включения ВОМ необходимо поддерживать в пределах 300—400 Нм/с;

- коэффициент запаса муфты включения ВОМ принять в пределах 1,5- 2,0;

- податливость элементов привода до муфты включения ВОМ должна быть не менее 0,003 (1/Нм);

- податливость элементов привода после муфты включения ВОМ должна быть не более 0,3(1/Нм);

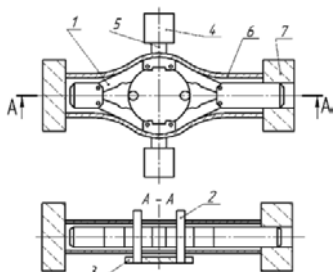
- значительное влияние на динамическую нагруженность привода оказывает момент инерции рабочих органов сельхозмашин. Наименьшие нагрузки в приводе создают сельхозмашины с моментом инерции до 1,5 кг *м².

Конструирование многозвенных штампов

Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

В области обработки металлов давлением вообще и в штамповке в частности возможности применения простых операций (вырубка, вытяжка, гибка др.) практически исчерпало свои возможности. Повысить коэффициент использования металла, качество заготовок и производительность процесса можно только за счет инструмента, позволяющего комбинировать несколько операций за один ход пресса. Такую возможность имеют многозвенные штампы.



Принципиальная схема
штампа для раздачи трубы

На рисунке представлен многозвенный штамп для штамповки заготовки балки ведущего моста автомобиля из трубчатой заготовки.

Раздача трубчатой заготовки многозвенной шарнирной оправкой осуществляется в штампе на механическом кривошипном прессе усилием 2500-6300 кН. Для штамповки используется трубчатая заготовка, в центральной части которой выполнены два овальных отверстия с противоположных сторон. Заготовку нагревают в индукторе в средней трети трубы до ковочных температур, затем помещают в штамп, состоящий из многозвенной оправки 1, двух радиальных 4, двух торцевых 7 ползушек и деформирующих ножей 2, закрепленных на подвижном основании 3.

Раздача осуществляется следующим образом. Нагретая заготовка с предварительно фрезерованными центральными отверстиями помещается на консольно-закрепленную оправку 1, затем при помощи выталкивателя пресса в центральное отверстие заготовки 6 вводятся неподвижные деформирующие ножи 2. При ходе ползуна пресса вниз торцевые ползушки 7, приводимые в движение клиньями закрепленными на верхней плите штампа, сжимают заготовку в осевом направлении. Одновременно радиальные ползушки 4, соединенные с оправкой 1 при помощи клещевых захватов, осуществляют раздачу в направлении, перпендикулярном оси заготовки. Использование такого штампа позволит отказаться от сварочных операций при изготовлении ведущих мостов.

Разработка метода проектного расчета валов по критериям сопротивления усталости

¹Капуста П.П., ²Капуста П.П.-мл.

¹Белорусский национальный технический университет

²Минский завод колесных тягачей

Расчет валов на сопротивление усталости проводят как проверочный по классическому условию $S_f \geq [S_f]$. Практика показывает, что расчетный коэффициент запаса усталостной прочности S_f , как правило, значительно отличается, чаще в большую сторону, от допускаемого $[S_f]$, что затрудняет получение оптимальных массогабаритных параметров валов, конструируемых на них узлов и агрегатов. Для усовершенствования существующей методики, проектный расчет проводится с учетом современных технологий виртуального моделирования и количественного обоснования компоновочных решений деталей, в три этапа. Первый, применяемый на стадии анализа кинематических схем, предусматривает приближенную оценку диаметра вала по известному крутящему моменту M_k в рассчитываемом сечении и пониженным допускаемым касательным напряжениям при кручении $[\tau_k]$. Второй, применяемый на стадии анализа предварительных компоновочных решений и схем, предусматривает приближенную оценку диаметра вала по известному эквивалентному моменту M_E и эквивалентным допускаемым нормальным напряжениям при совместном действии изгиба и кручения $[\sigma_E]$. Третий этап состоит в проектном уточнении диаметра вала $[D]$, решением неравенства $S_f = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S_f]$, авторами предложено уравнение вида $D = f([S]^2, M_u, M_k, \sigma_{-1}, \tau_{-1}, K_{\sigma D}, K_{\sigma d}, K_{L\sigma}, K_{L\tau}, \psi_\tau)$ для проектного вычисления диаметра вала по критерию сопротивления усталости с учетом наиболее значимых факторов (M_u - суммарный изгибающий момент; $\sigma_{-1}, \tau_{-1}, K_{\sigma D}, K_{\sigma d}, K_{L\sigma}, K_{L\tau}$ - соответственно, пределы выносливости, коэффициенты их снижения и долговечности при действии нормальных изгибных и касательных крутящих напряжениях, а ψ_σ и ψ_τ - коэффициенты чувствительности материала к асимметрии циклов напряжений), для применения в конструкторской практике разработаны соответствующие базы данных по параметрам, алгоритм и программа для ПЭВМ, что позволяет автоматизировать расчет на стадии проектирования и интегрировать разработанный метод в САПР.

Постановка задачи конструкторско-технологического обеспечения качества колесных машин на стадиях сборки и цеховых испытаний

¹Скойбеда А.Т., ¹Капуста П.П., ²Капуста П.П.-мл.

¹Белорусский национальный технический университет

²Минский завод колесных тягачей

Опыт эксплуатации колесных машин, анализ видов и интенсивности отказов, потребности в запасных частях, расходных материалах, структуры, состава технического обслуживания и ремонта показал наличие, в своем роде, типичных причин этих явлений, что влияет на качество, надежность и конкурентоспособность производимой мобильной техники. Авторами проведены предварительные исследования причинно-следственных качественных связей основных показателей надежности на всех стадиях жизненного цикла колесной машины: стадия формулирования технического задания на проектирование (состоит во всестороннем анализе современного состоянии данной области машиностроения, проведении анализа конструкций и технологий производства аналогов и выборе прототипа для проектирования); стадия проектирования конструкции; стадия проектирования технологии производства и выбора оборудования; стадия производства деталей, сборочных единиц узлов и агрегатов (включает их выбор у сторонних производителей); стадия производства (изготовление деталей и сборка): основных несущих систем шасси (рамы, ведущие мосты, оси и др.; основных узлов трансмиссии (коробки передач и другие механизмы распределения мощности), колеса, кабины, платформы и другие элементы); сборка колесных машин; цеховые испытания; полигонные испытания; подконтрольный или массовый мониторинг технического состояния в эксплуатации с электронной регистрацией реальных нагрузочных и скоростных режимов, отказов и расхода запасных частей для технического обслуживания в течение, как гарантийного, так и проектного срока эксплуатации (кроме того, организации-разработчику и производителю полезно продолжать указанный мониторинг и после выработки срока эксплуатации с целью назначения мероприятий по оптимизации массогабаритных характеристик при одновременном, в случае необходимости, увеличении срока службы с обеспечением требуемой надежности, особенно - для обеспечения техногенной безопасности, как при возможном превышении сроков эксплуатации, так и на этапе утилизации машин). В результате проведенных исследований, показана определяющая значимость и сформулирована постановка задачи конструкторско-технологического обеспечения качества колесных машин на стадиях сборки и цеховых испытаний, главным принципом решения которой является адаптивное взаимодействие служб.

Механика материалов и конструкций

Упрощенная методика расчета системы стержней на прочность при осевом растяжении, сжатии

Дудяк А.И., Дикан Ж.Г., Дерван В.С., Гринцевич В.В
Белорусский национальный технический университет

В последнее время весьма широко используются композиционные материалы. Основу материала армируют большим количеством стержней из другого материала, свойства которых отличаются от основного материала по физико-механическим характеристикам. Примером такого композиционного материала могут служить железобетонные балки, автопокрышки и многие другие.

При решении задач о прочности и жёсткости при осевом растяжении/сжатии приходится пользоваться классическими формулами из курса сопротивления материалов. Для конструкции, выполненной из композиционного материала, применение таких формул приводит к громоздким расчетам. Была поставлена цель найти упрощенную методику расчета системы стержней на прочность при осевом растяжении/сжатии.

Растяжение или сжатие стержня вызывается силами, действующими вдоль его оси. В этом случае в поперечных сечениях стержня из шести внутренних силовых факторов возникает только один – продольная (осевая) сила N . Осевая сила в сечении является равнодействующей возникающих в каждой из точек сечения нормальных напряжений. Отсутствие поперечных сил дает основание предположить, что касательные напряжения в каждой точке поперечного сечения равны нулю. При наблюдении деформаций растяжения стержня, на поверхности которого нанесены линии, перпендикулярные к оси бруса, можно отметить, что эти линии, смещаясь параллельно самим себе, остаются прямыми и перпендикулярными к оси бруса. Предполагая, что указанная картина перемещения сечений имеет место и внутри стержня, приходим к гипотезе плоских сечений: поперечные сечения стержня, плоские до деформации, остаются плоскими и после нее, перемещаясь поступательно вдоль оси стержня. На основании гипотезы плоских сечений следует заключить, что все волокна удлиняются на одну и ту же величину, и их относительные удлинения ϵ одинаковы по всему сечению. Физическая сторона рассматриваемой задачи заключается в установлении зависимости деформаций от напряжений.

Объединяя для решения геометрическую и физическую стороны задачи было получено окончательное выражение, позволяющие значительно упростить расчеты на прочность при осевом растяжении-сжатии таких сложных композиционных систем.

Механическое поведение фторопласта-4 и обоснование выбора расчетной модели

Вершина Г.А., Реут Л.Е.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время широкое применение в самых различных отраслях народного хозяйства и промышленности приобретает полимерный материал политетрафторэтилен (фторопласт-4), известный первоначально под названием «тефлон». Обладая целым рядом уникальных свойств (химическая инертность к любым агрессивным средам, проявляемая до $+300^{\circ}\text{C}$, самый низкий среди всех полимеров коэффициент трения, высокая термостойкость и отличные диэлектрические и механические свойства, сохраняемые в диапазоне температур от -269°C до $+260^{\circ}\text{C}$, а также физиологическая и биологическая безвредность), фторопласт-4 является ценным конструкционным материалом в электротехнической и химической промышленности, в приборостроении, машиностроении, авиации, космической технике, в нефтегазовой отрасли и атомной энергетике, а также в медицине, легкой и пищевой промышленности.

Работа посвящена анализу деформационного поведения фторопласта в условиях силового воздействия и изучению возможности получения фторопластовых изделий методом холодного формоизменения заготовок без последующих операций нагрева и термофиксации размеров.

На основании многочисленных исследований, проводимых по изучению полимера в различных лабораториях, авторами предпринята попытка создания механической модели фторопласта и обоснования возможности применения к расчету фторопластовых изделий подходов и методов, разработанных для низкомолекулярных материалов. В работе рассматривается технологический процесс изготовления разрезных фторопластовых колец и изучается возможность создания теоретической базы для разработки и расчета инструмента, позволяющего при холодном деформировании получать изделия требуемых размеров и формы. На основании обобщения и анализа результатов исследований относительно строения фторопласта, изменения его структуры при силовом воздействии и характера возникающих деформаций авторами обоснована и доказана возможность принятия для полимера модели твердого кристаллического тела и применения к математическому описанию его деформационного поведения при нагружении подходов и расчетных методик, разработанных для классических низкомолекулярных материалов в механике твердых деформируемых сред.

Определение деформаций и исследование жесткости в ступенчатых балках

Реут Л.Е., Кардович Н.Б.

Белорусский национальный технический университет

Идеальной формой элемента, работающего на изгиб, является балка равного сопротивления, которая обладает целым рядом преимуществ по сравнению с элементами, имеющими постоянную жесткость. Такие балки имеют меньший вес, они равнопрочны по всей длине и обладают высокой деформируемостью, что делает их незаменимыми и наиболее рациональными элементами, к которым предъявляются повышенные требования гибкости и податливости. Однако для выполнения условия равенства напряжений по всей длине балка равного сопротивления должна иметь форму, строго изменяющуюся по заданному закону, что представляет трудности при ее изготовлении. Поэтому на практике прибегают к приближенной форме балки равного сопротивления в виде ступенчатого стержня, обладающего близкими свойствами – меньшим весом и большей деформируемостью, но при этом более простого и технологичного в изготовлении.

Исследование прочности в ступенчатых балках производится на основании классической теории изгиба, однако с учетом особенностей, связанных, например, с искривлением сечений, нарушением линейности распределения напряжений по высоте сечения, наличием концентрации напряжений и т.д. Такие же особенности возникают и при определении деформаций в ступенчатых стержнях, что связано с изменяющейся по длине жесткостью и требует в отличие от балок постоянного сечения несколько иного подхода при вычислении прогибов и углов поворота. Для определения деформаций в ступенчатых балках также используется метод начальных параметров, однако методика составления уравнений прогибов и углов поворота, принятая для балок постоянной жесткости, для балок переменного сечения недопустима.

В работе рассматривается возможность применения метода начальных параметров для ступенчатых балок путем их преобразования и приведения по деформациям к виду, эквивалентному балке постоянного сечения. Для этого в расчет вводится коэффициент приведения, с помощью которого балка приводится к одинаковой по длине жесткости, а все силы (внешние и внутренние) – к соответствующим значениям. В результате изогнутая ось приведенной балки будет полностью соответствовать форме изогнутой оси исходной ступенчатой балки.

Полосы сдвига - источники теплообразования в конструкционных материалах

Мойсейчик А.Е.

Белорусский национальный технический университет

В ряде работ показано, что нагревание твердого тела происходит при пластическом деформировании материала. Этот процесс физически объясняется перемещениями, генерацией и уничтожением дислокаций. Развитие деформаций в конструкционных материалах происходит «прерывно». Приведенные на рис. 1,а – д фотографии, заимствованные из, подтверждают «прерывность» деформирования материалов. Одни «мезообъемы» смещаются относительно других за счет сдвигов, поворотов. Выявляемый фотографиями рисунка 1 механизм деформирования стержней на растяжение, сжатие, изгиб существенно отличается от модельных представлений, принятых в механике твердого деформируемого тела.

Выделение тепла происходит неодинаково по деформируемому объему: областями его локализации являются полосы сдвига в металле. Температура в полосах сдвига по данным разных авторов, достигает 500-800 °С. При этом нужно иметь в виду, что такую температуру на поверхности конструкционных материалов можно зафиксировать только в ударных процессах. При испытании образцов на ударную вязкость на копре МК-30 локальный разогрев в вершине надреза образца составляет сотни градусов (800-1000°С для сплава ВТ-8 и 100°С для стали У8); при малых скоростях нагружения вспышки температуры составляют 25-52°С. При квазистатическом деформировании тепло, образующееся в полосах скольжения, успевает распределиться на смежные более холодные упруго нагруженные объемы материала, находящиеся между полосами сдвига (см. рис. 1,б). Вследствие кондуктивного теплообмена между «горячими» полосами сдвига и «холодными» зонами упруго напряженного материала средняя температура деформированного объема и поверхности будет намного меньше первоначальной температуры полос сдвига.

При анализе факторов, влияющих на пластичность и разрушение конструкционных металлов, поэтому следует учитывать их деформационный разогрев-охлаждение и реальный механизм деформирования. С повышением температуры увеличивается энергия теплового движения атомов и создаются условия для активизации механизмов пластической деформации с проявлением диффузионной природы. С ростом температуры проявляются разупрочняющие материал процессы, вступают в действие новые плоскости сдвига, увеличивается число возможных направлений скольжения,

уменьшается влияние неоднородной ориентировки на повышение сопротивления деформированию и увеличивается пластичность.

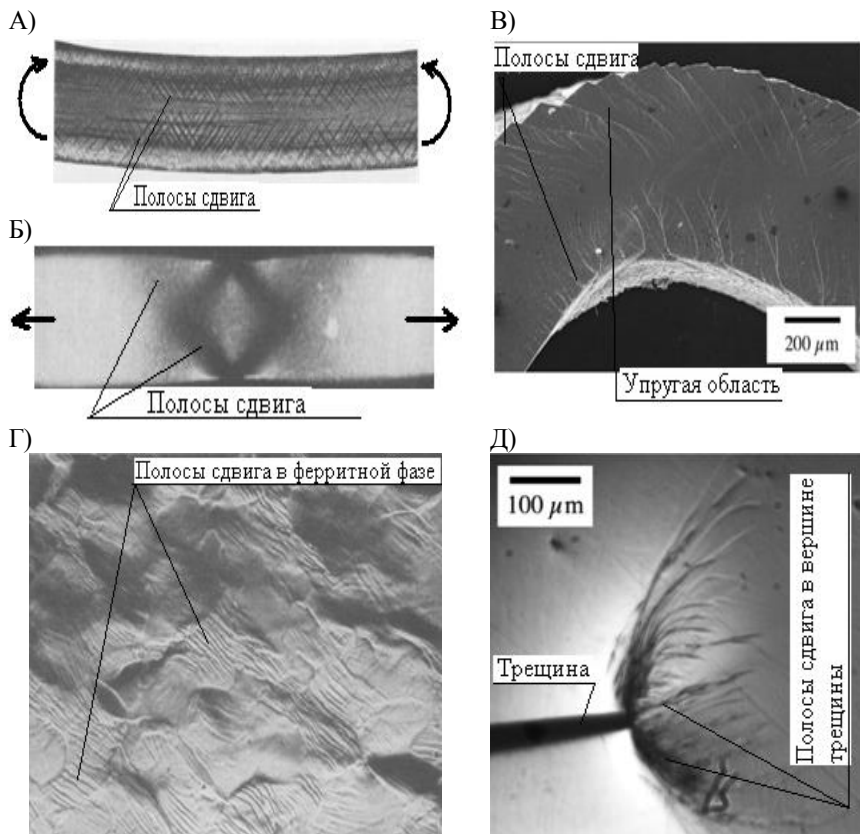


Рис 1. Развитие деформаций в конструкционных материалах

Мойсейчик А.Е.

Белорусский национальный технический университет

На основании исследований лорда Кельвина, Био, экспериментов Надаи зависимость между изменениями температуры материала ΔT и компонентами напряженно-деформированного состояния $(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij})$ можно для адиабатических условий представить уравнением

$$\Delta T = \frac{T}{\rho C_\varepsilon} \sum_{ij} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial T} \varepsilon_{ij} + \frac{Q}{\rho C_\varepsilon}, \quad (1)$$

$$ij = 1, 2, 3$$

где ρ – плотность, C_ε – теплоемкость материала при температуре T . Частные производные в (1) вычисляются с помощью уравнений, связывающих напряжения, деформации и температуру в изотропном упругом теле. Для адиабатических условий, когда $Q=0$, это уравнение сводится к виду

$$\Delta T = \frac{E \alpha_L T}{\rho C_\varepsilon (1 - 2\nu)} \sum_{i=1,2,3} \varepsilon_{ii}, \quad (2)$$

где $\sum_{i=1,2,3} \varepsilon_{ii}$ – сумма изменений трех линейных деформаций, E – модуль упругости, ν – коэффициент Пуассона, α_L – температурный коэффициент расширения материала при температуре T . Учитывая связь между C_ε и C_p (удельные тепловыделения при постоянных деформации и давлении) и выражая линейные деформации через нормальные напряжения, уравнение (2) можно записать в виде

$$\Delta T = -\frac{\alpha_L}{\rho C_p} T \sum_{i=1,2,3} \sigma_{ii} \quad (3)$$

Обозначая $K_m = \alpha_L / (\rho C_p)$ это уравнение можно представить выражением:

$$\Delta T = -K_m T \Delta \sigma \quad (4)$$

Для нелегированных и слаболегированных сталей при температуре $T=293\text{K}$ имеем $K_m = 3,09 \cdot 10^{-12} \text{ Па}^{-1}$, для высоколегированных сталей – $K_m = 4,36 \cdot 10^{-12} \text{ Па}^{-1}$. Из формулы (4) следует, что при растяжении твердых тел в упругой стадии они охлаждаются, а при сжатии - нагреваются. Эксперименты показали, что такое охлаждение может составлять для сталей до $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Величину охлаждения-нагрева (ΔT) при упругом деформировании твердых тел в первом приближении можно определить, допуская, что изменение объема тела ΔV_m достигается при механическом деформировании тела и его нагреве-охлаждении ($\Delta V_{\Delta T}$). Из равенства этих величин находится величина нагрева-охлаждения упруго деформируемого тела:

$$\Delta V_m = \Delta V_{\Delta T} = V_0 \cdot \varepsilon (1 - 2\mu) = 3 \cdot \alpha V_0 \Delta T, \quad (5)$$

где ε , μ , α – соответственно, величина относительной деформации, коэффициенты Пуассона, теплового расширения. Из (5) получаем

$$\Delta T = - \varepsilon (1 - 2\mu) / 3\alpha. \quad (6)$$

Принимая для стали $\mu = 0.25 - 0.32$, $\varepsilon = 0.002$, $\alpha = 12 \times 10^{-6}$, получаем по упрощенной зависимости (6) $\Delta T = (0.2 - 0.28) \text{ }^\circ\text{C}$.

УДК 621.762.4

Распределение нормальных напряжений в продольных сечениях балки при изгибе.

Дудяк А.И., Дикан Ж.Г., Еремеев Д.Н., Голубев И.А.
Белорусский национальный технический университет

При плоском поперечном изгибе балки, вызванном действием сосредоточенной силы, в поперечном сечении возникают нормальные напряжения. Была поставлена цель доказать возникновение нормальных напряжений в результате надавливания волокон друг на друга.

Из курсов «Сопротивление материалов» и «Теория упругости» известно, что при таком изгибе в поперечных сечениях бруса возникают только нормальные напряжения в поперечном направлении, а в перпендикулярном поперечному направлению они отсутствуют.

Была рассмотрена двух опорная балка прямоугольного сечения, нагруженная сосредоточенной силой посередине пролета.

Проведя ряд математических расчетов, было получено окончательное уравнение для определения нормальных напряжений в поперечных сечениях балки, вызванных надавливанием горизонтальных слоев балки при поперечном изгибе.

Разработка месторождений полезных ископаемых

**Информационное обеспечение процессов принятия решений
при управлении технологическими процессами**

Гец А.К., Николаеня С.В., Потапов А.Н.
Белорусский национальный технический университет

Оптимальность принимаемых решений в управлении горными выработками во многом зависит от объёма и состава информации, вводимой в систему на различных этапах принятия решений.

Под объёмом информации мы будем понимать совокупность данных о параметрах (количественных характеристиках) технологического процесса, описывающих динамику его течения в пространстве и времени

Под составом информации – качественные характеристики, описывающие последовательность и вид операций и этапов процесса. При выработке управляющих воздействий на технологический процесс, скорость и качество принимаемых решений зависит и от объёма, и от состава информации, собранной на момент принятия решений.

Обрабатываемую информацию можно разделить на два типа:

1) информация, вводимая автоматически (учёт объёма добычи, потребления электроэнергии, времени работы, табельный учёт);

2) информация, вводимая вручную (направление развития горных работ, работоспособности оборудования и время вывода его из ремонтов, причина неработоспособности забоя и т. д.).

Эти два типа могут иметь оперативный и справочный характер.

Под оперативной - будем понимать информацию, которая обязательно изменяется перед каждым процессом её обработки.

Под справочной – информацию, которая редко или совсем не изменяется в процессе её обработки и хранения.

Оперативной является вся информация, вводимая автоматически и частично вручную.

Справочной – информация о горно-геологических условиях забоев, технических характеристиках и составе оборудования, объёмах, расстояниях, скоростях перемещения оборудования и т. д.

Информационные массивы, передаваемые в базу данных системы управления, сопровождаются, как правило, идентификаторами, служащими для опознания принадлежности массива для какой-то задачи. Он же служит ключом для вызова обрабатывающей программы.

Описание работы добычного забоя лавы, оборудованного комплексом с комбайном СЛ-300 (односторонняя схема с «косым» заездом)

Гец А.К., Омшарук А.С., Кудравец А.А., Пышник А.В., Щербаченя И.Г.
Белорусский национальный технический университет

Основываясь на методе вентильных преобразований ресурсов, как на метод качественного и количественного представления обособленных процессов технологического цикла добычи полезного ископаемого, рассмотрим работу добычного комплекса (очистной комбайна СЛ-300, гидромеханизированная крепь и скребковый изгибающийся конвейер) с помощью вентильных схем преобразования ресурсов.

Основной цикл работы комбайна состоит из операций: зарубка «косым заездом», валовая выемка и перегон. Этот цикл начинается с зарубки «косым заездом» с вентиляционного штрека в направлении конвейерного штрека. Вслед за операцией зарубки осуществляется операция выемки горной массы. Эта операция описывает выемку комбайном горной массы по всей длине лавы. Далее идет операция перегона комбайна – его возвращение в положение, с которого будет происходить следующая операция зарубки для выполнения нового цикла и т. д. Тогда же производится подготовка комбайна к новому циклу. Далее операции повторяются.

Одновременно с основным циклом выполняются необходимые влияющие (вспомогательные) циклы, которые обеспечивают и поддерживают работоспособность основных циклов.

После зарубки или во время неё выполняется ряд вспомогательных процессов: зачистка конвейерного штрека, передвижка крепи сопряжения на конвейерном штреке, зачистка вентиляционного штрека с передвижкой крепи сопряжения. Вслед за перегонком комбайна осуществляется передвижка забойного конвейера и секций крепи в лаве.

Необходимым условием процесса добычи в лаве является наличие запасов полезного ископаемого. Поэтому в процессе планирования работы лавы необходимо производить подсчет оставшихся запасов полезного ископаемого в отрабатываемом столбе. Учет оставшихся запасов осуществляется исходя из производительности очистного комбайна.

Способы утилизации отходов при добыче калийной руды и их использование в хозяйстве

Ковалёва И.М., Иокша В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Добыча калийного сырья и его переработка сопряжена с серьёзными экологическими рисками, где основная проблема – огромное количество отходов. На сегодняшний день основными способами утилизации отходов калийного производства являются:

- складирование галита в терриконах на дневной поверхности;
- закладка твёрдых отходов в выработанное пространство;
- закачка отработанных щелоков в геологические формации;
- сброс отходов в поверхностные воды (реки и моря).

Выше перечисленные способы утилизации приводят к серьёзным экологическим проблемам: нерациональное использование пахотных и пастбищных земель, заболачивание территорий; загрязнение отработанными рассолами в больших количествах естественных пресных, материковых водоемов и водотоков; подтопления и просадка населенных пунктов, что приводит к угрозе жизни и собственности людей; загрязнение атмосферы вредными газами и пылеаэрозолями, проникновения слабоминерализованных рассолов и пресных вод в выработки; значительные изменения биохимических показателей растений, произрастающих в зоне солеотвалов.

Специалистами со всего мира разработаны технические решения по уменьшению пагубного влияния добычи калийного сырья на окружающую среду, а именно: локализация участков подземных выработок, где возможны притоки рассолов и слабоминерализованных вод и, тем самым, предотвращение затопление рудников, использование солнечных прудов для выпарки солей (в странах с засушливым климатом), упаривание рассолов в вакуум-выпарных аппаратах, использование отработанных шламохранилищ в качестве основания расширяемых солеотвалов, внедрение новых технологических схем складирования отходов (пневматический метод закладки), использование шламовых отходов в производстве новых форм удобрений и мелиорантов, очистка водных сред от ^{137}Cs , а также для устройства противодиффузионных экранов на полигонах захоронений твердых коммунальных отходов.

С 2016 года на предприятии ОАО «Беларуськалий» используют отходы обогащения для создания барьеров от лесных пожаров и лесных автомобильных дорог.

Метод биологического выщелачивания при добыче и переработке медных руд

Ковалёва И.М., Уласевич Р.

Белорусский национальный технический университет

В результате переработки отходы горно-обогатительного и металлургического производства, включающие отвалы бедных руд, хвосты обогащения шлаки и шламы металлургического производства, а так же промышленные стоки привлекают все большее внимание в качестве потенциального сырья для извлечения металлов. Одним из перспективных направлений разработок в этой области могут стать биотехнологические решения проблемы. Применение биологической технологии дает хорошие результаты на лежалых отвалах сульфидных отходов позволяет работать с любыми объемами отходов, использовать простое (сезонное орошение куч) или более сложное (для работы в любые сезоны) оборудование.

Биологическое выщелачивание — процесс избирательного растворения минералов в водной среде в присутствии микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности для извлечения металлов (Cu, U, Au, Mn и др.) из отвалов, бедных забалансовых руд, для удаления вредных примесей (As) и селективного разделения продуктов и концентратов, полученных из руднообогатимого и комплексного минерального сырья.

Основой биологического выщелачивания являются микроорганизмы способные к избирательному извлечению металлов из рудных пород или их отвалов от видовых особенностей и стабильности свойств, которых будет зависеть, в конечном счете, эффективность переработки отходов. В результате биологического окисления микроорганизмами сульфидов меди и цинка минералов сфалерита и халькопирита образуются сульфаты меди, цинка и железа, которые легко переходят в кислый раствор и могут быть извлечены из него общепринятыми способами.

Внедрение биологического выщелачивания, как и других гидрометаллургических способов добычи металлов, имеет большое экономическое значение. Расширяются сырьевые ресурсы за счёт использования бедных и потерянных в недрах руд, обеспечивает комплексное и более полное использование минерального сырья, повышает культуру производства, не требует создания сложных горнодобывающих комплексов, благоприятно для охраны окружающей среды. В промышленных масштабах биологическое выщелачивание применяется для извлечения металлов из забалансовых руд в США, Перу, Испании, Португалии, Мексике, Австралии, Югославии и других странах.

Уточнение границ современного распространения девонских отложений на территории северо-западной Украины в пределах Вольнской моноклинали по данным изучения ихтиофауны

Плакс Д.П., Григоревич А.К.

Белорусский национальный технический университет

Остатки позвоночных, происходящие из девонских отложений достаточно хорошо позволяют производить их дробное расчленение и корреляцию, что в свою очередь дает возможность на геологических картах уточнять границы современного распространения отдельных стратиграфических подразделений этих отложений. Проведенное в 2011 г. палеоихтиологическое изучение девонских отложений (Плакс, 2011), вскрытых буровыми скважинами № 6624, 6629, 6630, 6632 на территории северо-западной части Украины в пределах Вольнской моноклинали, привлечение ранее известных сведений по девонским позвоночным в пределах вышеназванной тектонической структуры и данных по давно пробуренным скважинам (Стратиграфия УРСР, 1974; Каратаюте-Талимаа, 1978; Дрыгант, 2000 и др.), а также анализ геолого-геофизических материалов по скважинам № 6607, 6615, 6616, 6618, 6622, 6623, 6625, 6626, 6628 и др., пробуренных в этом районе исследований Ковельской геологической партией более восьми лет назад, позволило произвести детальное расчленение девонских отложений и обосновать выделение региональных и местных стратиграфических подразделений нижнего девона (лохковского яруса), среднего девона (эйфельского и живетского ярусов) и верхнего девона (франского и фаменского ярусов), а также произвести уточнение границ современного распространения некоторых из них, а именно, борщовского и чортковского горизонтов лохковского яруса, великомостовской подсвиты нижней части лопушанской свиты эйфельского яруса и западнобугской свиты фаменского яруса. Так, граница современного распространения борщовского и чортковского горизонтов лохковского яруса на домезозойской геологической карте была уточнена в приграничном районе с Республикой Беларусь и в районе г. Луцка. Контур распространения отложений великомостовской подсвиты был уточнен севернее и восточнее г. Луцка. Рисовка границы современного распространения пород этой подсвиты на новой домезозойской геологической карте северо-западной части Украины отличается от изображенной автором. И наконец, на геологической карте уточнен контур распространения современных отложений западнобугской свиты. Сейчас эта граница изображена точнее из-за привлечения нового фактического материала.

First findings of the redeposited Silurian ichthyofauna in the Quaternary deposits of Belarus

¹Plax D.P. & ²Zaika Yu.V

¹Belarusian National Technical University

²Unitary Enterprise “Geoservice” Belarus, Minsk

Until recently nothing reliable has been known about findings of the redeposited skeletal elements of the Silurian ichthyofauna found in the Quaternary deposits on the territory of Belarus. These findings are the first. Before that there were known only the findings of redeposited skeletal remains of the Devonian vertebrates found mainly in fluvio-glacial deposits of the Quaternary system on the territory of Minsk region. Detailed description of this ichthyofaunistic material was presented in the paper published by Plax D.P. (Plax, 2014), which provided information on the taxonomic composition of ichthyofauna, the diversity of its skeletal remains and the relative age of the rocks enclosing these remains and the types of their redeposition.

In this report we present information about the location of the quarry where the redeposited rock containing skeletal elements of the Silurian fish fauna was discovered; we cite the systematic composition of the vertebrates as well as give a brief description of the rock in which these were found, and its relative age.

The rock containing the remains of the Silurian ichthyofauna is light grey, cryptocrystalline, dense, massive, quite hard, rounded, basically small detrital, weakly clayey organogenic limestone which was found in the sandy quarry «Mazury» located near the town of Fanipol (Dzerzhinsk district, Minsk region). In this sample of organogenic limestone, after its dissolution, there were found rather abundant valves of ostracodes, calcareous tubes of worms, segments of crinoids, separate fragments of shells of brachiopods, single conodonts, about a dozen of discrete thelodont scales of *Thelodus parvidens* Agassiz, *T. cf. sculptilis* Gross, *T. admirabilis* Märss, large number of isolated acanthodian scales of *Nostolepis* sp., *N. striata* Pander, *Gomphonchus* sp., *G. sandelensis* Pander, *G. volborthi* ? (Rohon), *Gomphonchoporus hoppei* (Gross), *Acanthodii* gen. et sp. indet. and four Nostolepid stellate tesseræ, as well as two scales of Chondrichthyes indet. According to the ichthyofauna contained in the organogenic limestone, one can draw the conclusion that this rock belongs to the Late Silurian, namely, Late Ludfordian age. The similar vertebrate assemblage is known from the Kuressaare Regional Stage of the Ludfordian Stage of the Ludlowian Series of the Upper Silurian of Estonia (Märss, 2013).

**Прогнозные значения физико-механических характеристик
складируемых солеотходов**

Кологривко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Физико-механические характеристики солеотходов Усольского калийного комбината (УКК) не определены в силу объективных обстоятельств лабораторными и полевыми инженерно-геологическими исследованиями.

Рекомендуем принимать их прогнозными, полученными на основе теоретического изучения значений физико-механических характеристик складируемых сухим способом и гидронамывом солеотходов, основанного на аналитическом обобщении признанных результатов теоретических и экспериментальных исследований инженерно-геологических свойств аналогичных солеотходов Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и Старобинского месторождений калийных солей.

Анализ и обобщение результатов исследований водно-физических и физико-механических свойств твердых галитовых отходов, инженерно-геологических процессов в солеотвалах с момента складирования солеотходов до их консолидации, особенностей получения галитовыми отходами новых свойств при высотном складировании позволяет представить прогнозные физико-механические свойства солеотходов УКК, складируемых в солеотвал, которые на современной стадии изученности могут быть использованы при проектировании солеотвала УКК с количеством солеотходов при флотационном методе обогащения 7500-15000 тыс.т/год в зависимости от мощности рудника с годовым режимом его работы 320 суток, принимая во внимание расчетную скорость отсыпки солеотвала по высоте 20 м/год и возраст солеотвала при высоте 100 м составляет 5 лет. Принимая во внимание отсутствие в теле солеотвала четких границ зон уплотнения связанных, прежде всего, с процессами дегидратации, консолидации, денудации считаем целесообразным варьировать минимальными значениями угла внутреннего трения и максимальными параметрами сцепления.

Так, сопоставляя значения физико-механических характеристик солеотходов интерполяцией и экстраполяцией, следует принять для случая непрерывного формирования солеотвала УКК высотой от 0 до 10 м – угол внутреннего трения от 60° (максимальное значение) до 37° (минимальное значение), сцепление 0-0,09 МПа; до 20 м соответственно – 38-36° и 0,09-0,2 МПа; до 50 м – 36-34° и 0,2-1,0 МПа; до 100 м – 36-34° и 0,-1,0 МПа.

Минералогический и химический состав солеотходов, получаемых при флотационном обогащении

Кологривко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Солеотходы, складываемые в солеотвалы, представляют рыхлую трехфазную систему, состоящую из смеси твердых минеральных частиц, насыщенных рассолов и различного рода газов.

Минералогический и химический составы солеотходов являются полиминеральным и в целом определяются минералами галопелитов, входящими в состав руды, которая подвергается флотационному методу обогащения. Кроме минералов пустой породы в солеотходы (хвосты обогащения) попадает и некоторое количество полезной породы. В связи с тем, что галопелиты калийных месторождений сложены в основном NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCl_2 , CaSO_4 и MgSO_4 , алюмосиликатным глинистым материалами, минералогический состав хвостов обогащения на месторождениях незначительно отличается по качественному и количественному составу. Структура минералов – кристаллически-зернистая. Размеры зерен – преимущественно средние и крупные. Величина зерен в зависимости от степени дробления изменяется от нескольких до тысячных долей миллиметра. Форма их связана с происходящими деформациями в процессе обогащения, что предопределяет своеобразие их физико-механических свойств, отличных от свойств других несвязных пород.

Анализ изучения химического состава солеотходов при флотационном методе обогащения показывает, что преобладающую роль в них играет NaCl с небольшими примесями сильвина и других солей и нерастворимого остатка (н.о.), представленного преимущественно глинистой фракцией, в составе которой содержатся в основном гидрослюды, хлориты и иногда смешаннослойные образования хлорит-монтмориллонитового и хлорит-вермикулитового типов. Анализ изучения минералогического состава солеотходов для условий Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей и Старобинского месторождений калийных солей, в значительной мере определяемый составом исходной руды и флотационным методом обогащения, показывает, что для условий Старобинского месторождения наблюдается повышенное содержание н.о., обусловленное присутствием в руде галопелитов и имеющее глинистую составляющую, что при определенных условиях, может способствовать устойчивости солеотвалов. По основной же части солеотходов (NaCl) принципиальных отклонений не прослеживается.

Рациональность современных технологических схем при столбовой системе отработки на Старобинском месторождении

Пилат О.И., Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Важной проблемой в горной промышленности в настоящее время являются потери полезного ископаемого. Статистика и данные исследований показывают, что ресурсы технического перевооружения во многом исчерпаны и нуждаются в доработке. Без изменения технологических схем добычи добиться значительного улучшения технико-экономических показателей работы отечественной калийной отрасли сложно. Очень важно добиться максимально возможного уменьшения потерь запасов подготовленных к выемке, с сохранением безопасных условий труда. На данный момент на этапе подготовки столба технология добычи без сохранения оптимальных условий безопасности не может существенно изменена. Но в настоящее время при очистной выемке является возможным сократить потери полезного ископаемого путем захвата ранее не обрабатываемых зон лав.

Предприятие ОАО «Беларуськалий», эксплуатирующее Старобинское месторождение калийных солей, проводит в основном выемку полезного ископаемого с применением системы отработки длинными столбами. Основные запасы, теряемые при отработке панели находятся в целиках безопасности, и в процентном соотношении составляют около 20% запасов в пределах выемочного участка и безвозвратно теряются в выработанном пространстве при оставлении целиков. Столбовая система разработки имеет несколько разновидностей: длинными столбами, вытянутыми по простиранию пласта или по падению, и короткими столбами квадратизированной формы. В свою очередь система разработки длинными столбами предусматривает множество способов отработки столба. Эти способы напрямую связаны с подготовкой панели. Их анализ и выбор наиболее эффективного был произведен по следующим критериям: экономические затраты на поддержание устойчивости горных выработок, затраты времени и ресурсов на подготовку горных выработок, количество добываемой руды, ширина охранных целиков. Анализ показал, что наиболее оптимальным выбором с выполнением всех требований к безопасности является бесцеликовая система отработки. Бесцеликовая система разработки предусматривает отработку межлавного целика на одной линии с лавой. Данная технологическая схема позволяет не только снизить потери отбитой руды, но и уменьшить затраты на поддержание подготовительных выработок, путем использования их повторно.

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

Деятельность современного специалиста, занимающегося вопросами геологии и разработки месторождений полезных ископаемых, всегда в той или иной степени будет связана с решением правовых вопросов недропользования. В соответствии первой статьей Кодекса о недрах, недра представляют собой часть земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающихся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения. К ресурсам недр относят полезные ископаемые, подземные пространства и геотермальные ресурсы недр, промышленное и иное хозяйственное использование которых технологически возможно и экономически целесообразно. Конституция Республики Беларусь декларирует исключительную собственность государства на недра, воды, леса и земли сельскохозяйственного назначения.

Право пользования недрами, согласно Кодекса о недрах, могут получить юридические лица Республики Беларусь иностранные и международные юридические лица, организации не являющиеся юридическими лицами, индивидуальные предприниматели, граждане Республики Беларусь, иностранные граждане и лица без гражданства.

Статья 28 Кодекса о недрах предусматривает следующие виды пользования недрами: геологическое изучение недр, добыча полезных ископаемых, использование подземных пространств, не связанное с добычей полезных ископаемых, использование геотермальных ресурсов недр. Правовыми основаниями пользования недрами являются: акт, удостоверяющий геологический или горный отвод; свидетельство о государственной регистрации работ по геологическому изучению недр; документ, удостоверяющий право землепользования на земельный участок; концессионный договор. Недра предоставляются в пользование на срок: для геологического изучения – до 5 лет, для добычи полезного ископаемого, использования геотермальных ресурсов недр – до двадцати лет, для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, - на срок, определенный проектной документацией, при передаче участков недр в концессию – до девяноста девяти лет. В срок пользования недрами включается время, необходимое для проведения рекультивации земель для приведения их в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

Экспорт и обработка тахеометрической съемки в программном комплексе МАЙНФРЭЙМ

Астапенко Т.С.

Белорусский национальный технический университет

Комплекс МАЙНФРЭЙМ – это комплекс программ, предназначенный для моделирования объектов горной технологии и решения различных задач, которые встречаются в практике предприятий горной промышленности.

Система МАЙНФРЭЙМ МАРКШЕЙДЕРИЯ предназначена для создания и ведения каталога маркшейдерских точек (то есть точек плано-высотного обоснования), обработки маркшейдерских измерений с последующим созданием моделей объектов. Система используется как при работе с открытыми горными работами, так и с подземными горными работами.

С помощью программного обеспечения МАЙНФРЕЙМ производится импорт и обработка данных тахеометрической съемки, визуализация результатов.

Тахеометрическая съемка представляет собой комбинированную съемку, в ходе которой одновременно определяют плановое и высотное положение точек. Это позволяет сразу получать топографический план местности.

Обработка тахеометрической съемки в программе осуществляется с помощью режима тахеометрия, который представляет собой таблицу. В ней присутствуют различные поля для расчета измерений. В нижней части таблицы располагается набор инструментов для работы с тахеометрической съемкой. Для того, что загрузить файлы в программу в ней встроены плагины обработчики для конкретных моделей тахеометров. Файл тахеометрической съемки должен иметь расширение *.txt.

В процессе импорта файла в программу таблица тахеометрии заполняется следующими данными: координатами точек (X , Y , Z); названиями точек и именами кодов. Коды точек позволяют сформировать коды объектов, которые были отсняты в процессе тахеометрической съемки. После загрузки данных, их обработки, расчета координат – результат можно добавить в область трехмерного моделирования. Результат обработки тахеометрической съемки отображается в программе в виде контуров.

Система МАЙНФРЭЙМ позволяет с высокой точностью решать различные задачи, присущие горным предприятиям.

Определение количества водопонижающих скважин при осушении месторождений

Халявкин Ф.Г., Вересович С.А.

Белорусский национальный технический университет

Фильтрационные расчеты сводились к определению общего притока воды в капитальную и разрезную траншеи по формулам «большого колодца», величина которого составила 962 м³/сут при безнапорной и 1280 м³/сут при напорной фильтрации. Определялись также притоки воды в каждую взаимодействующую скважину и во всю дренажную установку по формуле Щелкачева. Снижение уровня воды в центре установки скважин рассчитывалось по методу Форхгеймера. Все расчеты выполнялись для двух, трёх, четырех, шести и восьми скважин.

С учетом условий безопасного ведения горных работ в исследовании были приняты следующие исходные данные: длина траншеи 100 м, ее ширина 40 м, коэффициент фильтрации грунта 15 м/сут, коэффициент водоотдачи 0,25, мощность водоносного горизонта 5 м, напор воды 5 м, диаметр водопонижающей скважины 0,4 м. Скважины взаимодействующие. Схема расположения скважин контурная.

Расчеты показали, что наибольшее снижение притока воды происходит при числе скважин 3-5. Дальнейшее увеличение количества скважин ведет к незначительному снижению притока воды.

Приток воды во всю дренажную установку также имеет наибольшую величину при количестве скважин 3-5, приток воды при этом составляет примерно 500-600 м³/сут, что значительно меньше расчетного притока воды в капитальную и разрезную траншеи, величина которого составляет 962 м³/сут. Если принять, что для водопонижения на данном участке достаточно 4-х скважин, то водоперехватывающая способность такой дренажной установки составит примерно 57%. Остальная вода поступит в эти траншеи и возникнет необходимость применять другой способ борьбы с затоплением траншеи, например, водоотлив.

Значительное снижение уровня и напора воды в центре установки скважин происходит при числе скважин от 2-х до 4-х. Дальнейшее увеличение числа скважин снижает уровень и напор воды на незначительную величину.

Следовательно, для осушения участка площадью 4 тыс. м² достаточно построить 2-4 скважины в зависимости от величины водопонижения.

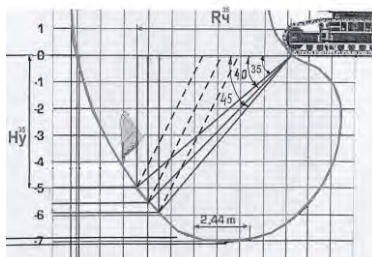
Определение параметров систем разработки при использовании экскаваторов с нижним черпанием

Сенкевич В.И., Радюк У.В.

Белорусский национальный технический университет

Массовое использование экскаваторов с нижним черпанием при разработке месторождений полезных ископаемых требует однозначного подхода к определению высоты разрабатываемого уступа, ширины заходки, ширины рабочей площадки, бермы безопасности и т. д.

В нормативных документах эти параметры рекомендуется определять исходя из максимальных конструктивных параметров экскаватора (глубины черпания и радиуса черпания). Однако, при работе боковым забоем на уступе экскаваторы с нижним черпанием не могут обеспечить безопасную работу с максимальной глубиной черпания, а радиус черпания значительно меняется с изменением глубины черпания (от максимального к минимальному), а значит в любой момент времени изменяется расчетная величина ширины заходки. Расчет параметров системы разработки обоснованно и однозначно предлагается вести для всех марок экскаваторов по траектории



Определение параметров систем разработки

движения ковша (рисунок) исходя из свойств разрабатываемых пород в следующей последовательности:

- от опорной поверхности гусеницы проводим линию под углом естественного откоса для разрабатываемой породы до пересечения с траекторией движения ковша экскаватора;
- точку пересечения сносим на вертикальную и горизонтальную оси; получаем максимально возможную глубину безопасной разработки и соответствующий ей радиус черпания экскаватора;
- по полученным значениям по известным формулам рассчитываются ширина заходки, берма безопасности и ширина рабочей площадки.

Предлагаемая методика позволит вести горные работы с постоянными параметрами системы разработки (A , $\Pi_{p.n.}$) независимо от изменения глубины разрабатываемой залежи, укладываемую в максимально полученную по расчету (в данном диапазоне).

Изучение биофизических свойств горных пород

Поликарпова Н.Н., Балынский М.

Белорусский национальный технический университет

Изучение вещественного состава, физических и физико-химических свойств горных пород (Г. п.) являются основным источником информации в геологии, геофизике и в горном производстве. Создание новых геотехнологий требует детального знания всех характеристик горных пород. Г.п. обладают множеством разных свойств (пористость и трещиноватость, теплоёмкость, коэффициент объёмного теплового расширения и др.). Помимо хорошо изученных свойств, Г.п. обладают рядом мало изученных. К ним относятся способность бесконтактно воздействовать на биологические объекты. На этом базируется один из видов нетрадиционной медицины – литотерапия.

С целью выяснения возможности бесконтактного воздействия горных пород на биологические организмы нами было поставлено ряд экспериментов, в которых семена овса помещали на изолированные образцы сильвинита и змеевика. В течение двух недель изучали процесс влияния этих пород на развитие и рост семян. Полученные результаты, выраженные в процентах, представлены в таблице.

| Вид Породы | Суммарная длина листьев (%) | Суммарная длина корней(%) | Количество растений(%) | Масса растений (%) |
|------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|
| Сильвинит | 189,6 | 389,9 | 194,1 | 142,5 |
| Змеевик | 165,2 | 362 | 161,8 | 147,7 |
| Контроль | 100 | 100 | 100 | 100 |

Проведенная работа показала, что исследуемые Г.п. без непосредственного контакта с семенами овса оказывают стимулирующее влияние на их прорастание и последующее развитие. Особенно наглядно симулирующий эффект проявился в варианте с сильвинитом: количество проросших семян превышало контрольное почти в два раза. В варианте со змеевиком превышение прорастания было более чем в полтора раза по сравнению с контролем. Анализ данных, характеризующих общую длину листьев, каждого варианта дает аналогичный результат. Сравнение величин суммарной длины корней, показало еще больший эффект воздействия пород. В варианте с сильвинитом превышение над контролем почти в четыре раза, а змеевиком более чем в три с половиной раза.

Преобразование координат точек специальных сетей на территории горнодобывающих предприятий

Долгих А.В., Долгих Л.В.

Криворожский национальный университет

На сегодня принята единая для страны система координат УСК2000, в которой должны выполняться работы во всех областях народного хозяйства. Однако на практике иногда еще используют старые системы СК42, СК63. Новая система координат УСК2000 имеет преимущества, так как не имеет приближенных «секретных» параметров, которые использовались в системах координат СК42 и СК63. Кроме того, с внедрением в маркшейдерское обеспечение горных работ GPS технологий, широко применяется система координат WGS-84, от которой также необходимо переходить к УСК2000.

Целью работы является исследование формул перевычисления из одной системы координат в другую с использованием различных программных средств. Анализ существующих маркшейдерско-геодезических опорных сетей на территориях больших горнодобывающих предприятий показал, что координаты пунктов этих сетей обычно представлены в системе координат СК-42 или СК63 или в местной условной системе координат.

Для нахождения параметров связи между двумя системами координат, необходимо иметь минимум 4 пункта, координаты которых известны в двух системах. В целом эти преобразования осуществляются по формулам Хельмерта (Гельмерта).

Рассмотрено на конкретном примере переход от одной системы координат к другой с использованием разных программ, а именно CREDO, Digital, Инвент-Град и использованием программы разработанной в Excel.

Известно, что в подсистему трансформации Инвент-Град включены алгоритмы трансформации координат: конформного преобразования Гельмерта или аффинного преобразования, полиномиального преобразования. Digital обеспечивает математически строгий перерасчет между всеми популярными системами координат. Используя известные формулы перевычисления координат из одной системы координат в другую, составлен алгоритм и программа вычислений в Excel.

Результаты вычислений почти равнозначные. Можно сделать вывод, что каждая из этих программ может использоваться для перевычисления координат из одной системы в другую. Вычисления, выполненные в Excel, позволили получить результаты более близкие к фактическим значениям.

Использование GPS при наблюдении вертикальности дымовых труб на промплощадках

Федоренко П.И., Долгих Л.В., Долгих А.В.
Криворожский национальный университет

Важной задачей безопасной эксплуатации дымовых труб является систематическое наблюдение за их деформациями. Известно, что деформация дымовой трубы характеризуется линейной величиной крена и его направлением.

При исследованиях дымовых труб часто используется геометрическое нивелирование II или III класса для наблюдений вертикальных деформаций (осадок) оснований дымовых труб, а линейно-угловые построения и вертикальное проектирование для определения величин кренов дымовых труб.

На современном этапе внедрения в производство новых геодезических приборов и методов измерений, а также цифровых технологий обработки и представления данных, необходимо использовать их для повышения эффективности наблюдений деформаций дымовых труб. Достижения современной науки и техники позволяют повысить точность измерений и оперативность получения результатов.

Выбор способа исследования деформаций труб зависит от высоты трубы и условий наблюдений. Наряду с применением вертикального проектирования может использоваться способ координирования или фотограмметрический способ.

Для решения этой задачи успешно могут использоваться новые фотограмметрические методы, основанные на цифровой съемке труб специальными камерами с дальнейшей обработкой изображений с помощью специальных компьютерных программ.

В условиях, когда дымовые трубы находятся на плотно застроенных территориях или среди густой растительности, методика наблюдений предусматривает создание исходных пунктов, с которых выполняется визирование на верх и низ трубы.

Использование GPS позволяет оперативно решать задачи по созданию или нахождению исходных пунктов для наблюдения крена дымовых труб. Кроме того, использование GPS позволяет определять величины крена в заданной системе координат. Три исходных пункта, заложенные для наблюдения крена дымовой трубы, определяются от точек исходного плано-высотного обоснования с использованием GPS.

Для обработки результатов измерений была составлена программа.

Проблема обводненности пластов в залежах карбонатных коллекторов нефтеносных месторождений и методы ее решения

Крицкая В. И.

Белорусский национальный технический университет

В нефтегазовой отрасли накопились серьёзные вопросы, которыми нужно заниматься срочно и масштабно. Среди таких вопросов одним из основных остается постепенное увеличение средней обводнённости продукции нефтяных скважин.

Обводнённость месторождений – насыщенность массива горных пород подземными водами, которая определяет величину ожидаемого притока воды в выработку и осложняет ведение горных работ.

Обводнённость месторождений оценивается на стадии геологической разведки месторождений, на основе определения параметров гидрогеологических и инженерно-геологических факторов, а также на основе прогноза ожидаемых притоков воды в выработку и поведения горных пород при их обводнении.

Для повышения нефтеотдачи пластов существуют следующие методы: тепловые, газовые, химические, гидродинамические, комбинированные.

Изоляция обводнённых материалов – это, прежде всего, подбор композиций различного химического состава, в том числе избирательного действия, и подача (нагнетание) их в нефтеводосодержащие объекты при определённых технологических режимах с наложением, при необходимости, физических полей.

Значительное внимание уделяется химическим составам и композициям, изолирующий эффект которых обеспечивается за счет взаимодействия нагнетаемых растворов-реагентов с пластовой водой.

Традиционные методы ограничения водопритока и ремонтно-изоляционных работ, используемые для карбонатных коллекторов, не являются универсальными, что предопределяет необходимость поиска и применения в коллекторах с природной (естественной) и искусственной трещиноватостью новых эффективных методов ОВП и РИР.

В Беларуси в условиях малых запасов нефти с высокой обводненностью месторождений используются химические методы ПНП. Разработка новых полимерных композиций работниками БелНИПИнефть даёт результат в ПНП не только в нашей стране, но так же и в странах СНГ.

Проект загрузочного комплекса

Нарыжнова Е.Ю., Семашко А.В. Ворошкевич А.В., Коледа С.С., Дзикун В.Б.
Белорусский национальный технический университет

Актуальность научно-технической работы объясняется тем, что все больше предметов и явлений становятся объектами компьютерного моделирования. Научно-техническая работа внедрилась практически во все сферы инженерной деятельности.

В начале работы были определены задачи: «Определить объем вынимаемой породы при проходке, объем бетона необходимого для строительства камер загрузочного комплекса, и наглядно показать все этапы проходки и строительства сооружений этого комплекса».

Данный проект выполнен с использованием программы AutoCAD и CINEMA 4D. После получения исходных данных в программе AutoCAD были наглядно вычерчена вся арматура и бетон нашего проекта в 3D. С помощью программы были рассчитаны объемы вынимаемой породы и бетона так же объем полезного ископаемого который смещает в себя емкий бункер и течи камеры привода конвейерного ходка (табл. 1, 2). После завершения работ в AutoCAD с помощью программы CINEMA 4D был наглядно показан процесс выемки горной породы и процесс строительства комплекса данных.

Объемы вынимаемой породы и бетона. Таблица 1

| Наименование выработки | Объем вынимаемой породы, м ³ | Объем бетона, м ³ |
|------------------------|---|------------------------------|
| Емкий бункер | 1414.6 | 575.6 |
| Камера питателя | 582.0 | 232.0 |
| Конвейерный ходок | 445.7 | |
| Камера приводов | 807.6 | 398.6 |

Объем загрузочного бункера и течек камеры привода. Таблица 2.

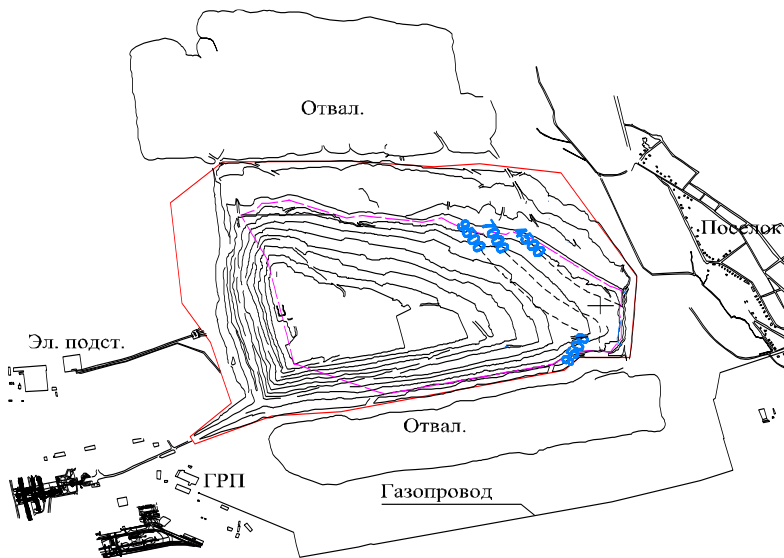
| Наименование | Объем, м ³ |
|-----------------------------|-----------------------|
| Объем загрузочного бункера | 893.25 |
| Объем течек камеры приводов | 50.8 |

Использование инструментов, интегрированных в конструкторскую программу AutoCAD, позволило быстро и точно определить необходимые объемы для строительства данного комплекса. А использование программы CINEMA 4D позволило наглядно показать сам процесс проходки и строительства комплекса сооружений.

Повышение безопасности взрывных работ в карьере «Микашевичи»

Оника С.Г., Нарыжнова Е.Ю., Реберт Б.С., Акулов А.А.
Белорусский национальный технический университет

При применяемой на карьере технологии взрывания общая масса зарядов взрыва разделяется на отдельные группы и их энергия передается среде также отдельными частями. В результате этого максимальные сейсмические колебания в районе расположения охраняемого объекта обуславливаются не всей массой ВВ взрыва, а только ее частью, приходящейся на ступень замедления. С использованием компьютерных технологий нами выполнено районирование карьера природного камня по допустимой массе взрываемого взрывчатого вещества (ВВ) на ступень замедления.



Карта допустимой массы зарядов ВВ

Выполненная работа позволяет снять ограничения по общей массе взрывающего ВВ и обеспечить оперативную оценку сейсмической безопасности взрывов.

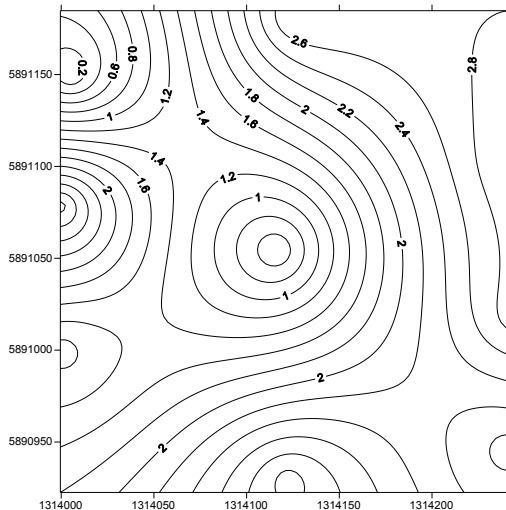
Цифровая модель месторождения

Оника С.Г., Акулов А.А., Козенкова А.С. Реберт Б.С.,
Белорусский национальный технический университет

Каждое тело полезного ископаемого имеет три измерения различные соотношения, между которыми формируют основные морфологические типы залежей. Визуальное представление о характере залегания полезного ископаемого, вмещающих и покрывающих тело полезного ископаемого породах дает система гипсометрических поверхностей. Наилучшим способом построения изогипс (изолиний) являются технологии геоинформационных систем в основе которых лежат геостатистические методы моделирования поверхностей.

Основными технологическими этапами создания цифровой модели месторождения являются: сбор цифровой информации об условиях его залегания, заполнение баз данных и создание векторного графического отображения гипсометрических планов поверхностей залежи.

На рисунке представлена цифровая модель выемочной единицы – добычного уступа карьера песка, в виде плана изомощностей.



План изомощностей добычного уступа

Построенный план дает визуальное представление о мощности полезного ископаемого в пространстве, что позволяет использовать полученные результаты при календарном планировании горных работ.

Использование микрофотографии в учебном процессе

Асташко Н.В., Винник А.А., Поликарпова Н.Н.
Белорусский национальный технический университет

С целью более детального изучения свойств горных пород нами, была собрана установка состоящая из бинокулярного оптического микроскопа (МИКМЕДво-1), фотокамеры (NIKONCoolPix 4500) и компьютера. Эта установка позволяет рассмотреть как жидкие так и измельченные твердые горные минералы и горные породы. Максимальная разрешающая способность (увеличение) установки составляет 900 х. Получаемые фотоснимки выводятся на монитор компьютера и получают на нем дополнительное увеличение.

Это установка была опробирована на изучении образцов нефти, добытой на различных месторождениях Беларуси. На рисунке показаны микрофотографий препаратов нефти с различных месторождений: образец №1 (Александровское), №2 (Речицкое месторождение), №3 (Барсуковское), №4 (Первомайское), №5 (месторождение неизвестно), №6 (Вишенское), №7 (Речицкое).



Анализ рассмотренных образцов показал, что нефти взятые с различных месторождений визуально имеют характерные отличия, вероятно обусловленные их составом, однако установить конкретно какие именно органические составляющие(остатки) попадали в поле зрения пока не установлено, так как для этого требуется использование специальной литературы (каталогов) по органическим остаткам, входящим в состав нефти. На основании проведенной работы следует, что данный метод перспективен в использовании для исследовательских и учебных целей при изучение различных жидких и твердых полезных ископаемых.

Влияние горно-технических условий карьера на возможность движения карьерных автосамосвалов по кольцевой схеме

Слободянюк Р.В., Пыжик Н.Н.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Классическим путем решения проблем, возникающих при увеличении глубины карьеров, является реконструкция системы комбинированного карьерного транспорта. Однако технические решения, которые были эффективны в 70-80-х годах прошлого столетия при глубине карьеров 250 м, уже являются недостаточно эффективными при глубине 450-500м. В одних случаях это привело к отказу от дальнейшего использования циклично-поточной технологии, в других - к отказу от более глубокого ввода в карьер комплексов ЦПТ на базе дробилок ККД. Углубка карьеров и несовершенство технических решений комбинированного транспорта привели к росту дальности транспортирования автомобильным транспортом. Параллельно с этим, на глубоких железорудных карьерах расширяется область использования внутреннего отвалообразования.

Цель исследования - совершенствование технологии открытых горных работ в глубоких железорудных карьерах за счет оптимизации положения временных отвалов и параметров карьерных грузопотоков. Идея работы заключается в повышении эксплуатационной производительности карьерных автосамосвалов за счет создания горнотехнических условий, благоприятных для возникновения схем с кольцевым движением и попутной загрузкой автосамосвалов.

Исследовано влияние временных отвалов на эффективность транспортной системы, разработана классификация схем с кольцевым движением автосамосвалов. Особенностью разработанной технологии является возможность, при соответствующем размещении временного отвала, организации движения автосамосвалов по кольцевой схеме, что приведет к сокращению холостого пробега и увеличению производительности автосамосвалов. Решение поставленной задачи разделено на несколько этапов. На первом этапе с использованием методов линейного программирования для заданного календарного распределения горной массы и известного положения пунктов доставки горной массы определяются схемы и интенсивности движения транспорта по карьерным автодорогам и необходимое количество автосамосвалов для выполнения планового задания. В случае недостаточного количества автосамосвалов, имеющегося на карьере, определяется оптимальное месторасположение компенсационного временного отвала.

**Рациональная область использования гидравлических экскаваторов
на железорудных карьерах**

Слободянюк В. К., Турчин Ю. Ю.
Криворожский национальный университет
ООО «МИ-ЦЕНТР»

В последнее десятилетие на железорудных карьерах для экскавации горной массы вместе с традиционными карьерными механическими лопатами начали применяться гидравлические экскаваторы. Приобретает актуальность вопрос оценки рациональной области применения на глубоких железорудных карьерах гидравлических экскаваторов. В сравнении с механическими лопатами гидравлические экскаваторы имеют ряд преимуществ: меньшие удельные капитальные затраты, более высокие производительность и скорость передвижения, меньшая масса экскаватора и радиус поворота кузова, возможность отработки слоя пород ниже уровня установки экскаватора и т. д. В то же время гидравлические экскаваторы характеризуются малым сроком эффективной эксплуатации (5-6 лет) и большими эксплуатационными затратами.

Прямая гидравлическая лопата по функциональности в основном соответствует прямой механической лопате. Основным эффектом достигается за счёт возможности эксплуатации на узких рабочих площадках, при концентрации на уступе выемочно-погрузочного оборудования и необходимости интенсификации вскрышных работ.

Обратная гидравлическая лопата предназначена для отработки забоя, расположенного ниже горизонта установки экскаватора. Глубина черпания обычно не превышает 5-7 м. Применение данного экскаватора потребует усложнения технологии горных работ – уступы необходимо разделить на подуступы. Возможны варианты в обеспечении транспортного доступа к забю: технологическая автодорога может быть расположена на кровле обрабатываемого подступа или на его подошве. Однако в ряде случаев отработка уступа обратной гидравлической лопатой может быть единственно возможным вариантом производства горных работ. Известны примеры использования обратных гидравлических лопат в качестве основного экскаватора при производстве горных работ на нижнем уступе в случае затопления дна карьера. Повысить эффективность применения гидравлических экскаваторов можно за счёт их работы в комплексе с прямыми механическими лопатами. Наиболее эффективно применение данного технологического комплекса при углубке карьера (АС 111446U).

**Разработка вскрышной породы с помощью гидроразмыва
на объекте ОАО «Доломит»**

Халявкин Ф.Г., Вайцель Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Под вскрытием месторождения понимают проведение выработок, открывающих доступ с поверхности земли к полезному ископаемому или от одной разрабатываемой части месторождений к другой. Вскрывающие выработки создают грузотранспортную связь между горизонтами разработки (рабочими площадками уступа) и техническими сооружениями на поверхности (землесосными станциями, обогатительными фабриками, железнодорожными станциями), а также обеспечивают подготовку фронта работ. При открытом способе разработки без применения гидромеханизации грузотранспортная связь обычно осуществляется через капитальные траншеи. На открытых разработках с применением гидромеханизации основной объем горной массы перемещается по трубопроводам, что позволяет значительно уменьшить объемы работ по проведению капитальных и подготовительных выработок. Выбор способа вскрытия в значительной степени зависит от гидрогеологических и гидрологических условий месторождения. На данном карьере два добычных и один вскрышной уступ высотой 14 метров. Вскрышная порода представлена супесью и легким суглинком. Удельный расход воды на размыв 1 м^3 горной породы будет равен $4\text{--}10 \text{ м}^3$. Водных ресурсов в карьере достаточно. Таким образом на ОАО «Доломит» гидрогеологические условия позволяют использовать данный метод. Гидравлическое разрушение вскрышной породы предлагается проводить при помощи гидромонитора. Оптимальные значения давления струи, обеспечивающие максимальную производительность гидромонитора при размыве супесей и легкого суглинка равна $0,196\text{--}0,245 \text{ МПа}$.

Необходимый напор воды при высоте уступа 14 метров составляет $0,588 \text{ МПа}$, а удельный расход воды для размыва породы при высоте забоя 14 м составляет $6,3 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Для данного объекта рационально использовать бестраншейное вскрытие. В этом случае оборудование устанавливается без проведения разрезных траншей. При самотечном транспортировании пульпы проводят только пульпоприемные каналы, которые в дальнейшем могут переходить в лотки. Так же целесообразно использовать самотечное гидротранспортирование.

Предварительный расчет показал, что гидравлический способ разработки вскрышных пород экономичнее на $20\text{--}30\%$ относительно экскаваторного способа.

**Анализ внедрения легких видов крепления горных выработок
на ЧАО «Евраз Суха Балка»**

Моргун А.В., Чухарев С.М.
ЧАО «Евраз Суха Балка»,
Криворожский национальный университет

Горнодобывающие предприятия Криворожского железорудного бассейна, одно из которых - ЧАО «Евраз Суха Балка», приняв курс на интенсификацию горных работ, требуют реализации комплекса мероприятий, обеспечивающих устойчивость подготовительных горных выработок за счет оптимизации затрат на их поддержание, основанной на выборе систем крепления, отвечающих конкретным геомеханическим условиям шахт. Таким образом, целью исследований является анализ внедрения легких видов крепления горных выработок на ЧАО «Евраз Суха Балка» для изучения возможности снижения затрат на приобретение металлокрепления, поиска технологических материалов для повышения эффективности производства и, в целом, для снижения себестоимости крепления горных выработок.

В настоящее время на шахтах ЧАО «Евраз Суха Балка» при проходке и эксплуатации горных выработок в довольно больших объемах используется дорогостоящая металлическая крепь УПК. Доля такой крепи в общей себестоимости составляет более 69%, что приводит к ухудшению экономических показателей добычи железной руды. В свою очередь, в структуре неметаллических видов крепи используются преимущественно анкера трубчатые (65,6 %), клиновые анкера (10,3 %), железобетонная анкерная крепь (10,4 %) и набрызг-бетонная крепь (13,7%).

Была рассмотрена возможность использования разных видов крепи: универсальной податливой (УПК), трубчатой анкерной, железобетонной анкерной, сталеполлимерного анкера в выработках с различным сроком службы – орты-заезды, подготовительные и буровые выработки.

В результате анализа текущего состояния крепления горных выработок на шахтах ЧАО «Евраз Суха Балка» разработаны предложения для проведения эксперимента, включающие в себя выделение зоны возможной замены УПК на анкерное (комбинированное) крепление, замену крепи УПК на АСП на буровых и подготовительных выработках в слабоустойчивом массиве и замену профиля СП-22 на СП-17 для крепления ортов-заездов.

Новый подход к разработке инновационных технических решений

Зайцева А.Д., Чухарев С.М.
Патентный поверенный Украины
Криворожский национальный университет

При разработке новых технологических элементов и технических решений, возникают проблемы с обеспечением патентной чистоты предлагаемых новаций. Зачастую анализ существующих технологических и технических решений сводится к обзору литературных источников и научных отчетов для поиска аналогов. Такой подход при проектировании и в дальнейшем при внедрении новых или усовершенствовании существующих технологий может привести к конфликту с патентовладельцем. Поэтому необходим новый комплексный подход к решению этого вопроса.

В основу нового подхода к разработке инновационных технических решений поставлена задача усовершенствования узких мест в области отработки месторождений полезных ископаемых путем учета факторов, влияющих на технический изобретательский уровень разработки, ее патентоспособность, и конкурентоспособность.

Новый подход к разработке инновационных технических решений включает в себя несколько этапов:

- выявление проблемы в области подземной разработки полезных ископаемых;
- поиск недостатков технического решения проблемы, исходя из настоящего уровня техники;
- анализ проблемы, как залог создания конкурентоспособных технических решений;
- определение известного технического изобретательского уровня решения проблемы;
- изучение патентной ситуации;
- изучение конкурентоспособности технических решений;
- обход патентов с целью обеспечения конкурентоспособности;

При этом совокупность признаков, характеризующая предложенную технологию будет обладать мировой новизной, отвечать критериям патентоспособности и может быть заявлена в соответствующие патентные ведомства для получения патента и удостоверения прав собственности с целью приобретения статуса международного товара на объект интеллектуальной собственности.

Оцінка втрат балансово-промислових запасів і розубоження вмісту якісних показників корисних копалин у залізорудній масі

Шолох М.В., Сергєєва М.П.
Криворізький національний університет

Економічно оцінити можна лише ті частини втрачених балансово-промислових запасів корисних копалин, які при сучасному рівні розвитку гірничовиводобувного виробництва технічно можливо і економічно доцільно виймати з надр для використання в народному господарстві. Тому економічними наслідками (збитком або ефектом) від втрат балансово-промислових запасів можна вважати лише цілком реальні, але упущені можливості одержати певну економію завдяки зниженню втрат балансово-промислових запасів шляхом застосування тих або інших способів розробки, засобів механізації або методів організації гірничих робіт.

Існуюча система економічних відносин у цілому така, що економічні інтереси підприємств, галузей і всього народного господарства в області раціонального використання природних ресурсів дуже часто не збігаються або збігаються не повністю. У силу цього й економічна доцільність зниження або збільшення втрат балансово-промислових запасів буде різної для різних рівнів керування. Економічно доцільний з позиції інтересів усього народного господарства рівень використання надр може виявитися не вигідним для гірничо-виводобувної галузі і навіть збитковим для підприємства. Економічні наслідки від втрат балансово-промислових запасів корисних копалин, які безпосередньо впливають на економіку гірничовиводобувного підприємства, у гірничотехнічній літературі звичайно називають «госпрозрахунковими наслідками».

У найбільш загальному випадку економічні наслідки від збільшення втрат балансово-промислових запасів і розубоження за вмістом якісних показників корисних копалин можуть бути як негативними, так і позитивними. У більшості випадків збільшення як втрат балансово-промислових запасів, так і розубоження за вмістом якісних показників корисних копалин, звичайно, приводить до збитку. Іноді ж деяке збільшення втрат балансово-промислових запасів або розубоження за вмістом якісних показників корисних копалин може забезпечити істотне зниження витрат на видобуток балансово-промислових запасів і переробку вмісту якісних показників корисних копалин у залізорудній масі або збільшення видобутку балансово-промислових запасів, завдяки чому загальний економічний ефект виявляється позитивним

**Моніторинг показників використання надр із урахуванням вмісту
якісних показників корисних копалин**

Шолох М.В, Лоза В.О.
Криворізький національний університет

Досвід розробки залізорудних родовищ, покладів, рудних тіл чи дільниць масиву твердих корисних копалин свідчить про те, що в багатьох випадках вона здійснюється в декілька етапів. У міру відпрацьовування найбільш багатих дільниць масиву твердих корисних копалин в експлуатацію залучають усе більш бідні за вмістом якісних показників корисних копалин. У ряді випадків з високою ефективністю вже відпрацьовуються родовища, поклади, рудні тіла чи дільниці масивів балансово-промислових запасів, які ще недавно виділялись як забалансові. Тому збереження й облік нині забалансових за вмістом якісних показників корисних копалин запасів мають велике значення, особливо для створення мінерально-сировинної бази країни на найближчі роки. Якщо врахувати, що вміст якісних показників кольорових і рідких металів у видобутих балансово-промислових запасах щорічно знижується на 2,0-3,0 % відносних одиниць, а вміст якісних показників заліза на 0,6-1,1 %, то можна допустити, що породи із вмістом якісних показників кольорових металів і заліза відповідно 0,25-0,32 % і 0,53-0,64 % вмісту їх якісних показників у балансово-промислових запасах уже через 5-10 років можуть бути залучені в експлуатацію, тому що бракувальний вміст якісних показників корисних компонентів звичайно становить для корисних копалин кольорових і рідких металів 0,42-0,53 %, а для залізорудних корисних копалин 0,64-0,83 % вмісту їх якісних показників у балансово-промислових запасах.

На багатьох родовищах, покладах, рудних тілах чи дільницях масивів твердих корисних копалин запаси забалансових і бідних за вмістом якісних показників корисних копалин значно перевищують балансово-промислові запаси як за обсягом, так і по вмісту якісних показників корисних компонентів.

На багатьох родовищах уже ведеться експлуатація бідних і забалансових за вмістом якісних показників корисних копалин запасів, так у Криворізькому басейні розробляються залізисті кварцити, у яких за вмістом якісних показників залізо становить 32-37 %, тобто 0,76-0,82 % бракувального і 0,63-0,71 % середнього за вмістом якісних показників корисних копалин у балансово-промислових запасах багатих за вмістом якісних показників корисних копалин.

**How IoT and machine learning algorithms can change transport industry.
An how we can participate in this process**

Stasevich A. V., EPAM Systems

Stasevich V. I., Senior Lecturer, Belarusian National Technical University

By the end of two thousand and twenties, almost eighty percent of all new vehicles will be sold with connectivity and automakers will make a tenth of their revenue from these services. In the context of rapidly evolving internet of things, the transport sphere is undergoing significant changes. Customer interest in car connectivity is increasing at a very high speed: over the past year, the share of customers willing to switch their car brand for better connectivity and to pay a subscription fee for the connected services has almost doubled. In some regions, for example China, more than sixty percent of respondents are willing to switch their car brand for the improved connectivity. Vehicles generate a great amount of data, which contains all the information about the vehicle itself, about surround, even about the driver. But, less than one percent of the gathered information is available for subsequent processing. Connectivity, allows us to significantly improve internal systems. By processing the gathered data, vehicle or service providers can optimize the operation parameters, find patterns, make predictions, reduce cost of ownership adapt and enhance vehicle systems for safety and better driving. Safety features can avoid collisions by taking over control of the vehicle. Adaptive features may automate lighting, provide adaptive cruise control, automate braking, incorporate GPS/traffic warnings, connect to smartphones, alert driver about other cars or dangers, keep the driver in the correct lane, or show what is in blind spots. Internet of things already became an essential part of these systems. Connectivity enables new functionalities, services. Now, vehicles should provide functionality, which has never been specific for them. From the one side it offers growth potential for vehicle providers, and from the other side it is an awesome opportunity for automotive industry newcomers. There are three main functions of any lane departure warning system, data collection, data processing, and the decision making. With new connectivity systems, we can overcome limitations of that system by developing a line departure warning system that does not rely on strong visual features, but use machine learning techniques to recognize the driving patterns that lead to unintended lane departure. The most recent and powerful machine learning technique that is used for pattern recognition is the support vector machine. Another example is predictive maintenance. Predicting future failures can be approached in many different ways. One approach is to monitor the equipment and detect patterns that signal an emerging fault. A more challenging one is to predict the remaining useful life. In the Area of failure type detection and predictive maintenance, the supervised learning technique is the most commonly used learning technique.

Методы построения паспортов прочности горных пород

Кузьмич А.К., Кузьменок П.В., Кулик А.И.

Белорусский национальный технический университет

При решении многих теоретических и практических задач горного дела невозможно обойтись без знания прочностных свойств горных пород. Особенно важно оценить прочность пород при сложном напряженном состоянии, в то время как обычные лабораторные эксперименты позволяют изучить прочностные характеристики при простейших видах деформаций.

Наиболее полной графической прочностной характеристикой горной породы является огибающая кривая предельных кругов О.Мора (паспорт прочности), построенная в координатах нормальных σ и касательных τ напряжений. Теория прочности О. Мора постулирует, что разрушение горной породы произойдет только в том случае, если есть такая площадка, на которой касательное напряжение находится в вполне определенном соотношении с нормальным напряжением, то есть это соотношение для каждой горной породы может быть выражено вполне определенным уравнением $\tau = f(\sigma)$. Очевидно, есть бесконечное количество кругов напряженного состояния, радиусы которых равны $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ и центры которых от начала координат находятся на расстоянии равном $\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$. Тогда уравнение огибающей к предельным кругам О.Мора будет иметь вид

$$\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) = f \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right).$$

Количественная характеристика этой функции для каждой горной породы может быть получена экспериментальным путем в установках Кармана при условиях $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$, или установке трехосного неравнокомпонентного сжатия ИГД им. А.А.Скочинского.

Последовательность построения паспорта прочности по результатам испытаний можно показать на примере алевролита из кровли пласта l_6 шахт Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района, имеющего предел прочности при одноосном растяжении $\sigma_p = 9,5$ МПа. Результаты исследований алевролита в условиях объемного неравномерного сжатия приведены ниже:

| | | | | | | |
|--|------|----|----|----|----|-----|
| боковые напряжения $\sigma_2 = \sigma_3$, МПа | 0 | 8 | 17 | 20 | 32 | 58 |
| осевые напряжения σ_1 , МПа | 34,5 | 50 | 66 | 72 | 90 | 126 |

Пользуясь паспортом прочности, можно определить точки предельного состояния горной породы при разных нормальных и касательных напряжениях, величины сил сцепления, угол внутреннего трения, временное сопротивление горных пород при сжатии, растяжении и сдвиге.

Оценка устойчивости горной выработки

Кузьмич А.К., Кузьменок П.В., Кулик А.И.

Белорусский национальный технический университет

В основу деления выработок за меру их устойчивости положены деформационные процессы, происходящие в массиве пород вокруг горных выработок.

Анализ результатов шахтных наблюдений за смещениями глубинных и контурных реперов и моделирования эквивалентными материалами показывает, что в зависимости от соотношения прочностных характеристик вмещающих пород и действующих в горном массиве напряжений, деформационные процессы в породах могут существенным образом отличаться как по интенсивности, так и по времени их протекания.

Исследователи выделяют три типа деформационных процессов во вмещающих выработку породах. Первый тип деформирования массива пород может иметь место при напряжениях на контуре выработки меньше предела их длительной прочности, то есть при условиях $\sigma_i < \sigma_{\infty}$.

В этом случае вокруг выработки создается зона упруго-вязких деформаций, деформационный процесс протекает без нарушения сплошности массива и имеет угасающий характер во времени и пространстве, а величина смещений контура обычно не превышает 80-100 мм. В этих условиях в выработках можно применять легкую оградительную крепь, а контур выработки может считаться устойчивым.

Второй тип деформации пород вокруг выработки имеет место при напряжениях на контуре, которые превышают предел длительной прочности, но меньше мгновенной прочности породы, то есть $\sigma_{\infty} < \sigma_0 \leq \sigma_i$.

Выработки, в которых смещения контура являются следствием деформации ползучести и долговременного разрушения, могут быть отнесены к средней устойчивости.

С увеличением расстояния от контура выработки и изменением напряженного состояния массива пород, последние разрушаются через некоторый промежуток времени и создают зону длительного разрушения пород, которая с отдалением от контура переходит в зону упруго-вязких деформаций. Радиус зоны условного мгновенного и длительного разрушения обычно превышает 3 м. Деформация протекает продолжительное время, а величина смещений контура превышает 250-300 мм. Такие выработки относятся к неустойчивым. Рассмотренный процесс деформирования соответствует выработкам, проведенным на глубинах 600 - 1000 м в породах с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} = 30-100$ МПа.

**Инновационные
технологии в геодезии
и картографии**

О требованиях к геодезическим работам в строительстве

Позняк А.С.

Белорусский национальный технический университет

Основным НТПА по геодезии в строительстве является ТКП 45-1.03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве», который в настоящее время не соответствует современным научно-техническим достижениям в области геодезического обеспечения строительства и содержит некоторые ошибочные требования к его точности. В ТКП не рассматриваются методики и технологии с использованием электронных тахеометров и лазерных сканеров.

Миллиметровые требования к точности геометрических параметров, предъявляемые к бетонным и железобетонным конструкциям, приведенные в действующих нормативных документах выполнить в условиях стройплощадки, требуемых темпов строительства, ветровых нагрузок и неустойчивых грунтов невозможно или крайне затруднительно. Известно, что для высотных сооружений температурные и ветровые факторы вызывают кручения, наклоны и колебания сооружения, значения которых превышают строительные допуски. При строительстве, особенно на слабых грунтах, имеет место осадка сооружения. Результаты исполнительных съемок, выполненных нами на различных объектах г. Минска подтверждают сантиметровые отклонения от проектных значений. Анализируя полученные результаты предлагается пересмотреть существующие нормативные требования в сторону увеличения геометрических допусков, особенно на монолитные конструкции и разработать научно-обоснованную методику геодезического обеспечения строительства высотных зданий и сооружений, основанную на применении геодезических приборов с наилучшими техническими характеристиками.

В организационном плане предлагается геодезическое сопровождение строительства крупных объектов выполнять специалистами, независимыми от подрядной строительной-монтажной организации. Практика показывает, что геодезисты строительной организации обычно не фиксируют сверхнормативные отклонения от проекта, допущенные его работодателями. Независимость геодезиста от строителя и объективная информация, получаемая заказчиком, в значительной мере способствует достижению высокой технологической дисциплины, нормативному обеспечению геометрических параметров в строительстве, безопасности и надежности эксплуатации зданий и сооружений.

Астрономо-геодезическая сеть Республики Беларусь

Максимович Л.В.

На территории Республики Беларусь создание астрономо-геодезической сети прошло долгий путь в несколько столетий. Основные этапы построения сети можно представить в следующем порядке: дуга Струве и губернские триангуляции, астрономо-геодезические работы, выполненные Корпусом военных топографов в 18-19 вв, схема и программа развития государственной триангуляции предложенная Ф.Н. Красовским в 1928 году и внедрение СК-32, вывод параметров референц-эллипсоида Красовского и внедрение СК-42, совместное уравнивание астрономо-геодезической, и космической геодезических сетей и установление СК-95, модернизация государственной геодезической сети Республики Беларусь на основе современных спутниковых технологий.

В начале 19 века развернуты обширные астрономо-геодезические и топографические работы в единой координатной системе в западной части Российской империи (территория современной Республики Беларусь) на основе триангуляции. Работы проводил созданный в 1822 году Корпус военных топографов (КВТ). В 1817 году под руководством К.И. Теннера выполнялось детальное обследование Виленской губернии. Теннер предложил проложить ряд первоклассных треугольников по меридиану Виленской обсерватории для проведения градусных измерений. Эти градусные измерения стали началом выдающегося геодезического построения, названного позже «дугой Струве». В 1821 году к К.И. Теннеру присоединился И.И. Ходзько, позднее ставший выдающимся геодезистом, генерал-лейтенантом и начальником триангуляции Кавказского края.

При советской власти в 1919 году было организовано Высшее геодезическое управление (ВГУ) под руководством М.Д. Бонч-Бруевич. В 1926 году на «Первом геодезическом совещании» принято решение о введении в СССР эллипсоида Бесселя и обращении триангуляции 1-го класса в астрономо-геодезическую сеть (АГС). В 1928 году издана отдельной брошюрой «Схема и программа государственной триангуляции» составленная Ф. Н. Красовским. В своей работе он рассмотрел полигональную схему построения триангуляции 1 класса, предложенную И. И. Померанцевым. В 1930 г. под руководством Ф. Н. Красовского началось уравнивание восьми полигонов 1-го класса для Европейской части СССР. Уравнивание завершилось в 1932 году, и система получила название «Система координат 1932 г.». За исходный пункт был взят центр круглого зала Пулковской обсерватории.

**Поиск и учет ошибок
спутниковых геодезических измерений**

¹Будо А.Ю., ²Будо Ю.П.

¹Белорусский национальный технический университет

²Полоцкий государственный университет

На производстве всё чаще вместо классических методов определения координат применяются спутниковые. Если в 1990-е гг. результаты спутниковых измерений были доступны только после завершения полевых работ и последующей обработки данных. В настоящее время используется RTK-метод, позволяющий создавать цифровую модель местности в поле, получая координаты пикетов в режиме реального времени с сантиметровой точностью. Широкому применению RTK-метода способствует расширение территории покрытия мобильной связи, а также сети постоянно действующих пунктов. Высокая точность определения координат достигается путём формирования двойных разностей между фазовыми измерениями, полученными двумя спутниковыми приёмниками, принимающими сигналы от одних и тех же спутников. Система уравнений двойных разностей решается по методу наименьших квадратов (МНК). Поиск целых неоднозначностей выполняется LAMBDA-методом.

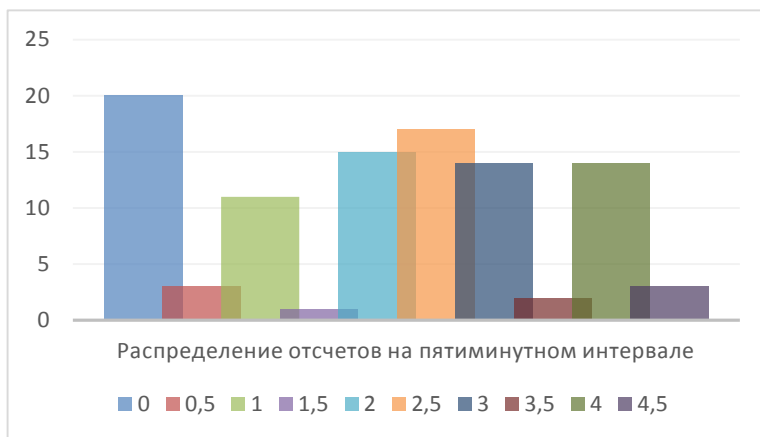
Важным условием использования МНК является отсутствие грубых ошибок в измерениях. При наличии таких ошибок конечный результат может быть значительно искажён, что приведёт к «плавающему» решению. Специфика топографической съёмки при помощи RTK-метода предполагает работу в условиях, далёких от идеальных, поскольку снимаемая территория, как правило, является застроенной или покрытой густой растительностью. Данное обстоятельство приводит к неизбежному появлению грубых ошибок из-за многолучевости (переотражения сигнала). В связи с этим, затрачивается дополнительное время на досъёмку электронным тахеометром участков, где RTK-метод оказался неэффективен. Однако, частично решить данную проблему позволяет обобщённый метод наименьших степеней, разработанный в 2008 в ПГУ. В презентации авторы на основе реальной съёмки приводят пример, когда количество доснимаемых тахеометром точек удалось сократить более чем на 20%, благодаря использованию обобщённого метода наименьших степеней с целью поиска и устранения ошибок спутниковых измерений.

Методика измерения углов теодолитами серии Т30

Киричок О.И., Зенкевич К.А.

Белорусский национальный технический университет

Паспорт прибора 2Т30 определяет методику измерения угла с тридцатисекундной точностью двумя-шестью приемами. Анализ полевых журналов с результатами измерений теодолитами 2Т30 показал распределение отсчетов на пятиминутном интервале деления шкалы, изображенное на приводимой гистограмме.



Лишь треть отсчетов, не кратных делению шкалы, кратны полуминуте. Расчет показывает, что при выполнении 2 полуприемов погрешность $0,7''$, при $4-0,5''$ и при $6-0,4''$. Т.о. для достижения тридцатисекундной погрешности необходимо выполнить не менее двух приемов, как и записано в паспорте прибора. В то же время установившаяся практика измерения углов теодолитами технической точности подталкивает исполнителей к выполнению двух полуприемов, что не позволяет получить результат нужной точности.

На кафедре разработан способ, основой которого является лишение одного из двух отсчетов полуприема погрешности оценки на глаз доли деления, что и позволяет измерять горизонтальные углы одним приемом с тридцатисекундной точностью.

Подготовка инженеров-геодезистов в Грузии

Мкртычан В.В.

Белорусский национальный технический университет

Республика Грузия является парламентской республикой. Она является участником Болонского процесса направленного на сближение и гармонизацию систем высшего образования стран Европы с целью создания единого европейского пространства высшего образования.

Геодезическая деятельность регулируется Законом Грузии о геодезической и картографической деятельности от 1998 года. Закон Грузии о высшем образовании был принят в 2004 году.

История Грузинского технического университета (ГТУ) начинается в 1922 году. В 1933 году он преобразован в Транскавказский индустриальный институт. Своё нынешнее название университет получил в 1992 году. На базе университета происходит обучение бакалавров, магистров, а также предлагаются различные докторские программы.

Девиз университета: «Наука обширная, жизнь короткая».

Подготовка инженеров–геодезистов осуществляется на горно-геологическом факультете. При факультете на кафедре инженерной геодезии и геоинформатики обучение проводится по двум направлениям: инженерная геодезия и маркшейдерия и ГИС, дистанционное зондирование и обработка данных. В составе кафедры всего 17 преподавателей. Для решения проблем самофинансирования и поддержки кадров, при кафедре создана частная компания, в которую входят заведующий и преподаватели. Компания создана при поддержке ректората на базе университета.

Наряду с традиционными геодезическими дисциплинами студенты изучают: «Основы геологии», «Маркшейдерия», «Горное дело», «Геодезическое обеспечение горнодобывающей отрасли», «Минералогия».

Оценка студентов осуществляется по следующей система классификации

| | |
|--------|--|
| 91-100 | A - отлично |
| 81-90 | B - очень хорошо |
| 71-80 | C - хорошо |
| 61-70 | D - удовлетворительное |
| 51-60 | E - достаточное |
| 41-50 | FХ - не прошел (с возможностью повторить экзамен) |
| 0-40 | F - не удалось (без возможности повторить экзамен) |

Мартинкевич И.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Совершенствование технологий дорожного строительства для Республики Беларусь является актуальной задачей. Дорожная сеть – одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая функцию своеобразной кровеносной системы в сложном организме страны. Важную роль в строительстве играют инженерно-геодезические работы. От оперативности и качества их выполнения зависит оперативность самих строительных работ, а иногда и своевременных вводов объекта в эксплуатацию. Дорога является протяженным линейным сооружением и может достигать длины в несколько тысяч километров. Поскольку дорога может находиться в разных системах координат, существуют трудности приведения ее координат в единую систему для облегчения проектирования и изыскания. Анализ методов определения геодезических элементов по выносу в натуру оси трассы показывает, что распространенные на данный момент методологический аппарат является недостаточным. Существует потребность в разработке новых методов математического описания оси трассы и нахождения геодезических элементов для разбивки.

Предлагается метод, дающий возможность нахождения геодезических элементов для разбивки в единой системе координат. Суть представленного метода заключается в возможности определения координат элементов трассы в любой точке, независимо от протяженности и конфигурации трассы. Через известные координаты точек вершин вычисляются координаты начала, конца кривой и центра окружности для обеих кривых. И после этого получаем уравнение прямой:

$$y = y_1 - x_1 * \tan \alpha_{12} + \sin \alpha_{12},$$

и уравнение окружности с центром $O(x_0, y_0)$:

$$y = y_0 \pm \sqrt{R^2 - (x - x_0)^2}.$$

Любая трасса является набором из прямых и круговых кривых, то таким образом получаем формулы для вычисления всех элементов оси трассы в независимости от ее конфигурации и комбинации данных элементов. Задавая координату x любой точки, принадлежащей оси трассы, возможно получить y .

Особенности геодезического обеспечения строительства высотных зданий

Титов В.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время все большее распространение получило высотное домостроение. Если раньше геодезическое обеспечение строительства 16–17 этажного здания считалось сложной задачей, то теперь строительство 20 этажных зданий воспринимается нормой, а строительство высотных зданий (выше 100 метров) становится гордостью инженерно-технической мысли. В нашей стране планируется строительство нескольких зданий высотой более 100 метров. Между тем геодезическое обеспечение строительства зданий высотой более 20 этажей (более 60 метров) имеет свою специфику, свои особенности.

Главной, ключевой задачей геодезического обеспечения строительства высотных зданий является построение внутренней пространственной геодезической сети здания. Существует несколько методов передачи осей на монтажный горизонт. Но лишь три метода: метод вертикального проецирования, метод свободной станции и спутниковый метод могут применяться при строительстве высотных зданий. Метод свободной станции и спутниковый метод – новые методы передачи осей на монтажные горизонты. При строительстве высотных домов выше 300–400 метров ни метод вертикального проецирования, ни метод свободной станции уже не могут применяться. И лишь спутниковый метод может быть использован для передачи осей на такую высоту. Спутниковый метод служит для определения координат точек на монтажном горизонте, а по координатам спутниковых антенн электронным тахеометром производится детальная разбивка осей. По такой методике строилось самое высотное здание в мире – Дубайская башня, которое имеет высоту 818 метров.

Особенностью геодезического обеспечения строительства зданий от 100 метров и выше является также и то, что здание на такой высоте не является статическим. Подвергаясь различным деформациям, вызванным солнечным излучением, ветровой нагрузкой, осадками сооружения будет наблюдаться постоянное колебательное движение строящегося здания, которое возможно учесть на стадии проектирования. Это позволит вычислять точные значения координат на определенное время, что обеспечит монтаж высотного горизонта.

Модульная навигационная система, применяемая для бестраншейной прокладки тоннелей большого диаметра

Мысливчик Е.Ю., Гармаза О.Е

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в городе Минске успешно осваивают бестраншейную прокладку тоннелей большого диаметра при строительстве третьей линии метрополитена с использованием модульной системы наведения компании ZEDTunnel Guidance. Система используется для точного позиционирования буровой туннелепроходческой машины (ТПМ). Ось тоннеля определяется 3D набором координат.

Модульная система задания направления представляет собой лазерную систему, в которой используется интерфейс с лазерным теодолитом, дисплей реального времени, регистрация данных на поверхности земли. Конфигурация системы состоит из следующих модулей: комбинированный приемный модуль - этот измерительный преобразователь, называемый приемным модулем, используется для измерения вертикального и горизонтального отклонения ТПМ относительно опорного лазерного луча, он измеряет горизонтальный угол падения лазерного луча, углы бокового и продольного наклона машины, образующиеся под воздействием силы тяжести; процессор с дисплеем (Processor Display Unit - PDU) представляет собой главный дисплей и компьютер, используемый оператором; интерфейсный блок - этот модуль управляет обменом данных между комбинированным приемным модулем и PDU и подает питание к обоим модулям.

Для отображения позиции ТПМ PDU необходима информация от комбинированного приемного модуля, из таблицы DTA и от пользователя. Таблица DTA - это простой файл ASCII, определяющий необходимую траекторию туннеля и состоящий из множества линий, каждая из которых является точкой DTA. Каждая точка DTA задается минимум тремя координатами: смещение по широте, смещение по долготе и уровень. Четвертая и пятая координата - это пройденное расстояние по траектории туннеля и горизонтальная проекция положения машины на траектории туннеля соответственно. Базой расчетов является положение и угол падения лазерного луча, и расчетная траектория туннеля. Значения измерений вводятся в PDU для предоставления ему информации о положении приемного модуля относительно оси машины. Используя информацию, введенную пользователем, PDU получает данные от датчиков для расчета положения машины.

Спутниковое определение координат и высот пограничных знаков при демаркации белорусско-латвийской государственной границы

Карлович М.Ф.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с протоколами встреч Смешанной демаркационной комиссии, координирование пограничных знаков производилось по зонам ответственности, с контролем координирования в зоне ответственности другой стороны. По результатам вычислений производилась считка координат и высот пограничных знаков. За истинное принималось среднее арифметическое из вычисленных значений.

Координирование пограничных столбов и дополнительных точек, а также определение высот производилось с применением двухчастотных GPS-приемников фирмы TRIMBLE состоящей из антенны Zephyr Geodetic, приемника TRIMBLE 5700, двух антенн TRIMBLE 5800, трех контролеров TSC2.

Определение координат отдельных пограничных столбов и местных предметов, плановое положение которых невозможно определить при помощи спутниковой системы, производилось линейно-угловыми засечками.

Программа полевых наблюдений состояла из одного сеанса продолжительностью 20 мин при длине линии менее 10 км и 30 мин при длине базовой линии свыше 10 км. При этом одна антенна находилась на одном из пунктов опорной спутниковой геодезической сети, а две другие на пограничных знаках. Таким образом, осуществлялась привязка пограничных знаков к опорной сети.

В качестве исходных для определения координат и высот были взяты пункты опорной спутниковой геодезической сети, расположенных в пятикилометровом коридоре от линии границы на территории Республики Беларусь и Латвийской Республики. От них выполнялось уравнивание планового положения и высот пограничных знаков.

В случае, если невозможно установить станцию над пограничным знаком, то вблизи него на открытой местности закреплялся базис из двух точек, планово-высотное положение которых определялось с помощью GPS-измерений. Затем от точек базиса линейно-угловой засечкой определяли координаты пограничного знака, а его отметку тригонометрическим нивелированием.

Способы картографирования историко-архитектурных памятников Беларуси

Атоян Л.В., Герман А.Р.

Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный университет

Республика Беларусь располагает значительным историко-культурным потенциалом, представленным объектами архитектуры, истории, археологии, искусства и др. Все это относится к понятию «историко-культурные ценности». На сегодняшний день в Государственном списке историко-культурных ценностей Республики Беларусь находится более 6000 историко-культурных объектов, в том числе 5373 материальных недвижимых. Самые значимые историко-культурные объекты включены в Список всемирного культурного наследия ЮНЕСКО.

Материальные историко-культурные ценности подразделяются на памятники семи видов: памятники градостроительства, археологии, истории, архитектуры, искусства, документальные памятники, заповедные места. В данной работе предметом исследования являются памятники истории и архитектуры, которые авторами предлагается классифицировать по следующим основным признакам – значению, виду объекта и назначению, временному показателю, степени сохранности, территориальному охвату.

Вид объекта и его пространственное положение на карте обозначается при помощи картографических условных знаков. Кроме того, совокупность знаков выполняет на картах более широкие функции, например, показывает взаимосвязи объектов и позволяет устанавливать закономерности их размещения. Картографические знаки различаются по форме, величине, цвету, ориентировке, светлоте и внутренней структуре. Для обозначения на картах историко-архитектурных памятников Беларуси целесообразно использование способа значков – картографического изображения, указывающего местоположение объекта, не выражающегося в масштабе карты. По своей форме значки могут быть подразделены на следующие группы – геометрические символы, буквенные знаки, знаки с устойчивым зрительным восприятием, ассоциативно-наглядные знаки и живописно-художественные изображения. От сложности знака зависит легкость и быстрота его восприятия. Быстрее распознаются наглядные знаки (нарисованные), медленно – буквенные и геометрические, требующие определенного ассоциативного восприятия, частого обращения к условным обозначениям карты.

О точности объемов земляных масс при вертикальной планировке

Позняк А.С., Крупица С.М.

Белорусский национальный технический университет

Для исследования точности подсчета объемов в зависимости от длины стороны квадратов были выбраны два участка с размерами сторон 120x120 м. Фактический рельеф первого участка имел сложный характер с перепадам высот около 3 м. В качестве второго участка искусственно создана горизонтальная площадка. Проектное преобразование рельефа выполнялось под наклонную плоскость с продольным и поперечным проектными уклонами равными 5 % при соблюдении баланса объемов земляных масс в выемке и насыпи. Участок и площадка разбивались на квадраты с длиной сторон a , равной 5, 10, 20, 30, 40, 60 м и было составлено по шесть вариантов планов организации рельефа и земляных масс. Объемы для каждого варианта определялись двумя методами: 1) по методу с использованием средних отметок центров квадратов и 2) по формуле В.И. Стрельчевского, результаты автоматизированных вычислений по которым приведены в следующей таблице.

| Длина сторон квадратов a , м | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 60 |
|---|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Участок со сложным рельефом | | | | | | |
| 1) $a^2 \sum h_B, \text{м}^3$ $\Delta V/V, \%$ | 246 0 | 3181 2.0 | 3087 4.9 | 3146 3.1 | 3045 6.2 | 3360 3,5 |
| 2) $\sum(a^2 \sum h_B^2/4 \sum h), \text{м}^3$ $\Delta V/V, \%$ | 209 0 | 3161 1.5 | 3022 5.8 | 3000 6.5 | 2915 9.1 | 3105 3.2 |
| Горизонтальная площадка | | | | | | |
| 1) $a^2 \sum h_B, \text{м}^3$ $\Delta V/V, \%$ | 1438 0 | 1430 0.6 | 1400 2.6 | 1350 6.1 | 1280 11.0 | 1080 24.9 |
| 2) $\sum(a^2 \sum h_B^2/4 \sum h), \text{м}^3$ $\Delta V/V, \%$ | 1512 0 | 1438 4.9 | 1430 5.4 | 1417 6.7 | 1400 7.4 | 1350 10.7 |

Сравнительный анализ данных таблицы позволяет сделать следующие выводы: при увеличении размеров квадратов, объемы земляных масс уменьшаются; при квадратах со сторонами от 5 до 30 м сохраняется примерно одинаковая погрешность подсчетов объемов по методу с использованием средних отметок центров квадратов и по формуле В.И. Стрельчевского, при этом первый метод является более точным; характер рельефа оказывает существенное влияние на точность подсчетов объемов.

Картографические методы исследования демографических процессов

Храмов В.М., Будай А.С.
Белорусский государственный университет

Картографический метод исследования широко применяется для получения актуальной информации о населении, его всестороннего исследования, комплексного анализа демографических процессов.

По мнению знаменитого советского географа Н.Н. Баранского, карта является «средством к выявлению географических закономерностей» (Баранский, 1960). Создание карт демографических характеристик населения и их дальнейший анализ является важным методом пространственного исследования населения и материалом для формирования мер социально-демографической политики [3]. Для комплексного исследования демографических процессов целесообразно создавать серии карт или атласы, что позволяет системно анализировать различные демографических показатели, устанавливать их взаимосвязь с социальными и природными факторами, влияющими на них, отслеживать вектор изменения их во времени. Хорошие результаты для пространственно-временного изучения демографических процессов дает применение математико-картографического моделирования. Математические модели способны хорошо отражать структуру, взаимосвязи и динамику демографических процессов. На современном этапе картографирование демографических процессов тесно связано с использованием технологий геоинформационного картографирования. ГИС позволяют комплексно изучать региональные процессы демографии и принимать на основе проводимого анализа научные и управленческие решения. Что дает возможность разрабатывать с помощью ГИС модели демографических процессов, проводить территориальную дифференциацию, районирование и типологию. Весьма интересным представляется использование атласных демографических информационных систем для мультимасштабного изучения демографических процессов.

Литература

1. Евтеев, О.А. Проектирование и составление социально-экономических карт: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям «География», «География и картография» О. А. Евтеев. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. - 223 с.
2. Берлянт, А.М. Картографический метод исследования / А.М. Берлянт. — 2-е изд. — М. : Изд-во МГУ, 1988. — 251 с.
3. Тимонин, С.А. Атласная демографическая информационная система России : дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.33 С.А. Тимонин. — М., 2013. — 180 с.

Использование беспилотного летательного аппарата для производства аэрофотосъемки

Романкевич А.П., Качановская Д.А., Черняков Г.В.
Белорусский государственный университет

Аэрофотосъемка местности, осуществляемая с беспилотных летательных аппаратов, в настоящее время является эффективным решением задач картографирования территорий, имеет преимущества перед традиционной наземной съемкой и в ряде случаев способна заменить ее при создании и обновлении топографических планов крупных масштабов.

Цель данной работы заключалась в изучении технологии производства аэрофотосъемочных работ с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), фотограмметрической обработки полученных материалов и создание ортофотоплана.

Для получения исходных геопространственных данных была использована технология дистанционного зондирования земли с применением БПЛА. В качестве съемочной системы использовался квадрокоптер фирмы Dji – Phantom 3.

Исследуемая территория - питомник декоративных растений УП «Щемяслица» БГУ.

Аэрофотосъемка выполнялась с помощью навигационной программы Pix4d с высоты 40 м с поперечным и продольным перекрытием 70%. Площадь съемки – 6 га.

В результате полета был сформирован набор из 201 фотографии и данные телеметрии, которые включают в себя координаты центров и время фотографирования, данные о положении камеры в момент фотографирования.

Фотограмметрическая обработка выполнялась в программном обеспечении Agisoft Photoscan. В результате выполненных работ получено облако точек (98 856 018 точек). По нему в названной выше программе был построен ортофотоплан в масштабе 1:110 с разрешением 1,67см x пикс.

Таким образом, результаты выполненных работ позволяют сделать вывод, что аэросъемка с БПЛА, благодаря появлению новых алгоритмов обработки, изменению методологии, способна обеспечить информативное и точное ортофотопокрытие в кратчайшие сроки и при низкой стоимости услуг.

**Оценка информативности космических снимков БКА
для распознавания видов земель (на примере учебно-опытного
хозяйства «Щемыслица»)**

Топаз А.А., Герасименя А.С.
Белорусский государственный университет

На современном этапе использование данных космических исследований представляет собой одно из перспективнейших направлений изучения земной поверхности.

Цель наших исследований заключалась в изучении особенностей практического применения методов цифровой обработки спутниковых данных Белорусского космического аппарата (БКА) для распознавания видов земель. Для достижения данной цели потребовалось решение следующих задач:

- изучить методику цифровой обработки космических снимков;
- осуществить тематическую обработку космических снимков БКА;
- выполнить постклассификационную обработку и анализ данных.

Объектом исследования была выбрана территория учебно-опытного хозяйства «Щемыслица». При цифровой обработке в исследовании использовались панхроматический и мультиспектральный снимки БКА с пространственным разрешением 2,1 и 10,5 м (дата съемки 06.06.2015 г.). Для выполнения работ по обработке данных космической съемки использовались программные продукты ENVI 5.2. и ArcGIS10.3.

Тематическая обработка снимков включала классификацию многозонального изображения различными способами и алгоритмами, в результате чего был выбран наиболее достоверный. Анализ результатов тематической обработки спутниковых данных выполнялся на основе визуальной и математико-статистической оценки точности.

По результатам оценки точности выявлено, что для идентификации видов земель по космическим снимкам БКА:

- наиболее оптимальной классификацией является контролируемая классификация;
- наиболее достоверным способом классификации с обучением является способ максимального правдоподобия.

Таким образом, результаты выполненных работ по цифровой обработке снимков позволяют сделать вывод, что снимки БКА достаточно информативны. С их помощью можно идентифицировать земли занятые под жилую застройку, пашни, древесную растительность и построить картосхемы видов земель.

Применение спектральных преобразований космических снимков БКА при цифровой обработке

Топаз А.А., Сурко С.И.

Белорусский государственный университет

Современная оптико-электронная съемочная аппаратура обеспечивает специалиста данными ДЗЗ в видимом и инфракрасном диапазонах спектра.

Мультиспектральные данные могут быть использованы как для получения цветного синтезированного изображения и дальнейшей классификации, так и для получения индексных изображений путем применения спектральных преобразований. Среди спектральных индексов чаще всего выделяют множество вегетационных индексов (т. е. индексов, несущих информацию о состоянии растительного покрова). Индексов существует огромное количество, и каждый имеет свои преимущества и недостатки и, соответственно, достоверность получаемых данных по индексному изображению напрямую зависит от выбранного индекса.

Цель наших исследований заключалась в оценке возможностей использования мультиспектральных данных, расчетных спектральных индексов и преобразований для снимков, полученных с Белорусского космического аппарата (БКА). Для достижения данной цели потребовалось решение следующих задач:

изучить основные спектральные каналы оптико-электронной съемочной аппаратуры БКА, выделить основные комбинации спектральных данных и определить области их применения;

проанализировать результаты применения спектральных и вегетационных индексов;

описать методы линейного преобразования мультиспектральных данных путем анализа главных компонент.

Расчет спектральных индексов в программном комплексе ENVI 5.2 для снимков БКА производился с помощью инструмента Band Math. Инструмент позволяет производить математические операции с каналами мультиспектрального изображения любой сложности.

По результатам выполненных исследований были получены и описаны различные варианты синтеза мультиспектральных данных, индексные изображения, а также главные компоненты. В общей сложности по мультиспектральному снимку БКА из четырех каналов без дополнительных вычислений было рассчитано 8 вегетационных индексов, три относительных индекса и четыре главные компоненты, получены два композитных изображения.

Общее алгоритмическое описание оси трассы линейного сооружения

Подшивалов В.П., Левкин Е.В., Крутящий П.Г.
Белорусский национальный технический университет

Современные технологии производства геодезических измерений и их представления в цифровом формате позволяют обеспечить решение различных задач, с использованием автоматизированных систем проектирования и цифровых электронных приборов.

Если имеем трассу с поворотными точками А, В, С, Д, имеющими соответствующие проектные координаты: x_A, y_A ; x_B, y_B ; x_C, y_C ; x_D, y_D , то координаты любого пикета для детальной разбивки оси трассы как на прямолинейных участках, так и на круговых и переходных кривых могут быть вычислены в рамках общего алгоритма. Для этого используем известные уравнения аналитической геометрии соответствующих линий.

Например, текущие координаты на прямолинейном участке АВ получают из уравнений:

$$x_i = x_A + S_i \cos \alpha_{AB}; \quad y_i = y_A + S_i \sin \alpha_{AB},$$

где: S_i – расстояние от точки А до текущего пикета; α_{AB} – дирекционный угол прямой АВ.

Координаты начала круговой кривой радиусом R на правостороннем повороте в вершине А с углом поворота оси трассы β имеем выражения:

$$x_{HK} = x_A + (S_{AB} - R \operatorname{tg}(\beta/2)) \cos \alpha_{AB}; \quad y_{HK} = y_A + (S_{AB} - R \operatorname{tg}(\beta/2)) \sin \alpha_{AB}.$$

Координаты центра круговой кривой:

$$x_O = x_{HK} - R \sin \alpha_{AB}; \quad y_O = y_{HK} + R \cos \alpha_{AB}.$$

Координаты середины кривой вычисляют по формулам:

$$x_{СК} = x_B + R(\sec(\alpha_{AB} - 1) \sin(\alpha_{AB} + \beta/2));$$

$$y_{СК} = y_B + R(\sec(\alpha_{AB} - 1) \cos(\alpha_{AB} + \beta/2)).$$

Отстояния Δ_j от прямой пикетажных точек на круговой кривой вычисляют по формулам:

$$\Delta_j = y_O + (R^2 - (S_j - x_O)^2)^{1/2},$$

где S_j – расстояние от начала кривой, знак перед радикалом берут при правом повороте трассы, при левом повороте - знак минус.

Таким образом вычисляются проектные координаты пикетажных точек оси трассы и заносятся в соответствующее меню электронного тахеометра перед началом полевых работ. Вычисления производятся с контролем.

В полевых условиях пикетажные точки выносят в проектное положение координатным способом в едином режиме с необходимой точностью.

Формирование системы координат для объектов большой протяженности

Пожелаева К.А., Литвинова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Применение автоматизированных систем проектирования и инфраструктурного сопровождения транспортных сооружений большой протяженности обеспечивает их эксплуатацию в оптимальном режиме. Эта задача решается наиболее просто в случае, когда пространственное описание оси трассы сооружения задано в единой для всего объекта системе координат. Традиционные подходы, основанные на использовании известных зональных систем координат приводит к проблеме, когда объект расположен в нескольких координатных зонах и, следовательно, в разных системах координат. Это затрудняет автоматизацию технологических процессов как на стадии проектирования, строительства, так и эксплуатации подобных объектов. Для Республики Беларусь, территория которой является транзитной, эта задача является одной из приоритетных. В перспективе при создании трансконтинентальной магистрали «Дальний Восток-Западная Европа» эту проблему необходимо решать с учетом современных достижений науки и техники. Нами предлагается формирование единых систем координат для магистральных сооружений на основе проекций, формирующихся в соответствии с критерием Чебышева-Граве о наилучших проекциях и имеющих общее алгоритмическое описание. В этом случае формируются единые для транспортного сооружения системы координат, а также алгоритмически взаимосвязанные координатные системы для сопряжений транспортных сооружений.

Реализация этого критерия выполняется на основе линейной композиции конформных поперечно-цилиндрической и конической проекций. В этом случае представляется возможность получать конформную проекцию с управляемой формой изоколы (линии равных линейных искажений). Проекция будет отображать на плоскости всю трассу магистрального сооружения в единой системе координат с минимально возможными искажениями при условии, когда ось трассы будет минимально отклоняться от соответствующей изоколы, вдоль которой искажения равны нулю. Исследования показывают возможность решения этой задачи для трасс различной протяженности (Москва-Брест, Нижний Уренгой-Ужгород и др.). При этом искажения вдоль всей трассы не превосходят максимальных искажений на краю шестиградусной зоны проекции Гаусса-Крюгера.

Оценка точности результатов уравнивания при использовании метода Lp -оценок

Гармаза О.Е. Мысливчик Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Оценка точности результатов уравнивания при использовании метода Lp – оценок является актуальной задачей при применении нетрадиционных алгоритмов математической обработки геодезических сетей. В настоящее время известны следующие способы оценки точности при различных степенях n :

- 1) по изолиниям целевой функции;
- 2) по приращениям целевой функции;
- 3) с применением фундаментальной теоремы о переносе ошибок:

$$Q = FP^{-1}F^T;$$

$$F = (A^TCA)^{-1}A^TC$$

(здесь A – матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок;
 C – матрица весов измерений);

$$C = Pdiag(|V|^{n-2});$$

- 4) численным получением расширенной псевдообратной матрицы;

5) с использованием не только параметрического, но и коррелятного способов уравнивания.

При $n = 2,0$ (метод наименьших квадратов) все названные способы дают один и тот же результат оценки точности положения пунктов. Но по мере перехода от $n = 2,0$ к $n = 1,0$ (метод наименьших модулей) величины ошибок положения пунктов в разных методах различны и только на отрезке $1,5 \leq n \leq 2,0$ начинают совпадать. Наша задача – раскрыть свойства степеней $n = 1,0$, которую можно решить методом статистических испытаний.

По результатам обработки шести примеров мы получили одинаковый эффект при $1,1 \leq n \leq 1,5$. Замечено, что поправки $V_j = 0,0$ в два-три раза встречаются чаще при $n = 1,0$, нежели при $n > 2,0$.

Используя вычисленную матрицу F , можно не только выполнить оценку точности функций уравненных и измеренных величин, но и вычислить вероятность попадания определяемого пункта в круг ошибок методом статистических испытаний.

Деформационный мониторинг здания «Государственный музей истории театральной и музыкальной культуры Республики Беларусь»

Михайлов В.И., Кононович С.И., Студенко В.С.
Белорусский национальный технический университет
ЗАО «Экомир»

В глубине Музыкального переулка, 5 спряталось одно из самых загадочных зданий Минска – Дом масонов. В плане дом выглядит как масонский крест. В его подземельях проводились ритуалы масонской ложи «Северный факел». Здание музея построено в 1810 г. Оно включено в список историко-культурных ценностей Республики Беларусь.

Объект размещен на склоне моренного холма крутизной 12°. На расстоянии 2-х м от стены для предотвращения сползания здания по склону в ходе работ по реконструкции выполнена ж/б подпорная стенка. Длительный срок эксплуатации (более 200 лет) обусловил появление значительного количества трещин в стенах и сводах, что свидетельствует о наличии деформаций грунтов основания и необходимости наблюдения за ними. С целью предотвращения возможных аварийных ситуаций и прогнозирования технического состояния, проведен деформационный мониторинг здания музея. Это наблюдения за 3Д смещениями объекта в течение марта - мая 2015 г.

Опорная геодезическая сеть была создана в виде светоотражающих марок, наклеенных на восьми окружающих зданиях и сооружениях плотной застройки. Аналогичным образом нанесено двенадцать деформационных знаков в цокольной части обследуемого объекта. Для измерения возможных деформаций здания музея применялся электронный тахеометр TCRA 1201. Все измерения выполнялись в относительной системе координат. Точка установки тахеометра имела координаты $X=0$, $Y=0$, $H=0$. Ориентация прибора задавалась произвольной.

Всего было выполнено четыре цикла высокоточных геодезических измерений с интервалом в один месяц, в период парехода грунтов из мерзлого состояния в талое. Наблюдения за деформациями здания музея проводились по избыточному количеству исходных пунктов и осадочных марок, что значительно повышает достоверность и точность полученных результатов измерений за короткий период времени. Отклонения в положении контрольных точек здания музея не превышали 1 мм, а горизонтальных смещений от нуля до 1,5 мм. Поэтому, обследуемый объект находится в стабильном состоянии и пригоден для продолжения реконструкции с целью его дальнейшей эксплуатации.

УДК 528.48 [621.64: 661.5]

Геодезический контроль прогибов оболочки покрытия, деформаций бортовых элементов и опор здания Комаровского рынка

Михайлов В.И., Куприенко Н.О., Шарыгина А.К.
Белорусский национальный технический университет

Здание Минского Комаровского рынка построено в 1980 г. До 2000 г. эксплуатация здания велась без учета уникальности и повышенных требований для объектов данного типа. Технические условия и правила эксплуатации сборно-монолитной железобетонной оболочки размером 103x103 м покрытия центрального крытого рынка не выполнено. Это привело к тому, что отдельные элементы и участки оболочки покрытия находились в предаварийном состоянии.

Учеными и специалистами БГПА проведены работы по исследованию технического состояния и эксплуатационной пригодности здания Комаровского рынка.

Для дальнейшей безопасной эксплуатации рынка рекомендовано не реже одного раза в квартал выполнять геодезический контроль прогибов оболочки покрытия, деформаций бортовых элементов и опор. Эта работа была поручена кафедре инженерной геодезии.

Для решения этой задачи по периметру рынка и внутри его создано оптимальное количество опорных геодезических пунктов на основе теодолитно-нивелирных ходов повышенной точности в системе координат города Минска. На оболочке покрытия было замаркировано 30 деформационных точек, равномерно расположенных по всему своду покрытия. Для измерения деформаций свайного фундамента в основание свай через одну пристрелены монтажные дюбели.

В программе высокоточных геодезических измерений применялись теодолит 2Т2 и компенсаторный нивелир Копі 007. Ежегодно приборы проходили поверку в РУП «Белгеодезия» на предмет их пригодности для геодезических измерений.

Методика геодезических наблюдений в течение 15 лет включала тригонометрическое нивелирование прогибов оболочки покрытия, нивелирование II класса свайных фундаментов, измерение горизонтальных направлений для определения смещений боковых элементов и угловых опор. Все параметры деформаций перечисленных элементов не превышали нормативных показателей.

С 2016 г. аналогичные высокоточные геодезические измерения выполняются электронным тахеометром TPS 1200 с периодичностью два раза в год.

Small UAV in training geospatial skills

Levin E., Michigan Technological University
Podshivalov V., Belorussian National Technical University

Newly established in 2016 WG V/7: Innovative Technologies in Training Civil Engineers and Architects is working on ISPRS funded project to design computer and UAV aided teaching and learning module exploring geospatial application scenarios of decision support in verification of the state and “health” of various civil infrastructure objects such as buildings, bridges, road/railroad pavements and others.

Specifically, our project comprises: a) practical experience in SUAS imagery acquisition at in-room and outside environments; b) review and comparative analysis of the classical photogrammetry and computer vision based methods of the UAS data processing; c) commercial and open-source software review. Educational outcomes of the proposed project encompass: 1) understanding of small UAV flight planning and limitations of the SUAS platforms and sensors; 2) knowledge of contemporary issues in sensor modeling and calibration deploying classical photogrammetric methods versus computer vision; 3) understanding of technological steps for 3D modeling and geospatial analytics of commercial-of-the-shelf and open-source software packages; 4) hands-on expertise of SUAS data acquisition and processing; 5) understanding of legal regulations of SUAS deployment in airspace of the different countries; 6) profound understanding of SUAS sensors platforms and methods matching to accuracy and procedural needs of the civil engineering application scenarios. SUAS-CAS can be accommodated by undergraduate, graduate and continuous education programs. SUAS-CAS implementation encompasses: 1) identification and acquisition of the in-room and outside SUAV platforms; 2) analytical review of the commercial-of-the-shelf and open-source software systems suitable for the SUAS data processing; 3) preparation of lectures and recording then in multimedia formats; 4) work on quizzes and SUAS-CAS final test. Concentration on low cost SUAS platforms and open-source software systems makes SUAS-CAS to be a viable candidate for the deployment by educators and engineers of developing countries at the different parts of the world. Initial development of SUAS-CAS elements and experimentation with SUAV was performed by Authors in Belorussian National Technical University.

Фотодокументирование визирных целей

Киричок О.И., Пожелаева К.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из видов отчетной документации по визуализации визирных целей можно считать фотодокументацию. Этот вид документации наиболее информативен и не допускает разночтения. Получение такого рода документации предполагает использование фотокамеры. Фотокамера может быть встроена в электронный геодезический прибор, что значительно упрощает и автоматизирует процесс фотодокументирования. Примером такого прибора является электронный тахеометр серии S7, выпущенный компанией Trimble.

Однако в современных условиях фотодокументирование визирных целей можно осуществлять также при работе с приборами, не оснащенными встроенной фотокамерой. В таком случае следует использовать внешние фотокамеры, например, цифровые фотоаппараты или камеры мобильных телефонов. Основным критерием для выбора внешних портативных устройств для фотографирования является характеристика матрицы, в которую входят ее разрешение и светочувствительность. От них зависят детализация изображения, размер будущей фотографии и уровень шумов. Процесс фотодокументирования визирных целей внешними портативными цифровыми фотокамерами предельно прост по содержанию. При необходимости перед началом работы портативная фотокамера настраивается по условиям проведения геодезических работ, то есть уровня освещенности, а также активируется встроенная функция стабилизации, если таковая имеется, которая позволит минимизировать влияние дрожания рук исполнителя на качество изображения. После наведения зрительной трубы геодезического прибора на визирную цель и настройки резкости изображения, объектив цифрового фотоаппарата или камеры мобильного телефона приставляется к окуляру прибора. После автоматической или ручной фокусировки фотокамеры на цель производится её фотографирование.

Фотоснимки, сделанные в полевых условиях, в дальнейшем могут быть экспортированы из памяти фотоаппарата или мобильного телефона на персональный компьютер. Для приведения фотоснимков по форме к отчетному документу, они подлежат обработке в специализированных фоторедакторах, а рабочие снимки, предназначенные для оперативного использования, могут находиться в мобильнике и использоваться по их назначению.

Общепромышленные и комплексные проблемы

Охрана труда

**Условия труда работающих на участках выбивки
отливок из форм литейных цехов**

Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет

Условия труда работающих на участках выбивки отливок из форм литейных цехов определяются комплексом факторов производственной среды таких как запыленность, загазованность, шум, вибрация, тепловое излучение. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований, выполненных при аттестации рабочих мест на предприятиях и в организациях Республики Беларусь.

Вредные вещества, такие как оксиды углерода, фенол, формальдегид и некоторые другие в зависимости от применяемых формовочных материалов фиксировались на рабочих местах выбивальщика отливок и гидropескоструйщика в концентрациях незначительно превышающих допустимые значения. И совершенно иная картина наблюдается при выбивке средних и крупных отливок на решетках, установленных на участках. Повышенное содержание пыли отмечалось в воздухе рабочей зоны выбивальщика отливок.

Интенсивность теплового излучения на рабочих местах у выбивных решеток незначительно превышала допустимые величины (210–350 Вт/м²). Однако при извлечении отливок из опок интенсивность теплового излучения на рабочих местах значительно превышала допустимые значения (1300–2150 Вт/м²).

Повышенные уровни шума отмечались на рабочих местах выбивальщиков отливок при работе у выбивных решеток. Уровни шума на рабочих местах превышали допустимый значения на 12–17 дБ.

Результаты проведенных исследований вибрации показали, что наибольшие превышения уровней общей вибрации наблюдаются в области средних и высоких частот на рабочих местах выбивальщиков отливок у выбивных решеток.

Таким образом при комплексной оценке условий работающих на участках выбивки отливок из форм литейных цехов необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, а также продолжительность нахождения персонала непосредственно у работающего оборудования.

**Условия труда работающих на плавильно-заливочных
участках литейных цехов**

Лазаренков А.М., Хорева С.А.

Белорусский национальный технический университет

Условия труда работающих на плавильных участках литейных цехов определяются комплексом факторов производственной среды таких как загазованность, шум, тепловое излучение и высокая температура. Оценка данных параметров проводилась по результатам проведенных исследований, выполненных при аттестации рабочих мест на предприятиях и в организациях Республики Беларусь.

Вредные вещества, такие как оксиды углерода, оксиды азота фиксировались на рабочих местах при работе плавильных печей. Самая неблагоприятная обстановка по оксиду углерода отмечается на рабочих местах плавильщиков и заливщиков металла, где концентрации превышают допустимые в 1,3–2 раза. В цехах массового производства, несмотря на большую интенсивность технологических процессов, не фиксируются повышенные концентрации оксида углерода за счет эффективной вытяжной системы вентиляции. При заливке форм на плацу среднего и крупного литья серийного производства концентрации оксида углерода превышают допустимые в 2–2,5 раза.

Интенсивность теплового излучения превышала допустимые величины на рабочих местах при сушке ковшей на стенде, у плавильных печей при всех выполняемых операциях. Температура воздуха на рабочих местах плавильно-заливочных участках превышала допустимые значения на 4–8 °С в теплый период года, а в холодный период года – на 6–12 °С.

Повышенные уровни шума отмечались на рабочих местах плавильщиков и заливщиков при обслуживании плавильных агрегатов и литейных конвейеров. Уровни шума на рабочих местах у оборудования превышали допустимый значения на 3–9 дБ.

Таким образом при комплексной оценке условий работающих на плавильно-заливочных участках литейных цехов необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, а также продолжительность нахождения персонала непосредственно у работающего оборудования при выполнении технологических операций.

**О влиянии коротких замыканий на взрывоопасность
электрооборудования**

Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Во взрывоопасных зонах недопустимо применение электрооборудования общего назначения. В этих условиях должно применяться взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащищенность обеспечивается одним или несколькими принципами взрывозащиты: взрывонепроницаемостью, повышенной надежностью против взрыва, искробезопасностью и т. п. Во взрывонепроницаемом электрооборудовании все электрические части машин и аппаратов заключаются во взрывонепроницаемую оболочку, назначение которой – исключить возможность воспламенения окружающей взрывоопасной среды от электрооборудования при любых режимах его работы. Это достигается благодаря сочетанию трех факторов: взрывонепроницаемости, взрывоустойчивости и температурного режима оболочки. Сущность фактора взрывонепроницаемости заключается в том, что если образуемые фланцами зазоры, через которые полость оболочек сообщается с внешней средой, имеют достаточно малую высоту при сравнительно большой ширине, то через них взрыв не будет передаваться наружу.

В процессе эксплуатации взрывонепроницаемого электрооборудования взрывоопасные смеси могут проникать, где могут возникать искрения или чрезмерный нагрев отдельных токоведущих частей как при нормальной работе электрооборудования, так и вследствие какой-нибудь неисправности (ослабления контакта, обрыва проводника, повреждения изоляции и т. п.), что приводит к взрыву газопаровоздушной смеси, проникшей внутрь оболочки. В результате внутреннего взрыва в оболочке могут возникнуть к.з. из-за ионизации воздушного промежутка между электродами. Под действие электрической дуги происходит расплавление, испарение и разбрызгивание металла электродов. Установлено, что раскаленные дугой к.з. газы и металлические частицы (при выбросе из оболочки через фланцевые зазоры) представляют значительно большую опасность для передачи взрыва наружу, чем продукты газопаровоздушных смесей, воспламеняемых искрой от магнето. Опыты с метано-воздушной смесью показали, что для обеспечения одинаковой вероятности передачи взрыва через фланцевые зазоры при воспламенении смеси электрической дугой и электрической искрой от магнето высота зазора в первом случае должна быть в два раза меньше, чем во втором. Пары и брызги расплавленного металла электродов осаждаются на станках и крышке оболочки.

Безопасность при эксплуатации средств электрохимической защиты подземных сооружений

Филянович Л.П., Шрубенко Т.П.

Белорусский национальный технический университет

Эксплуатация средств электрохимической защиты (ЭХЗ) и периодический контроль потенциалов на подземных сооружениях и газопроводах должны проводиться специализированными организациями, службами, лабораториями, аттестованными в области электротехнических измерений в установленном порядке. Для выполнения этих работ необходимо иметь схемы мест расположения защитных установок, опорных (контрольно-измерительных пунктов) и других точек измерения потенциалов газопровода, данные о коррозионной агрессивности грунтов и источниках блуждающих токов, наличии переменной составляющей, а также проводить ежегодный анализ коррозионного состояния газопроводов и эффективности работы электрозакрипных установок. При наличии опасного влияния блуждающих токов в грунтах низкой и средней коррозионной агрессивности катодная поляризация должна обеспечивать отсутствие на газопроводах анодных и знакопеременных зон. При этом технический осмотр электрозакрипных установок, не оборудованных средствами телеметрического контроля, должен проводиться: не реже 4 раз в месяц – на дренажных; 2 раза в месяц – на катодных, расположенных в городах и городских поселках; не реже 1 раза в месяц – на катодных, расположенных на межпоселковых газопроводах и в населенных пунктах сельской местности; не реже 1 раза в 6 месяцев – на протекторных установках. При наличии средств телеметрического контроля сроки проведения технических осмотров устанавливаются техническим руководителем эксплуатирующей (газоснабжающей) организации с учетом данных о надежности устройств телеметрического контроля. Проверка эффективности средств ЭХЗ газопровода должна проводиться путем измерения изоляционного потенциала или разности потенциалов между трубой и землей не реже чем 1 раз в 6 месяцев (с интервалом не менее 4 месяцев), а также после каждого изменения рабочих параметров электрозакрипных установок или коррозионных условий. Суммарная продолжительность перерывов в работе установок ЭХЗ не должна превышать 14 суток в течение года. Исправность электроизолирующих соединений должна проверяться при приемке газопровода в эксплуатацию и при каждом произвольном изменении (ухудшении) параметров работы электрозакрипной установки. При изоляции стыков труб с разными защитными покрытиями следует применять рулонные материалы.

**Загрязнение воздуха положительными аэронами
при работе с ПЭВМ**

Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы большое внимание уделяется улучшению условий труда пользователей ПЭВМ и ВДТ, несмотря на то, что их качество и безопасность постоянно улучшаются. В развитых странах, в том числе Германии, Швеции, США, вопрос об опасности работы за дисплеями поднялся до уровня национальной проблемы, а в Германии работа за дисплеями входит в список 40 наиболее вредных и опасных профессий. Обеспечение безопасной жизнедеятельности при работе за компьютером в значительной степени зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов. 28 июня 2013 г. Министерство здравоохранения Республики Беларусь утвердило Постановление № 59 о введении в действие Санитарных норм и правил «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами». На работающего на компьютере постоянно или периодически действуют вредные производственные факторы. Одним из них является загрязнение воздуха положительными аэронами. Электрическое состояние воздуха сильно влияет на работоспособность. В воздухе в нормальных условиях находятся положительно и отрицательно заряженные частички, называемые *аэроны* (*аэроионы*). Отрицательные аэроны улучшают самочувствие, повышают работоспособность, а тяжёлые – положительные – действуют угнетающе, ухудшают состав крови, зрение, работу иммунной системы. Многочисленная офисная техника в процессе своей работы уничтожает из окружающей среды лёгкие отрицательные аэроионы, снижает влажность воздуха. По мере пребывания людей в помещении, лёгкие аэроны, оседая на частицах пыли и капельках влаги, превращаются в тяжёлые, т. е. постепенно количество лёгких аэронов в воздухе закрытого помещения падает, а тяжёлых растёт, что является причиной быстрого утомления, снижения работоспособности, головных болей, приводит к ошибкам в работе. Поэтому в помещениях, оборудованных ВДТ, ЭВМ или ПЭВМ должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы. Также в компьютерных классах необходимо устанавливать аэризаторы.

**Компьютерный зрительный синдром
как вредный производственный фактор при работе с ПЭВМ**

Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет

Большой объём перерабатываемой информации приводит к значительным нагрузкам на органы зрения – возможен *компьютерный зрительный синдром (КЗС)*. Впервые решением проблемы CVS (Computer Vision Syndrome, русская аббревиатура КЗС), занялись специалисты США и термин «КЗС» был введён Американской ассоциацией оптометристов. Связано это было с тем, что с жалобами на схожие симптомы при работе с ПЭВМ в США в 1992 г. обратилось около 10 млн. чел, а в 1995 – уже 15 млн. КЗС проявляется в виде: жжения в глазах; чувства песка под веками, боли в области глазниц и лба, боли при движении глаз, покраснения глазных яблок, боли в области шейных позвонков, быстрого утомления при работе. Одной из причин такого поведения нашего организма можно считать то, что человеческое зрение, формировавшееся веками, мало приспособлено к зрительной работе с изображением на компьютере. Экранная картинка отличается от естественной тем, что она выделяет свет, а не отражает его, причём спектр этого излучения далёк от естественного. Оттенки на мониторе эмулируются сочетанием интенсивности цветов RGB-модели – красного, зелёного и голубого, что, в конечном счёте, представляет собой сильно урезанную модель спектра естественного света. Такое изображение имеет меньший контраст по сравнению с печатным, причём оно - мелькающее, а не статичное. Одним из требований, регламентируемых СанПиНом № 59 от 28.06.2013 г. «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», является ограничение работы с ПЭВМ беременных женщин до 3-ёх часов за смену, так как наиболее уязвимыми при облучении мониторами являются обновляющиеся клетки живых организмов. То есть перегрузка, получаемая, через органы зрения, создаёт «помехи» для работы мозга при решении им другой задачи. Как следствие, утомление наступает быстрее. Практически у всех пользователей при непрерывной работе за ПК в течении 6-ти часов наступает КЗС. Поэтому на первый план выступает такой аспект, как оптимальная организация рабочего места, его субъективная комфортность и профилактические мероприятия.

Электромагнитные излучения от плавильных печей

Ушакова И.Н., Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет

Электромагнитное излучение от плавильных печей было изучено на примере индукционной канальной печи ИЛК-0,4-С1. Принцип действия такой печи подобен принципу действия силового трансформатора, работающего в режиме короткого замыкания. Уровни электромагнитного излучения измеряли прибором 03 МИ 001-2006. Для разных диапазонов частот использовали типы антенны - преобразователя табл. 1.

Выбор типа антенны–преобразователя

| Тип антенны – преобразователя | Диапазон частот | Пределы измерения | | |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | Напряженность | | ППЭ (мкВт/см ²) |
| | | электрическая составляющая (В/м) | Магнитная составляющая (А/м) | |
| АП-1(ППЭ) | 0,3-40 ГГц | 1-615 | | 0,26-100000 |
| АП-3(Е) | 0,03-300 МГц | 0,5-300 | | 0,066-23800 |
| АП-5(Н) | 0,03-50 МГц | | 0,05-8 | |

Замеры электромагнитного излучения были проведены на уровнях 0,5; 1,0; 1,5 м от пола и на расстоянии 1 м от печи.

Результаты замеров сведены в табл. 2.

| Высота измерения | Фактическая электрическая составляющая, Е, В/м | | Магнитная индукция, нТл | |
|------------------|--|------|-------------------------|--------|
| | факт | ПДУ | факт | ПДУ |
| 0,5 | <5,0 | 25 | <62,5 | 250,0 |
| | <5,0 | 500 | <62,5 | 5000,0 |
| | <5,0 | 2,5 | <5 | 25 |
| 1 | 6,47 | 25 | 62,5 | 25,0 |
| | 50,5 | 500 | 2500 | 5000 |
| | <0,5 | 2,5 | | 2,5 |
| 1,5 | 25 | 25,0 | <62,5 | 250,0 |
| | 25 | 500 | <62,5 | 5000,0 |
| | 25 | 2,5 | <50 | 25,0 |

Результаты замеров показали, что напряженность электрической составляющей и магнитной составляющей не превышает ПДУ. Магнитная индукция в 2,5 раз превышает ПДУ на высоте 1 м от пола.

Охрана труда при выплавке цветных сплавов в среднечастотных индукционных печах

Фасевич Ю.Н., Ушакова И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Основными опасными и вредными производственными факторами при выплавке цветных металлов в индукционных печах являются нагревающий микроклимат, высокая загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны, интенсивный импульсный шум, общая и локальная вибрация, электромагнитные поля. В сочетании с неэффективной системой вентиляции и интенсивной физической нагрузкой данные опасные и вредные факторы производственной среды приводят к физиологическим изменениям здоровья и развитию профессиональных заболеваний.

При плавлении и розливе цветных сплавов в воздух рабочей зоны поступает мелко- и среднедисперсная пыль, имеющая сложный химический состав с высоким содержанием меди, диоксида кремния, свинца, никеля, кадмия и мышьяка. Фактические концентрации пыли на рабочем месте плавильщика составляют 3,1-3,8 мг/м³, среднесменные 2,9-3,6 мг/м³, что значительно превышает предельно-допустимую концентрацию.

Определен класс условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ (пыли) – 3.2. Это вредный класс условий труда 2 степени.

Индукционные печи для выплавки цветных сплавов расположены на незначительном расстоянии от оборудования литейного цеха, которое является источником шума, общей и локальной вибрации.

Уровень звука на рабочих местах превышает предельно допустимый уровень звука и составляет 85 дБА. Определен класс условий труда в зависимости от уровня звука – 3.1. Это вредный класс условий труда 1 степени. Определен класс условий труда в зависимости от уровня виброскорости (виброускорения). Он превышает ПДУ на 3 дБ. Класс условий труда – 3.1.

Были проведены замеры электромагнитного излучения. Напряженность электрической и магнитной составляющей не превышает ПДУ.

При аттестации рабочего места плавильщика при выплавке цветных сплавов по всем вышеуказанным вредным факторам определен класс условий труда 3.1 (вредные условия труда первой степени). Установлен размер доплат 0,1 % от тарифной ставки первого разряда за 1 час работы. Дополнительный отпуск составляет 4- 12 дней.

Оценка санитарно-гигиенических условий труда по результатам аттестации при производстве цветных сплавов

Фасевич Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Черная металлургия, в частности производство цветных сплавов, постоянно ставит перед гигиеной труда новые задачи исследований. Эти задачи связаны с необходимостью санитарно-гигиенической оценки труда и основных направлений дальнейшего развития технологических процессов. Труд рабочих в черной металлургии свидетельствует о неблагоприятном воздействии на организм работающих пыли в сочетании с неблагоприятными физическими факторами рабочей среды (микроклимат, шум, вибрация), а также с тяжелым и напряженным трудом, что обуславливает развитие заболеваний общих и профессиональных заболеваний.

Проведенный анализ трудовой деятельности с помощью хронометражных исследований показывает, что оперативное время (время занятости различными трудовыми операциями) рабочих основных профессий составляет от 60,0% до 64,6% общей продолжительности смены. При существующем режиме работы, внутри рабочего дня, имеется один регламентированный перерыв для приема пищи, а стихийно возникающие паузы между отдельными рабочими циклами (16,67-21,25% продолжительности смены) нельзя относить к полноценному отдыху, так как они чаще всего проводятся в непосредственной близости от рабочих мест в условиях воздействия вредных и опасных производственных факторов (микроклимат).

О комплексном влиянии интенсивности энергозатрат в зависимости от периода года на организм работающих свидетельствует большая величина влагопотерь (211,1- 258,3 г/час) и отрицательный водный баланс (1,85 л.).

Отмечается допустимый показатель напряженности (2 класс) производственной обстановки, при нарастающей ответственности за качество основной работы (вредный показатель напряженности 3 класса, 2 степени). Изменения также обусловлены вынужденными рабочими позами, усиливающими мышечное напряжение.

Комплексный подход оценки санитарно-гигиенических условий труда в настоящее время реализуется в виде рекомендации по использованию СИЗ, внедрению лечебно-профилактического питания, для повышения защитных механизмов организма.

**Действие транспортной вибрации очень низкой частоты
(менее 2 Гц) на вестибулярный аппарат человека**

Журавков Н.М., Пантелеенко Е.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Вибрация представляет собой колебания частиц в ту и другую сторону от равновесного положения и имеет характер, общий для твердых, жидких и газообразных сред. Кроме того, энергия вибрации может передаваться от одной среды другой, например, от твердой среды газообразной. Вибрация твердых тел воспринимаются организмом совершенно иначе, чем воздушные вибрации. В организме нет специального рецепторного органа перцепции, однако механические вибрации оказывают возбуждающие действие на несколько сенсорных и чувствительных систем. Каждая система чувствительна лишь к одной узкой полосе вибрационных частот.

Вибрации очень низких (до 2 Гц) и низких частот является причиной воздействия транспортной болезни, симптомы которой описаны достаточно подробно и бесспорно связаны с вестибулярной перцепцией со стороны автономной нервной системы.

Транспортная болезнь считается проблемой первостепенной важности особенно при использовании автомобильных, морских и авиационных средств передвижения, при этом заболевают до 15 % пассажиров, а в неблагоприятных атмосферных условиях до 45 % (тошнота, рвота, головная боль и т. д.). Различают разные виды и степени транспортной болезни, но общей для всех видов является их связь с движением очень низкой частоты (<2 Гц).

Нарушения вестибулярного аппарата выражены тем сильнее, чем выше максимальные ускорения. Эти данные относятся лишь к вертикальным движениям, которые даже выше в возникновении морской и воздушной болезни. (угловое ускорение может достигать до 49° с периодичностью качания 3-7 секунд). Помимо влияния механических факторов и позы оказывает воздействия на возникновение транспортной болезни и ряд других условий чаще всего это относится к зрению и психическому состоянию (созерцание объекта, движение которого не совпадает с движением человека, страх, нервозность и т. д.).

В качестве профилактических мер от транспортной болезни можно предложить тренинг, возможность обзора горизонта, создание искусственного горизонта, оптимизации конструкций транспортных средств и сидений, а также сокращение времени контакта с вибрацией.

**Охрана труда при проведении котлоочистных работ
на энергообъектах**

Журавков Н.М., Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

ОАО «Белкотлоочистка» проводит котлоочистные работы на следующих теплоэнергетических объектах Республики Беларусь: Бобруйские тепловые сети и ТЭЦ-2, Осиповичская миниТЭЦ; Минская ТЭЦ-2, котельная теплосетей, Минская ТЭЦ-3, Минская ТЭЦ-4, Светлогорская ТЭЦ, Мозырская ТЭЦ-24, Гомельская ТЭЦ-2; Могилевские ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, тепловые сети; Гродненская ТЭЦ-2, Лидская ТЭЦ; Витебская ТЭЦ-2 и теплосети; Жодинская ТЭЦ-25, Борисовский котельный цех.

Котлоочистные работы включают механическую очистку и мойку рабочих зон паровых и водогрейных котлов разных типов от шлаковых отложений. Очистке подлежат поверхности нагрева и воздухоподогреватели, каналы ГЗУ, конвективные шахты, топочные пространства, карманы конденсаторов, зоны дробеочистки, зоны горелок, топок, пароперегревателей, бойлеров и осуществляется котлоочистками.

Основными опасными и вредными факторами труда котлоочистов являются: повышенные уровни шума и локальной вибрации при применении ими механизированного ручного инструмента, неблагоприятные метеоусловия, повышенные концентрации пыли ванадий-содержащих шлаков, недостаточная освещенность и т.д. Кроме того очистные работы ведутся, как правило, в неудобной позе ограниченного пространства с перемещением по вертикали и подъемом грузов, а также связаны с опасностью поражения электрическим током и с использованием высоконапорного водяного оборудования (при мойке поверхностей).

Установлено, что превышения по шуму составляют 3–9 дБ, по локальной вибрации до 2 дБ, по температуре воздуха до +4 °С; влажности до 5 %, скорости движения воздуха до 0,12 м/с.

Нахождение в неудобной позе за смену составляет до 70 % времени, количество наклонов достигает более 1000.

Согласно комплексной оценки факторов производственной среды, а также тяжести и напряженности трудового процесса класс условий труда составляет 3.2 (вредные), что дает право работникам данной профессии на льготное пенсионное обеспечение (Список № 2), а также на дополнительный отпуск и доплаты в установленном порядке.

**Вопросы охраны труда при выполнении работ
с повышенной опасностью в строительстве**

Батяновская И.А., Первачук Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Термин «работа с повышенной опасностью» в действующих нормативных правовых актах не определен. К работам с повышенной опасностью относятся работы, для производства которых требуется: особо строгое соблюдение требований безопасности; высокая согласованность в действиях работников; осуществление специальных технических и организационных мер безопасности; постоянный контроль за ходом выполнения таких работ со стороны ответственных лиц. Безопасность производства многих работ с повышенной опасностью в строительстве, как правило, обеспечивается применением системы нарядов-допусков. Наряд-допуск - это письменный документ, в котором указывается место (места) проведения работ с повышенной опасностью, их содержание, условия безопасного выполнения, время начала и окончания работ, состав бригады или лиц, выполняющих работы, ответственных лиц при выполнении этих работ. Кроме того, в наряде-допуске предусматривается оформление письменного разрешения на производство работ (допуск).

В ТКП 45-1.03-40-2006 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования» приведен примерный перечень мест производства и видов работ, на выполнение которых необходимо выдавать наряд-допуск, а также форма наряда-допуска на производство работ повышенной опасности. В строительной организации на основе этого перечня должен быть составлен и утвержден руководителем организации, с учетом ее профиля, свой перечень мест производства и видов работ, по которым выполнение работ производится только по наряду-допуску. Наряд-допуск выдается ответственному исполнителю работ лицом, назначенным приказом руководителя организации. Наряд-допуск выдается лишь на выполнение определенной работы, либо на срок, необходимый для выполнения работы, указанной в наряде-допуске. Перед допуском к работе ответственный исполнитель работ проводит целевой инструктаж с записью в наряде-допуске. Лицо, выдавшее наряд-допуск, осуществляет контроль за выполнения мероприятий по обеспечению безопасности производства работ. К производству работ с повышенной опасностью работники допускаются после прохождения обучения безопасным методам и приемам работ и получения соответствующего удостоверения.

Профессиональная заболеваемость машинистов строительной техники при производстве земляных работ

Вершеня Е.Г., Батяновская И.А.

Белорусский национальный технический университет

Земляные работы выполняются с использованием землеройно-транспортных машин (бульдозеров, скреперов, грейдеров, экскаваторов и др.). Земляные работы включают в себя подготовку территории, возведение дамб, насыпей, рытье котлованов, траншей, каналов и т. п. В следствии специфических технологических методов работ строительных машин, профессиональные заболевания машинистов возникают в результате воздействия опасных и вредных производственных факторов: движущиеся машины и механизмы, опасные зоны, повышенная или пониженная температура воздуха (в летний период до +30–+35 °С, в зимний до +4–+12 °С), запыленность рабочей зоны, загрязнение воздуха в кабинах газообразованными продуктами сгорания топлива (оксидом углерода, оксидами азота, акролеином и др), недостаточная освещенность, шум, вибрация, нервно-психические перегрузки и мн. др. В структуре профессиональных заболеваний машинистов строительной техники на первом месте находятся болезни костно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата (48,0 %), так как поза машиниста характеризуется статическими нагрузками и вынужденным положением тела, на втором месте нейро-сенсорная тугоухость (22,2 %), на третьем месте вибрационная болезнь (16,2 %), доля пневмокониозов составляет (7 %). Больше половины случаев профессиональных заболеваний приходится в возрастной группе от 56 до 65 лет (50,5 %) со стажем работы свыше 25 лет. Безопасный стаж машинистов строительной техники составляет от 7 до 20 лет.

Для правильной диагностики профессионального заболевания важно тщательно изучить санитарно-гигиенические условия труда, анамнез больного, его «профессиональный маршрут», включающий все виды работ с начала трудовой деятельности. В целях улучшения условий труда и быта рабочих – строителей, снижения общей и производственной заболеваемости, профилактики профессиональной заболеваемости, обеспечения надлежащего санитарного содержания территории строительных объектов разработаны и утверждены Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 декабря 2014 года № 120 санитарные нормы и правила «Требования к организациям, осуществляющим строительную деятельность, и организациям по производству строительных материалов, изделий и конструкций».

Науменко А.М., Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Слабые электромагнитные поля (ЭМП) высокой частоты для человека опасны тем, что интенсивность таких полей совпадает с интенсивностью излучений организма человека при обычном функционировании всех систем и органов в его теле. Наиболее негативное свойство ЭМП в том, что они имеют свойства накапливаться со временем в организме. Одним из источников такого электромагнитного поля является современный автомобиль.

Процент ЭМП от автомобильного транспорта в городах значительно вырос, как в результате увеличения транспортного потока, так и увеличения количества и мощности электрооборудования современного автомобиля. В автомобилях, оснащенных двигателем внутреннего сгорания источником ЭМП является система воспламенения воздушно-топливной смеси. Но еще большим источником ЭМП являются гибридные автомобили. Гибридный автомобиль является наиболее опасным для здоровья человека, так как большое количество мощной автомобильной электроники сосредотачивается в пределах относительно наибольшего по размерам по размерам автотранспортного средства. Кроме этого, батареи и силовые кабели в гибридах часто расположены близко к водителю, электрический ток, который приводит в действие двигатель гибрида на малых скоростях, создает магнитные поля, которые представляют серьезный риск для здоровья водителя в результате воздействия ЭМП.

Для примера приведено измерение магнитного поля в неподвижном гибридном автомобиле в выключенном двигателем и кондиционере. В гибридах, в которых батарея была размещена спереди, наблюдались маленькие поля. Более сильные поля наблюдались в автомобилях, в которых батарея расположена сзади. В этих автомобилях батарея расположена под багажником или под задним сиденьем, и ток течет через весь автомобиль из передней части, от генератора до батареи. Такой большой токовый контур генерирует значительные магнитные поля. При этом максимальное поле было отмечено у заднего сиденья на уровне ног. Частотный диапазон ЭМП для гибридного автомобиля лежит в пределах от 5 Гц до 1 ГГц. Влияние ЭМП в таких автомобилях довольно длительно в отличие от бытовых приборов, ведь водитель проводит за рулем транспортного средства много часов подряд.

Особенности охраны труда при выполнении технологических процессов уборки зерновых культур

Молош Т.В., Войтешик Т.С.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Уборка зерновых культур – один из важнейших производственных процессов в земледелии. Для этого используются зерноуборочные комбайны: Лида -1300, КЗС-5 «ПАЛЕССЕ GS05 » и др. Наибольшее распространение в Республике Беларусь получили комбайны КЗС – 1218. Производственная деятельность связана с воздействием на работающих вредных и опасных факторов, возникающих при выполнении технологических процессов. Нарушение правил и инструкций по охране труда при устранении забиваний, поломок, проведении технического ухода, а также работа на неисправном зерноуборочном комбайне приводят к серьезному травмированию комбайнера или лиц, находящихся в зоне работы (движения) комбайна. Наиболее характерные ситуации, при которых происходит травмирование работающих: опрокидывание машин на неровных уклонах поля, дороги, поворотах, склонах более значения установленного в инструкциях по эксплуатации; придавливание работающих во время ремонта жатки, коробки передач, сборки и регулировки наклонной камеры, вариатора; захват одежды, обуви, частей тела человека неогражденными рабочими органами или их приводами; столкновение (наезд, контакт) с естественными и искусственными препятствиями (камни-валуны, столбы, провода электропередач); механическое воздействие подвижных частей машин, механизмов, неисправного инструмента; наезд машин на людей, расположившихся на отдых под машинами и в других неустановленных для отдыха местах, а также при устранении технических неисправностей (самовключение рабочих органов). До начала работы на зерноуборочных комбайнах следует проверить наличие и исправность защитных ограждений над вращающимися деталями механизмов, карданными, зубчатыми, ременными передачами; блокировочного механизма; решетки или крышки на бункере; инструмента и приспособлений и запасных ножей. Для обеспечения безопасности труда должны быть проведены организационные - технические мероприятия, включающие подготовку зерноуборочной техники, оборудование мест для отдыха и площадок для хранения техники, проведение инструктажа по охране труда на рабочем месте, которые в соответствии с требованиями нормативных технических правовых актов направлены на профилактику производственного травматизма при выполнении технологических процессов уборки зерновых культур.

Совершенствование мер пожарной безопасности на зерносушильных комплексах

Молош Т.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Производство зерна в сельском хозяйстве завершается его послеуборочной обработкой (сушка зерна, очистка и сортировка). В настоящее время все вышеперечисленные работы выполняются на зерноочистительно-сушильных комплексах различной производительности. При нарушении требований по эксплуатации сушилок комплекса не исключена возможность возникновения пожара, который может возникнуть от загорания зерна; короткого замыкания в электрооборудовании; загорания топочных агрегатов; перегрева подшипниковых узлов и норийных лент при их пробуксовывании; возгорания пыли в неочищенных воздуховодах. Для предупреждения загораний зерна в сушилках необходимо строго следить за отсутствием завалов шахт и температурой теплоносителя, не допускать работу сушилок при неисправной работе регуляторов температуры. Содержание соломистых примесей в зерне не должно превышать 0,5 % при длине соломин не более 50 мм. Показателем нормального состояния сушильных шахт является одинаковый и равномерный поток зерна из выпускного устройства. Нельзя использовать сушилки, если: зерно сильно загрязнено и слишком влажное. При загорании зерна в шахте зерносушилки комплекса, что определяется по запаху и дыму, следует немедленно остановить топочный агрегат, вентиляторы, плотно закрыть все задвижки и жалюзи, остановить выпускной механизм и нории. Если зерно продолжает тлеть, разгрузить сушилку и выгруженное зерно убрать на открытое место, где его можно затушить водой. При этом комплексы должны быть оборудованы необходимыми средствами пожаротушения. При осуществлении допуска в эксплуатацию, а также для бесперебойной работы зерносушильных комплексов следует уделять внимание вопросам правильности подбора аппаратов защиты (предохранителей, автоматических выключателей и др.); надежности контактных соединений силовых проводов и кабелей; исправности запорных устройств и замков на силовых шкафах, сборках и щитах управления. Перед началом работ следует провести внешний осмотр агрегатов зерносушилки в целом, обратив особое внимание на надежность заземления, отсутствие подтекания топлива или утечки газообразного топлива. В целом реализация нормативных, организационных, технических мероприятий при эксплуатации зерносушильных комплексов, внедрение инновационных научно-технических разработок, направленных на создание условий для обеспечения пожарной безопасности на производстве.

**Метрология,
стандартизация,
и управление качеством**

Совершенствование нормативного обеспечения в области экологической сертификации (экологической маркировки) продукции в Республике Беларусь

Купреева Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Национальным планом Республики Беларусь по «зеленой» экономике на 2017-2020 годы в области экологической сертификации предусматривается разработка и принятие НПА и ТНПА, устанавливающих особенности экологической сертификации (экологической маркировки) продукции. Анализ частично сформированного нормативного обеспечения в области экологической сертификации продукции показал, что существующие проблемы связаны с отсутствием утвержденных в установленном порядке требований к экологическим критериям продукции, процедур их проверки, аккредитованных на компетентность и независимость органов по экологической сертификации и специалистов. Для решения данных вопросов был использован европейский опыт экологической сертификации (экологической маркировки) продукции, основанный на действующих технических законодательных актах ЕС, регламентирующих требования к экологическим критериям присвоения экологической маркировки по 20 видам продукции. Экологические критерии отечественной продукции предлагается устанавливать с учетом анализа жизненного цикла продукции (СТБ ИСО 14040); требований, установленных в документах ЕС на экологическую маркировку конкретных видов продукции; требований НПА и ТНПА, в области ООС и природопользования; определенного периода действия показателей экологических критериев продукции и функциональных характеристик для каждой группы продукции. Установленные для продукции экологические критерии должны учитывать общие и специальные требования, в частности требования к сырью, материалам, комплектующим изделиям, к производству, энергопотреблению, маркировке, упаковке и др. На основании вышеизложенного был разработан рабочий проект технического кодекса установившейся практики ТКП/ПР_1/XXXX «Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок экологической сертификации (экологической маркировки) продукции». Цель разработки проекта ТКП – актуализация основных положений и порядка проведения экологической сертификации (экологической маркировки) продукции и гармонизация с действующим законодательством Республики Беларусь в области охраны окружающей среды и международными нормами и правилами.

**Проектирование новых технических систем
в области роботостроения**

Лысенко В.Г., Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Решение многих проблем проектирования новых роботов базируется на изучении движения насекомых и животных в природных условиях и использовании компьютера для поддержки работы инженера.

При использовании принципа работы и кинематики биологических образцов, имеется возможность разработать новые идеи для усовершенствования перемещающихся роботов. Некоторые биологические объекты используют необычные способы перемещения своих конечностей, чтобы получить необходимую траекторию.

Используя принцип работы и кинематику биологических прототипов можно получить новые идеи для улучшения движущихся роботов. Некоторые биологические объекты используют необычные способы перемещения своих конечностей по необходимой траектории.

В обычных шагающих роботах используют несколько приводов для перемещения каждой ноги. Наши роботы отличаются тем, что каждый привод используется для перемещения нескольких ног. Таким образом, нам удалось минимизировать количество приводов у робота.

Это позволит сделать новые шаги в направлении миниатюризации ползающих и шагающих роботов. Возможно создание различных вибрирующих роботов с использованием всего одного привода в виде источника вибрации корпуса робота. Нами создана модель вибро-микроробота, внутри которого находится ультразвуковой привод.

Трансформация высокочастотных колебаний корпуса робота в низкочастотные колебания концов ног происходит благодаря эластичности ножек, их относительно большой длине и трехмерному изгибу для придания им специфической формы. Наша модель перемещалась по гладкой поверхности со скоростью до 500 мм в секунду.

Определение погрешностей при линейно-угловых измерениях в системе компас-3D

Лысенко В.Г.

Белорусский национальный технический университет

В компьютерных учебных, исследовательских и производственных информационных технологиях можно использовать различное программное обеспечение для создания интерактивных моделей реальных систем. Например, в учебном процессе можно использовать программное обеспечение АСКОН (например, КОМПАС-3D – систему трехмерного моделирования для создания моделей различных систем) и AutoDesk (например, AutoCAD для создания интерактивных моделей реальных систем). Авторами данной статьи было проведено графическое исследование погрешностей при линейно-угловых измерениях на примере контрольно-измерительных приспособлений для измерения полного радиального биения отверстия втулки, контрольного приспособления для контроля полного торцового биения поверхности ступенчатого вала и контрольного приспособления для контроля полного радиального биения поверхности ступенчатого вала. Система КОМПАС-3D V12 предназначена для создания двух- и трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология системы позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Ключевой особенностью «Компас-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН. Платформа, которая была использована авторами, позволяет оценить погрешность, возникающую из-за различных отклонений формы или расположения поверхностей реальных деталей СИ при линейно-угловых измерениях, а также отобразить численное значение этой погрешности. Обеспечивается вовлеченность пользователя в процесс исследования погрешностей, так как он может участвовать в этом процессе, изменяя численные значения параметров геометрической модели и наблюдая изменения погрешности системы.

На примере контрольного приспособления для контроля полного торцового биения ступенчатого вала проведены сравнения результатов исследования инструментальной погрешности, полученных с помощью теоретического расчета и практически, с помощью программного обеспечения.

Анализ новых требований в области мониторинга технического состояния строительных объектов

Петрусенко П.А.

Белорусский национальный технический университет

Отсутствие нормативной базы, как обследования, так и мониторинга технического состояния строительных объектов приводит к несогласованным работам по оценке технического состояния отдельных зданий и сооружений и, как правило, объектов, уже находящихся в аварийном состоянии.

В последнее время технология мониторинга находится в стадии разработки концептуальных основ комплексной системы контроля состояния зданий и сооружений. В области строительного мониторинга зданий и сооружений за период с 2010 по 2016 годы введены в действие несколько новых нормативных документов, в частности ГОСТ Р 53778-2010 национальный стандарт российской федерации «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» и межгосударственный стандарт Евразийского Совета по стандартизации, метрологии и сертификации ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». Настоящие стандарты явились нормативной основой для комплексной системы мониторинга строительных объектов. Данные стандарты регламентируют требования к работам и их составу, по получения информации, необходимой для контроля и повышению степени механической безопасности зданий и сооружений, а также распространяются на проведение работ по:

- комплексному обследованию технического состояния зданий или сооружений для проектирования их реконструкции или капитального ремонта;
- обследованию технического состояния зданий и сооружений для оценки возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации или необходимости их восстановления и усиления конструкций;
- общему мониторингу технического состояния зданий и сооружений для выявления объектов, конструкции которых изменили свое напряженно-деформированное состояние и требуют обследования технического состояния;
- мониторингу технического состояния зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий, для обеспечения безопасной эксплуатации этих зданий и сооружений.

Исследование факторов неопределенности измерений в биометрических 3D системах

Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

В Варшавском технической университете на базе лаборатории 3D-технологий создаются цифровые биометрические системы, позволяющие проводить измерения геометрических (антропометрических) параметров пациентов путем обработки цифровых изображений в режиме on-line. Антропометрический параметр, а именно координаты точки объекта (тела пациента) в трехмерном пространстве, измеряют путем определения координат пикселя цифрового изображения, соответствующего данной точке объекта, по отношению к некоторой нулевой точке отсчета. Суммарная неопределенность измерения представляет собой геометрическое место точек (область) в 3D-пространстве и комплексирована из неопределенностей измерения каждой координаты. Анализ бюджета суммарной неопределенности показал, что основной вклад вносит методическая составляющая, обусловленная разрешением биометрической системы (цифровой камеры). Учитывая масштабные коэффициенты цифровой съемки объекта, можно физические размеры $n \cdot m$ единичного пикселя изображения привести к геометрическим параметрам регистрируемой сцены. Таким образом, область цифрового изображения $n \cdot m$ пикселей соответствует области $n \cdot m$ неких элементарных областей регистрируемой сцены в 2D-формате (рисунок).

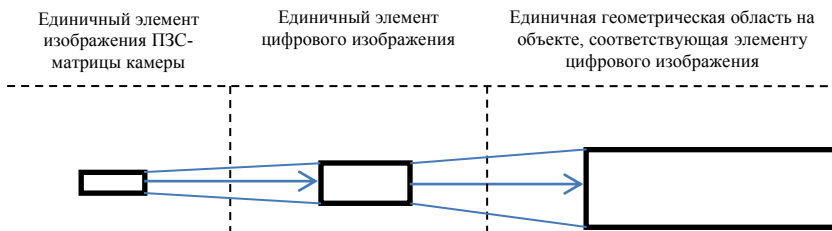


Схема соответствие пиксельных координат геометрическим в 2D формате

Влияние видеотерминала не принимается во внимание для данной измерительной задачи, поскольку видеотерминал не вносит изменчивости в результаты измерений и используется лишь как средство отображения информации.

Повышение достоверности регистрационного контроля на основе технологии трансформирования шкал

Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Во многих визуально-оптических методах контроля используются шкалы наименований и порядка, что усложняет процедуру обеспечения достоверности, валидации и верификации для лаборатории. По сути шкала наименований может объединять множество однотипных объектов или а скорее множество разнотипных шкал, независимых или пересекающихся. Идентификация объектов предполагает выбор «одного из многих» или «много из многих», что является комбинаторной задачей. В работе предлагается рассматривать все в едином аспекте с позиции информационной неопределенности. Основная идея исследования основывается на следующих положениях и проиллюстрирована рисунком 1.

- Любую совокупность однородных объектов или совокупность свойств отдельно взятого объекта можно представить в виде некоего многомерного функционального пространства с определенным числом степеней свободы.
- Оси данного функционального пространства представляют собой вектора, задаваемые на основе аппаратурных или экспертных методов получения информации.
- Базовым элементом функционального пространства номинальной шкалы является ступень квантования, и таким образом, неопределенность (информационная энтропия) определяется как условное геометрическое место точек, принадлежащих некой единичной области, отсекаемой векторами.

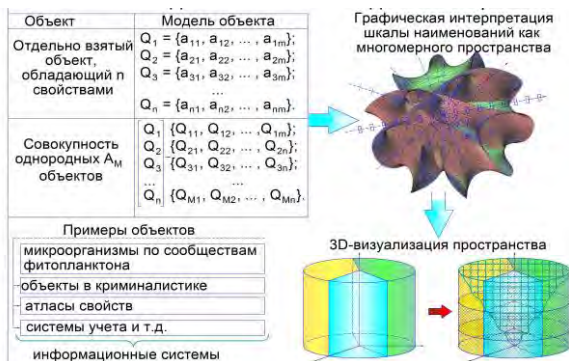


Схема упорядочения шкалы наименований в визуально-оптических методах контроля

Обеспечение результативности стандартизации за счет представления стандарта как фрактальной структуры

Серенков П.С., Бужан И.А.

Белорусский национальный технический университет

Типичный подход к разработке проекта государственного стандарта заключается в следующем. Типичная тактика разработки заключается в следующем: сначала формируются разделы будущего документа, затем каждый раздел прорабатывается в подразделы, каждый подраздел - в пункты, а каждый пункт, при необходимости, - в подпункты. То есть разработка ведется сверху вниз, послойно согласно уровням иерархии будущего стандарта. Предложено решение данной задачи - модульная организация работы. Формирование проекта первой редакции стандарта реализуется в виде иерархически взаимосвязанных сессий.

Каждая сессия - процесс взаимодействия разработчика с группой заинтересованных экспертов - фокус-группой. Вовлечение фокус-группы в данный процесс привносит качественно иное содержание процесса и предполагает альтернативные варианты организации работы. Члены фокус-группы выступают в роли консультантов разработчика.

Объект одной сессии на любом уровне иерархии - отдельно взятый модуль. Отдельно взятый модуль - фрагмент проекта первой редакции стандарта, представляющий его простейший структурный элемент (единичную декомпозицию типа «части - целое»).

Модульный подход в такой интерпретации - реализует фрактальную структуру проекта стандарта, которая обеспечивает главное преимущество такого подхода: проработка единичного фрактала, т. е. разработка и валидация типовой методики проведения сессии (в рамках одного модуля), позволит избежать серьезных ошибок при формировании модулей на всех уровнях иерархии и, как следствие, всего проекта стандарта. Таким образом, результативность процесса разработки первой редакции проекта стандарта не зависит от объема и сложности документа.

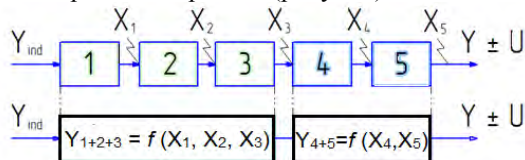
Дополнительные преимущества модульного подхода состоит в следующем. Модуль как структурный элемент стандарта позволяет ограничиться оценками в одной из самых простых шкал - номинальной. Альтернативные оценки в этой шкале («согласен», «не согласен») априори являются самыми «точными» (достоверными) с позиций отдельно взятого эксперта. Однако следует отметить, что оценки в шкале номиналов неизбежно имеют низкую информативность, что компенсируется фрактальностью структуры проекта стандарта.

Универсальность комбинированного подхода к оцениванию неопределенности результатов измерений

Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

На основании анализа модельного и эмпирического подходов к оцениванию неопределенности результатов измерений сделан вывод об их равноценности. Обоснована возможность их комбинации в рамках одного метода измерений. Сформулирована ключевая идея комбинированного подхода, заключающаяся в том, что процесс измерения можно условно делить на «отрезки», каждый из которых можно рассматривать как самостоятельный дочерний подпроцесс (рисунок).



Процесс измерения как последовательность сгруппированных операций

Приведено теоретическое обоснование комбинированного подхода.

Из рисунка следует, что математически корректным является, например, следующая конструкция выражения:

$$u_c(Y) = \sqrt{[(c_1 \cdot u_1)^2 + (c_2 \cdot u_2)^2 + (c_3 \cdot u_3)^2]} + \sqrt{[(c_4 \cdot u_4)^2 + (c_5 \cdot u_5)^2]}$$

где $u_c(Y)$ – суммарная стандартная неопределенность результата измерений; u_i – стандартная неопределенность входной величины x_i , c_i – коэффициент чувствительности. Оценка суммарной неопределенности конечного результата измерений производится путем комплексирования оценок суммарных неопределенностей результатов подпроцессов («отрезков»). Пусть, например, результат первых трех операций (1+2+3) (см. рисунок) описывается некой функциональной зависимостью. Промежуточная суммарная оценка неопределенности на данном «отрезке» процесса – u_{1+2+3} . Оценка произведена, например, модельным подходом.

Пусть 4-й и 5-й этапы функциональной зависимости не имеют. Суммарная оценка неопределенности на данном «отрезке» процесса произведена, например, эмпирическим подходом – u_{4+5} .

Конечный результат оценивания:

$$u_c(Y) = \sqrt{u_{1+2+3}^2} + \sqrt{u_{4+5}^2}$$

Универсальность комбинированного подхода продемонстрирована для двух основных случаев применения: прямые измерения и косвенные измерения.

Сравнительный анализ норм точности зубчатых колес и передач, устанавливаемых стандартами различных категорий

Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет

За основу для проведения анализа были приняты такие стандарты как межгосударственный стандарт ГОСТ 1643, действующий у нас в стране, международные стандарты ISO 1328-1 и ISO 1328-2, а также национальные стандарты Германии DIN 3961–DIN 3963, как наиболее развитого в промышленном отношении европейского государства. По результатам проведенного анализа можно сделать следующие наиболее важные выводы. 1. Прежде всего, следует отметить существенное отличие по диапазонам геометрических параметров зубчатых колес, на которые распространяются требования рассматриваемых стандартов (таблица).

Таблица Геометрические параметры зубчатых колес, охватываемые
ГОСТ1643, ISO 1328 и DIN 3961–DIN 3963

| ГОСТ 1643 | ISO 1328 | DIN 3962- DIN 3963 |
|------------------------------|---------------|--------------------|
| Делительный диаметр d, мм | | |
| до 6300 | от 5 до 15000 | до 10000 |
| Модуль зубьев m, мм | | |
| от 1 до 55 | от 0,5 до 70 | от 1 до 70 |
| Ширина зубчатого венца b, мм | | |
| до 1250 | от 4 до 1200 | до 1000 |

2. ГОСТ 1643 устанавливает гораздо большее количество нормируемых показателей точности зубчатых колес и передач (39 показателей нормированы), нежели ISO 1328 (17 показателей нормированы) и DIN 3962 (19 показателей нормированы). 3. ГОСТ 1643 включает в себя 12 степеней точности (1 и 2 на перспективу), ISO 1328-1 включает в себя 10 степеней точности (2-11), ISO 1328-2 включает 9 степеней точности (4-12) и DIN 3962 включает в себя 12 степеней точности (1-12). 4. В ГОСТ 1643 и DIN 3961–DIN 3963 числовые значения допусков представлены в табличной форме, в то время как в ISO 1328 их надо рассчитывать по формулам.

5. Разделение показателей по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев в ISO 1328 и DIN 3962 отсутствуют. Так же отсутствуют регламентированные виды сопряжений зубчатых колес в передаче, виды допуска на боковой зазор, классы отклонения межосевого расстояния, нормы бокового зазора.

6. В ISO 1328 отсутствуют отдельно устанавливаемые требования к зубчатым передачам.

Особенности метрологического моделирования объектов измерительного контроля

Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет

Среди возможных моделей объектов измерительного контроля представляется необходимым различать две группы: *концептуальные и экспериментальные модели*. Концептуальные модели создают аналитическим путём. Так, разработку конструкции детали при проектировании нового изделия начинают с *идеальной модели* объекта. Затем переходят к получению *реалистической модели*, которая отличается от идеальной из-за различных технологических искажений. Особую роль играет формальная модель, необходимая для установления соответствия ей реального объекта при контроле – *нормативная модель*. Для выстраивания методики выполнения измерений опираются на аналитически построенные реалистические модели, которые подтверждает или опровергает экспериментальная модель, построенная по результатам измерений. Однако для заключения о годности объекта может быть использована не любая экспериментальная модель, а только та, которая адекватно представляет объект в рамках поставленной задачи контроля. Например, номинально цилиндрическая поверхность рукоятки управления станком может считаться круглой в поперечном сечении даже при значительном различии толщин («диаметров»), но такой подход совершенно непозволителен при контроле подшипниковой шейки вала. При этом существенными могут быть не только элементарные погрешности формы, но и другие, описываемые более сложными моделями, для построения которых приходится использовать метод проб и ошибок, последовательно приближаясь к некоторой оптимальной модели (в рамках поставленной задачи контроля) и последовательно используя *предварительную и уточнённые модели*. *Оптимальной (адекватной) моделью* будет такая, отличиями которой от реального объекта в рамках поставленной задачи можно пренебречь. Критерием адекватности экспериментальной модели можно считать пренебрежимо малую методическую погрешность (погрешность идеализации объекта) при применении модели в процессе измерений (контроля). В ходе разработки методики контроля необходимо создать нормативную модель объекта и разработать метод получения адекватной экспериментальной модели. Соответствие этой экспериментальной модели нормативной является подтверждением годности контролируемого объекта.

Метрологическое обеспечение контроля мышьяка в продукции

Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет

Воздействие неорганического мышьяка, главным образом при питье загрязненной воды, потреблении пищи, приготовленной с использованием такой воды, или при употреблении в пищу продовольственных культур, орошаемых водой с высоким содержанием мышьяка, может приводить к отравлению. Поэтому контроль пищевой продукции на содержание в ней мышьяка является важной и актуальной задачей. Для определения содержания мышьяка выбран атомно-абсорбционный метод, имеющий высокую чувствительность. Подтверждение пригодности методики выполнения измерений (МВИ) осуществляется посредством верификации, т.к. методика является стандартной. Верификация МВИ содержания мышьяка проводилась по трёхфакторному плану эксперимента с полной группировкой согласно СТБ ISO 5725-3. Было произведено исследование шести матриц. При проведении эксперимента по оцениванию линейности метода выполнено измерение аналитического сигнала (оптической плотности) для шести калибровочных растворов различных концентраций согласно ГОСТ 31707. Построение градуировочного графика выполнено по методу наименьших квадратов с помощью программного обеспечения спектрометра. График построен в координатах «интегральное значение абсорбции» – «массовая концентрация мышьяка». Аналитическая зависимость в пределах диапазона применения линейна.

Для установления правильности МВИ оценено различие между средними значениями результатов измерений концентрации для матрицы на трех уровнях и эталонным значением. Повторяемость и воспроизводимость МВИ подтверждается результатами измерений идентичных образцов для разных уровней на всем диапазоне применения в условиях повторяемости и воспроизводимости. Проверялось влияние вариаций внутри лаборатории на результаты измерений идентичных образцов. Для оценивания точности результатов измерений применен комбинированный метод: модельный подход – к оцениванию вклада смещения метода и подход на основе оценивания данных эксперимента – к оцениванию вклада остальных составляющих. Оценивание неопределенности массовой концентрации мышьяка осуществлялась с помощью градуировочных растворов разных концентраций. Обработка результатов измерений выполнена согласно СТБ ISO 5725, ISO TS 21748 и Государственной фармакопеи Республики Беларусь. Исследования подтвердили, что МВИ соответствует установленным требованиям.

Опыт совершенствования СМК организации

Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы является совершенствование системы менеджмента качества ОАО «Белэнергоремналадка». Для оценки функционирования СМК проанализированы результаты внутренних аудитов и уровень удовлетворенности руководства и персонала. Прослеживается отсутствие положительной тенденции, причем удовлетворенность руководства и персонала заметно различается. Для получения всесторонней картины деятельности принято решение провести процедуру самооценки в соответствии с рекомендациями СТБ ISO 9000 и СТБ ISO 9004. Самооценка является одним из самых эффективных инструментов улучшения работы организации, так как позволяет выявить скрытые резервы и уязвимые места, которые становятся очевидными только при критическом самоанализе. Приоритетным критерием при разработке методики стала простота в понимании и применении. Этим требованиям отвечает Модель самооценки в соответствии с СТБ ISO 9004 и метод анкетирования, главное преимущество которого в том, что его использование не требует больших затрат, быстро осуществляется внутренними средствами, а также привлекает широкий круг персонала к процессу самооценки.

Начальным этапом стало назначение ответственного и формирование экспертных групп. Сформированы две экспертные группы (первая состоит из 10-ти рядовых сотрудников организации, во вторую вошли 7 человек руководящего персонала). Перечень критериев, по которым проводится самооценка составляется двумя группами экспертов и объединяется ответственным за проведение самооценки. Совместно формируется шкала пять уровней зрелости. Список вопросов и шкала утверждаются генеральным директором организации и являются основой формирования анкет для экспертов. После заполнения анкет полученные экспертные оценки уровней зрелости по каждому критерию комплексуются как среднее арифметическое значение и вносятся ответственным за проведение самооценки в сводный лист. На совещании эксперты анализируют предоставленные данные и выдвигают предложения по улучшению. По результатам каждого совещания ответственный за проведение самооценки составляет сводный отчет для генерального директора. После анализа отчета генеральный директор информирует сотрудников организации о результатах проведения самооценки и принятых решениях по улучшению деятельности предприятия.

**Использование современных информационных технологий
при изучении учебных дисциплин**

¹Стадник В.В., ²Скорин Ю.И.

¹Белорусский национальный технический университет

²Харьковский национальный экономический университет

Система оценивания знаний, умений, навыков студентов должна учитывать все виды занятий, предусмотренные программой учебной дисциплины: лекции, лабораторные и практические занятия, выполнение индивидуальных заданий, самостоятельную работу. Контрольные мероприятия предусматривают текущий и итоговый контроль. При этом компьютерное тестирование, как средство проверки знаний, имеет следующие преимущества: тесты являются качественным и объективным способом оценки благодаря стандартизированной процедуре проведения, на всех этапах тестирования невозможно внести субъективную составляющую в оценку, она не зависит от настроения преподавателя, его отношений с конкретным студентом, впечатлением от ответов на предыдущие вопросы; тесты имеют большую емкость, широкую шкалу оценивания, ее можно расширить как вверх, так и вниз; всем предоставляются равные возможности.

Могут быть предусмотрены следующие виды тестов: превентивные тесты, содержащие анонс материалов; входной контроль, предшествующий изучению дисциплины; самоконтроль; промежуточный и итоговый контроль; контроль остаточных знаний.

Проверка и оценка знаний может быть проведена в следующих формах: оценивание знаний при контроле подготовленности студентов к выполнению лабораторных работ и во время защиты отчетов по ним; оценка результатов выполнения индивидуального задания; промежуточный тестовый контроль; текущий контроль по каждой теме учебной дисциплины, итоговый контроль по дисциплине.

Большинство видов тестирования легко осуществлять, применяя персональный компьютер и современные информационные технологии. При этом преподаватель практически освобождается от рутинной работы проверки большого количества однотипных тестов, при которой легко допустить ошибку. Целесообразным является обеспечение программному продукту определенной универсальности применения, например, создания при разработке тестов возможности избрания шкалы оценивания, то есть количества баллов в системе оценивания знаний.

**Особенности описания моделей эксплуатации
контрольно-проверочной аппаратуры с цифровыми
средствами измерений**

¹Стадник В.В., ²Подорожняк А.О.

¹Белорусский национальный технический университет

²Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения жизненного цикла различных образцов техники, что требует их эффективного обслуживания. Сложность метрологического обслуживания, высокие требования к квалификации обслуживающего персонала, неоптимальные сроки периодичности обслуживания – все это является причинами увеличения стоимости эксплуатации образцов техники.

Оптимальная эксплуатация современных образцов техники требует обработки больших потоков измерительной информации, широкого использования средств измерительной техники (СИТ) вместе с вычислительной, что ведет к переходу от автономных СИТ к комплексным измерительным системам – перспективной контрольно-проверочной аппаратуре (КПА).

Для разработки математических моделей КПА с непрерывным временем эксплуатации используют математический аппарат систем массового обслуживания, как правило, марковские случайные цепи. Математические модели эксплуатации КПА в области измерений, описанные в известной литературе, не учитывают широкое внедрение цифровых СИТ, имеющих преимущества перед аналоговыми, их особенности. Оснащение КПА современными цифровыми СИТ привело к появлению новых состояний, в которых может находиться КПА, а именно: поэлементная проверка составляющих аппаратуры; замена неисправного элемента модульной аппаратуры на исправный; самодиагностика отдельных элементов аппаратуры; диагностирование программных средств аппаратуры и т. д. Усовершенствованная математическая модель эксплуатации перспективной КПА с применением теории марковских случайных процессов, учитывающая новые состояния, более полно описывает процесс эксплуатации всего измерительного комплекса и позволяет получить оценки эффективности ее применения по назначению в заданных условиях эксплуатации с учетом характеристик надежности составляющих средств (элементов), а решение системы алгебраических уравнений дает результат вероятности пребывания КПА в своем основном состоянии – аппаратура исправна и применяется по назначению.

Особенности выбора комплекса показателей исходного состояния потребителя физкультурно-оздоровительных услуг

Хорлоогийн А.С.

Белорусский национальный технический университет

Установлено, что наиболее проблемными с позиции обеспечения качества являются виды услуг, где преобладает субъективная составляющая организации процесса предоставления услуги. В частности, это относится, например, к физкультурно-оздоровительным услугам, которые являются одним из важнейших направлений повышения качества жизни за счет улучшения физического и функционального состояния человека. Причем последнее в соответствии с пожеланиями (целями) клиента характеризуется определенным комплексом физических и функциональных показателей организма.

Установлено, что результат физической подготовки во многом зависит от правильного определения исходного физического состояния потребителя услуги и соответственно корректной программы физической подготовки, соответствующей этому состоянию.

Методы и средства оценки физического состояния клиента в практике физической подготовки представлены достаточно широко (клинические, параклинические, методы и средства спортивной медицины и др.). Однако необходимо учитывать, что каждая организация, предоставляющая физкультурно-оздоровительные услуги, имеет свой уникальный (в части количества и качества) парк оборудования для проведения первичной диагностики клиента – контроля исходного состояния.

Оценка интегрального показателя характеризует возможность клиента достигнуть поставленных целей и может быть определена за счет формирования контрольного комплекса показателей функционального и физического состояния клиента, поддерживаемого имеющимся в организации комплексом организационно-технических средств, и обеспечивающим достоверную оценку интегрального показателя исходного состояния клиента.

Методологической основой системы принят принцип функциональной взаимозаменяемости наборов показателей исходного состояния потребителя услуги, которые соответствуют цели физического совершенствования.

Для обеспечения взаимозаменяемости наборов показателей необходимо оценить информативность каждого набора показателей для конкретной цели.

Павлов К.А.

Белорусский национальный технический университет

Информационные технологии являются одним из самых динамично развивающихся направлений в Республике Беларусь и в мире. Ключевым аспектом в IT-сфере является обмен информацией в качестве продукции или услуги. Поэтому защита информации становится необходимой составляющей современного бизнеса в сфере информационных услуг, а также надежным инструментом защиты персональных данных, сбережений, интеллектуальной собственности. Все эти особенности защиты информации заложены в систему менеджмента информационной безопасности (далее – СМИБ), положения которой регламентированы международными стандартами ISO/IEC серии 27000.

Одним из главных положений при разработке и внедрении СМИБ в организации является выявление и оценка рисков информационной безопасности (далее – ИБ). Процедура оценивания рисков ИБ поэтапно изложена в ISO/IEC 27005. Согласно ISO/IEC 27005 алгоритм оценки рисков ИБ состоит из следующих этапов: инвентаризация активов; идентификация уязвимостей активов; идентификация угроз (источники потенциальных рисков); оценка последствий и описание средствами управления (механизмы снижения влияния угроз на активы организации через их уязвимости). Фактически данный алгоритм и определяет методику оценки рисков ИБ, которую внедряют организации в рамках функционирования СМИБ.

Однако практика применения данной методики показывает, что в ней, наряду с ее доступностью и итоговой информативностью, имеется существенный недостаток – этап инвентаризации активов. По сути, на этом этапе необходимо выявить все имеющие значимость (ценность) для деятельности организации объекты. И часто, специалисты для достижения этой цели руководствуются рекомендациями ISO 31010 – используют метод мозгового штурма. Данный метод также имеет ряд уязвимостей, связанных с корректным формированием экспертной группы (состав, согласованность эксперта и экспертов в группе и т. д.).

Поэтому для разработки результативной методики оценки рисков ИБ на стадии идентификации активов предлагается использовать функциональную модель бизнес-процессов, т.к. она, при корректном ее описании, отображает все основные процессы организации и взаимосвязанные с ними ресурсы, что, по факту, и является основными активами организации.

Система менеджмента борьбы с коррупцией – новая важная составляющая системы менеджмента современной организации

Павлов К.А.

Белорусский национальный технический университет

Взятничество является одним из наиболее разрушительных и сложных вопросов в современном мире для развивающейся экономики. Последствия взяточничества в организациях и странах могут быть катастрофическими: снижение качества жизни, рост нищеты, подрыв общественного доверия и т. д.

Однако, несмотря на все прилагаемые усилия на национальном и международном уровнях для борьбы с взяточничеством, коррупция остается серьезной проблемой для организаций и общества. Признавая это, Международная организация по стандартизации начала разработку новых международных стандартов ISO серии 37 000, чтобы помочь бороться с коррупцией в организации и способствовать развитию корпоративной культуры. С октября 2016 в действие вступил в действие первый международный стандарт из этой серии – ISO 37001. ISO 37001:2016 «Антикоррупционные системы управления» определяет ряд мер и механизмов для помощи организации обнаружить и предотвратить любые проявления коррупции (подкуп, нелегальные схемы по тендерным процессам и т. д.). Согласно ISO 37001 система менеджмента борьбы с коррупцией включает следующие этапы:

- принятие антикоррупционной политики;
- формирование реестра нормативных правовых актов страны, в которой ведет свою деятельность организация;
- назначение работников по контролю за антикоррупционным соответствием;
- проведение обучения персонала;
- оценка риска и юридическая экспертиза проектов и деловых партнеров;
- реализация финансового и коммерческого контроля;
- установление отчетности и процедуры расследования.

Стандарт универсален и может применяться организациями различных размеров (крупные, средние и маленькие) и видов деятельности (частные, не правительственные и государственные организации).

Мероприятия, требуемые ISO 37001 должны быть спроектированы и внедрены в действующую систему менеджмента организации, и так как структура стандарта установлена подобной ISO 9001 – это обеспечивает легкую интеграцию этих мероприятий.

Микро- и нанотехника

Возможности получения мембранных элементов на основе порошков титана

Ковалевская А.В., Жук А.Е., Жук К.А.

Белорусский национальный технический университет

Изготовление пористых порошковых материалов (ППМ) из порошков Ti определяет основное направление создания фильтров и мембран, работающих в агрессивных условиях. Получение пористых изделий из порошков с нанопокрытием из смеси компонентов, химически не взаимодействующих при осаждении и формовании (Mo–Si–C), позволяет изготовить пористую заготовку с заданным распределением пор в условиях спекания. Спекание порошка Ti в вакууме наблюдается при температуре образования из смеси компонентов карбидов или силицидов, что позволяет получить ППМ с высокими свойствами. Целью работы являлось: определение режимов распыления комбинированного катода, установление условий формования и спекания порошка Ti с каркасной структурой (Mo+Si+C) с образованием ППМ с изотропной структурой и высокими свойствами. После распыления катода Mo–Si распыляли катоды Si и графит, которые участвовали в процессе упрочнения дисилицида молибдена за счет образования карбидов в магнетронной распылительной системе (MPC) и осаждения эмиссионного потока на поверхность частиц в условиях раздельного синтеза с предварительной очисткой поверхности порошка Ti плазмой тлеющего разряда (ПТР).

Используя диаграмму двойных сплавов, определяли возможные химические соединения в смеси конденсата и на границе покрытие – частица. Получение фильтрующих элементов из Ti с покрытием, имеющим гладкую поверхность, осуществляли по технологии включающей:

- а) обработку плазмой тлеющего разряда (ПТР) исходного порошка Ti (операция проводится перед каждой разгерметизацией для смены катода);
- б) распыление моно - Si и C и комбинированных (Mo+Si) катодов (осаждение конденсата на очищенную поверхность исходных частиц);
- в) формование под давлением $p < \sigma_{0,2}$ Ti в металлической пресс – форме;
- г) активированное реакционное спекание в вакууме при нагреве до температур 900–1000°C с изотермической выдержкой.

Спекание порошка протекает через прослойку MoSi₂ при 940–1000°C. Формирование сложных карбидов позволило получить тонкие пористые фильтры и мембраны с повышенными свойствами.

Синтезирование аморфных структур карбидов магнетронным распылением

Ковалевская А.В., Жук А.Е., Жук В.А
Белорусский национальный технический университет

Технологии, связанные с нанесением тонкопленочных аморфных покрытий, являются одними из наиболее актуальных направлений получения новых материалов, в том числе наноструктурных. В настоящее время наиболее перспективными методами нанесения покрытий являются вакуумно-плазменные методы. Расширить возможности метода магнетронного распыления позволило совместное использование МРС и источников ионов, которые генерируют направленные потоки ионов рабочих (как инертных, так и химически активных) газов, ускоренных до определенной энергии. Что в свою очередь позволяет применять их для чистки поверхности подложек и воздействия ионным потоком на покрытие в процессе его роста для изменения его структуры. В работе использовалось магнетронное диодное распылительное устройство планарного типа с регулируемой магнитной системой. Отключение катушки индуктивности переводит магнетрон в источник тлеющего разряда, что позволяет осуществлять предварительную очистку и активацию поверхности и окончательную обработку покрытия плазмой тлеющего разряда.

Вакуумные технологии синтеза керамики предусматривают активацию реагентов при нагреве до 850-1000°C. В покрытиях Si+C толщиной свыше 100 нм, полученных магнетронным распылением, реакция $\text{Si} + \text{C} = \text{SiC}$ протекает с поглощением тепла, что вызывает изменение механизма формирования карбидокремниевого слоистого покрытия на диффузионный. Дилатометрические исследования подтвердили, что реакционное спекание активных, полученных по вакуумной технологии, атомов Si и C протекает в диапазоне температур 650–850°C.

При отжиге 850°C в покрытии протекают диффузионные процессы перемещения подвижных атомов углерода с образованием SiC с гексагональной плотно упакованной решеткой (α -фазой) и сохранением в структуре аморфного слоя. Картина микродифракций подтвердила присутствие аморфной фазы в покрытии, о чем свидетельствуют размытые линии Гало, а рентгеноструктурный анализ и результаты исследования электропроводимости покрытия показали, что после термообработки имеет высокое удельное электросопротивление за счет формирования α – SiC и наличия аморфной прослойки.

**Магниторезонансная диагностика композиционных материалов
на основе портландцемента**

¹Бакаев А.Г., ¹Маркевич М.И.,

¹Чапланов А.М., ²Щербакова Е. Н.

¹Физико-технический институт НАН Беларуси

²Белорусский национальный технический университет

В настоящее время тенденция к миниатюризации изделий техники СВЧ ставит задачи по разработке материалов, которые обладают высокой поглощающей способностью, хорошими клеящими, герметизирующими и изолирующими свойствами. Их применяют для поглощения электромагнитного излучения в наземной, морской, авиационной и космической технике, что позволяет повысить скрытность объектов и уменьшить вероятность их обнаружения радиолокаторами [1], поглощения электромагнитного излучения в экранирующих устройствах, в поглощающих облицовках и корпусах.

Были синтезированы композиционные материалы на основе портландцемента и лака БТ1 и лака АК-113 в качестве связующего. Исследования морфологии образцов проводились с помощью сканирующего электронного микроскопа SEM 515. Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе ЭПР «Минск 22» при комнатной температуре. Рабочая длина волны - 3 см. Максимальное значение индукции магнитного поля - 450 мТл. Частота модуляции магнитного поля 30 кГц. Выбор оптимальных параметров регистрации рабочих спектров магнитного резонанса осуществлялся в области значений g-факторов от 1,5–4,0. Установлено, что с применением связующего лака БТ1 существенно (в 1,7 раза) уменьшается ширина неразрешенной линии магнитного резонанса. Это свидетельствует о модификации магнитной структуры при введении связующего. Это связано с взаимодействием неспаренных электронов молекулярного кислорода с неспаренными электронами связующего, либо с прямым взаимодействием связующего с поверхностными центрами наполнителя в процессе формирования композита.

Литература

Kozhitov, L.V. Influence of the ratio of metal composed nanocomposites Fe-Co/C on phase composition / L.V. Kozhitov, A.P. Kuzmenko, D.G. Muratov, [et.al.] //Journal of Nano- and Electronic Physics. — 2013. — Vol. 5., № 4. — P. 040008–1 – 040008–3.

Использование мультимедийных презентаций в преподавании курса "Физика поверхности"

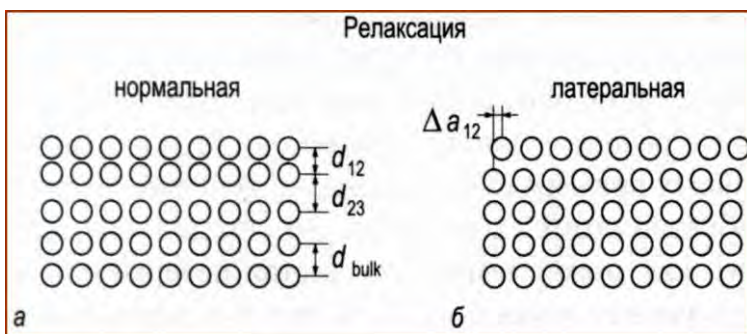
¹Маркевич М. И., ²Щербакова Е. Н.

¹Физико-технический институт НАН Беларуси

²Белорусский национальный технический университет

В современной методике обучения большое внимание уделяется использованию в учебном процессе в высшей школе мультимедийных технологий. Мультимедиа презентация может содержать текстовые материалы, фотографии, рисунки, слайд-шоу, звуковое оформление и дикторское сопровождение, видеофрагменты и анимацию, трехмерную графику.

Мультимедийная презентация «Физика поверхности» разработана авторами для изучения ряда тем данной дисциплины студентами специальностей «Микро- и наносистемная техника» и «Технология материалов и компонентов электронной техники». Мультимедиа презентация состоит из вводной и 4-х основных частей, каждая из которых включает в себя несколько лекций. В качестве примера приведен слайд, посвященный изучению видам релаксации поверхности (рисунок).



Слайд презентации «Физика поверхности»

В целом визуализация внутренних процессов и сложных явлений, происходящих на поверхности твердого тела посредством трехмерной компьютерной анимации, а также представление с помощью рисунков и видеофрагментов основных методов исследования поверхности способствует более глубокому усвоению студентами учебного материала.

Применение гибридных светодиодов и светоизлучающих ячеек в дорожно-транспортной сфере

Сернов С.П., Балохонов Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Выпускаемые серийно светодиоды (особенно с большим световым потоком) обладают рядом недостатков, которые не позволяют использовать их преимущества в полной мере. Например, при производстве белых светодиодов используются неорганические люминофоры, что означает необходимость применения редкоземельных элементов. Кроме этого, многокристалльные светодиоды, изготовленные по технологии COB, несмотря на высокий световой поток, не могут применяться в качестве источников света в автотранспортных светотехнических изделиях без массивных деталей вторичной оптики с развитой поверхностью, которые формируют заданное распределение силы света. Поэтому светодиодные изделия с большим световым потоком могут иметь значительные по сравнению со светодиодом размеры.

Чтобы избежать использования массивных деталей вторичной оптики совместно с многокристалльными COB-светодиодами, можно применять первичную оптику, сформированную на каждом кристалле светодиодов или наклеиваемую в виде пленки на весь светодиод. Это уменьшит толщину изделия практически на порядок, но потребует применения высокоточных методов производства оптических деталей, например, метода LIGA для литья первичной оптики микроразмера из полимеров.

Форма деталей первичной оптики может быть рассчитана в условиях точности источника света, что позволит не применять поверхности с порядком больше второго. Если формировать первичную оптику из полимеров с добавлением люминофоров белковой природы (технология гибридных светодиодов (WHLED)), можно существенно снизить потребность в редкоземельных металлах и улучшить технологичность светодиодов. Однако органический люминофор не способен выдержать температуры свыше 150 градусов Цельсия из-за белковой природы.

Для реализации светящихся текстильных изделий в дорожно-транспортной отрасли планируется применение технологии LEC (светоизлучающие ячейки), суть которой состоит в создании на поверхности текстиля гибких пленочных структур, содержащих полупроводниковые квантовые точки, производящие свет под действием электрического тока. Данная технология не требует создания разветвленной системы проводников для питания, что выгодно отличает ее от любой светодиодной технологии.

Исследование трибологических характеристик материалов в различных скоростных режимах методом АСМ

¹Зубарь Т.И., ¹Лапицкая В.А., ^{1,2}Кузнецова Т.А., ¹Судиловская К.А.

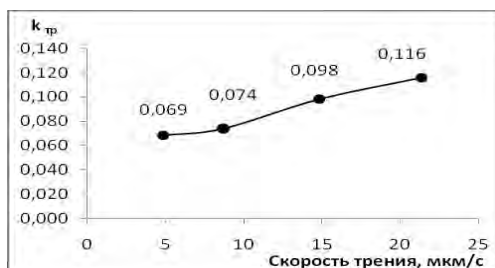
^{1,2}Чижик С.А., ³Садырин Е.В.

¹ Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

² Белорусский национальный технический университет

³ Донской государственный технический университет (Россия)

Миниатюризация трибосопряжений в современном машино- и приборостроении требует изучения поведения сил трения на микронном и субмикронном уровне. Механизмы трения и износа на микро- и наноуровне существенно отличаются от макроскопических из-за преобладающего влияния адгезии, поверхностных, капиллярных и межмолекулярных сил, химических эффектов и других факторов.



Зависимость коэффициента трения от скорости трения методом АСМ

В данной работе изучены трибологические характеристики материала алюминиевого подшипника с помощью АСМ НТ-206 (ОДО «Микротестмашины», Беларусь) [1]. В качестве контртела выступал кремниевый зонд с радиусом закругления острия ~ 100 нм, нормальная нагрузка составляла около 100 нН. В процессе эксперимента изменялась скорость движения острия зонда относительно полированной поверхности алюминия от 4,9 до 21,3 мкм/с. Выявлена линейная зависимость коэффициента трения от скорости (рисунок), которая описывается функцией: $k_{тр} = 0,003v + 0,051$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,984$.

Литература

Mechanical properties of Mo(C)N coatings deposited using cathodic arc evaporation / В. Warcholinski, А. Gilewicz, Т.А. Kuznetsova, Т.І. Zubar, S. А. Chizhik // Surface and Coatings Technology. – 2017. – 319. – С. 117-128.

**Термостабильные защитные наноструктурированные
покрытия Al-Si-N**

^{1,2}Кузнецова Т.А., ¹Лапицкая В.А., Зубарь Т.И., ^{1,2}Чижик С.А., ³Углов

³В.В., Квасов Н.Т., ³Шиманский В.И.

¹ Институт тепло-и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси,

² Белорусский национальный технический университет,

³ Белорусский государственный университет

Актуальной проблемой на сегодняшний день является создание термически стабильных материалов, применяемых в космической технике, ядерной энергетике, металлургии, машиностроении. Одним из путей повышения прочностных свойств, температурной и радиационной стабильности материалов является синтез нанокмпозиционных систем, представляющих собой аморфную матрицу, наполненную наноразмерными частицами.

В данной работе методом магнетронного распыления получали нанокристаллические и аморфные пленки толщиной 300 нм на основе системы Al-Si-N, исследовали их фазовый состав, морфологию поверхности, микротвердость и модуль упругости как в исходном состоянии, так и после воздействия вакуумного отжига в диапазоне 600–900 °С. Количественную оценку физико-механических свойств пленок выполняли методом наноиндентирования с использованием наноиндентора модели 750 Ubi (Hysitron, США) с наконечником Берковича с радиусом закругления 100 нм при нагрузках 500-1500 мкН. Наилучшую термическую стабильность продемонстрировали аморфные пленки. Работа выполнена при поддержке ГПНИ «Энергетические системы, процессы и технологии» подпрограммы «Эффективные теплофизические процессы и технологии».

Литература

1. Радиационная и термическая стабильность структурно-фазового состояния покрытий на основе системы Al-Si-N / В.В. Углов [и др.] // Тезисы 46 Тулиновской конференции по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами. 31 мая – 2 июня 2016 г, Москва. – С.132.

2. Изменение морфологии поверхности нанокристаллических пленок Al-Si-N под действием отжига Т.А.Кузнецова, В.А. Лапицкая, С.А. Чижик В.В., Углов, Н.Т. Квасов, В.И. Шиманский // Методологические аспекты сканирующей зондовой микроскопии : сб. докл. XII Междунар. конф., Минск, 18–21 окт. 2016 г. – Минск : Беларуская навука, 2016. – С. 66–70.

**Влияние оксидов RO на процесс спекания и свойства
анортитсодержащей керамики**¹Дятлова Е.М., ¹Сергиевич О.А., ²Колонтаева Т.Н., ¹Артемьев Е.А.¹Белорусский государственный технологический университет²Белорусский национальный технический университет

Керамика на основе анортита ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) является известным техническим материалом, применяемым в качестве электроизоляционных, износостойких и других видов изделий. К достоинствам этой керамики следует отнести доступность сырьевых материалов, традиционные технологические приемы и не очень высокая температура обжига. Однако, эта керамика не лишена недостатков – это узкий температурный интервал спекания, а также недостаточно высокие показатели твердости и прочности при изгибе.

Исходный состав выбран в системе $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ в поле кристаллизации анортита. Для синтеза материалов использовались огнеупорная глина Веселовского месторождения, волковысский мел, кварцевый песок и технический глинозем. В качестве оксидомодификаторов использованы MgO , SrO и BaO , которые вводились в количестве 2,5; 5 и 7,5% взамен CaO в виде карбонатных солей. Подготовка формовочных смесей производилась совместным помолом компонентов до остатка на сите 0063 не более 2–3%. Обжиг образцов проводился при температуре 1110–1250°C. Изучены физико-химические свойства синтезированных материалов (плотность, пористость, водопоглощение, механическая прочность, температурный коэффициент линейного расширения, электрическое сопротивление, твердость) и установлена их взаимосвязь с видом и количеством модификатора, а также температурой обжига. Благоприятное влияние на спекание и снижение температурного коэффициента линейного расширения керамики оказывает MgO , а оксид бария на порядок повышает удельное объемное электрическое сопротивление. Установлено, что основной кристаллической фазой в синтезированных материалах является анортит, в небольших количествах присутствует волластонит (CaSiO_3). При введении MgO , BaO , SrO (более 5%) идентифицируются новые фазы: кордиерит ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$), целзиан ($\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) и стронцийсодержащий фельдшпатоидный твердый раствор соответственно.

На основании результатов исследования получены износостойкие керамические материалы, которые можно рекомендовать для изготовления нитеводителей в текстильной промышленности.

Керамические материалы на основе модифицированного ортоферрита висмута¹Дятлова Е.М., ¹Головач Р.В., ²Колонтаева Т.В.¹Белорусский государственный технологический университет²Белорусский национальный технический университет

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию материалов с сильной взаимосвязью между электрическими и магнитными свойствами в связи с практическим интересом создания элементарной базы микроэлектроники. Мультиферроики на основе BiFeO_3 широко и интенсивно исследуются для изучения механизма взаимодействия магнитной и электрической подсистем.

Перовскитный ортоферрит висмута BiFeO_3 , характеризуется высокими температурами антиферромагнитного (~ 640 К) и сегнетоэлектрического упорядочения (~ 1100 К) и в связи с этим рассматривается как перспективная основа для разработки мультиферроиков. Ортоферрит висмута кристаллизуется в системе $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Fe}_2\text{O}_3$. В этой системе легко возникают неравновесные состояния вследствие близости температур фазовых переходов и инконгруэнтного плавления ферритов. В системе $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Fe}_2\text{O}_3$ образуются следующие соединения: $\text{Bi}_{26-x}\text{Fe}_x\text{O}_{39}$ (силленит), $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ и BiFeO_3 (ортоферрит висмута).

В работе были исследованы физико-химические свойства ортоферрита висмута, модифицированного редкоземельными элементами: лантана (La^{3+}), церия (Ce^{3+}), празеодима (Pr^{3+}), европия (Eu^{3+}), гадолиния (Gd^{3+}), эрбия (Er^{3+}) и лютеция (Lu^{3+}). Получение данного материала осуществлялось с помощью экзотермического нитрат-цитратного метода синтеза.

Полученные результаты отражают наличие зависимости между размером иона-модификатора и кажущейся плотностью, истинной плотностью, а также водопоглощением. С увеличением размера иона-модификатора значение кажущейся и истинной плотности возрастает с 6,055 до 6,364 г/см³ и с 6,960 до 7,339 г/см³ соответственно, а водопоглощение снижается с 0,92 до 0,61 %. Значение теоретической плотности для ортоферрита висмута составляет 8,35 г/см³.

Плотность и водопоглощение говорят о степени спекания полученных образцов, их однородности, наличии в структуре включений газовой фазы, которая снижает электрофизические и механические характеристики мультиферроиков.

Высокотемпературная износостойкая керамика

¹Попов Р.Ю., ¹Богдан Е.О., ¹Дятлова Е.М., ²Сернов С.П., ¹Киселева В.А.

¹Белорусский государственный технологический университет

²Белорусский национальный технический университет

Глинозем или оксид алюминия (Al_2O_3) различной степени чистоты используется чаще, чем любой другой высококачественный керамический материал. Изделия, полученные на основе данного оксида с использованием традиционных технологий, во многих случаях имеют неоднородную крупнозернистую структуру. Это приводит к снижению твердости и уменьшению трещиностойкости, высокой чувствительности к абразивному износу, ограничивающей применение данного вида керамики, работающих при повышенных нагрузках. В связи с этим встает задача повышения эксплуатационных характеристик за счет введения модифицирующих добавок при сохранении высоких электроизоляционных показателей изделий и снижении температуры синтеза. Для получения высокоотемпературных керамических изоляторов исследовалась высокоглиноземистая область системы $Al_2O_3-SiO_2$ с добавлением оксидов MgO , SrO , BaO , V_2O_5 и CaF_2 . В качестве основных компонентов были использованы: глина огнеупорная «Веско-Гранитик», технический глинозем, карбонат магния, карбонат стронция, фтористый кальций, карбонат бария (витерит), борная кислота. Образцы керамики изготавливали по полусухой технологии и обжигали в интервале температур 1300–1350°C. Определены физико-химические свойства синтезированных образцов и установлена взаимосвязь между составом исходной композиции, количеством и видом вводимого модификатора, условиями синтеза и эксплуатационными характеристиками керамики. Установлено, что за счет присутствия глины и минерализаторов в составах масс развивается процесс жидкофазного спекания с переносом вещества путем вязкого течения расплава. Наряду с указанным процессом, имеют место и диффузионные. Отмечается, что введение оксида SrO в составы экспериментальных масс, снижает водопоглощение, в то время как BaO незначительно повышает данный показатель. Исследования показали, что совместное введение карбоната бария, борной кислоты и фторида кальция, позволяет снизить температуру обжига на 50 °C.

Отмечается, что образцы оптимального состава характеризовались следующим набором свойств: водопоглощение – 0,15 %, пористость открытая – 0,37 %; кажущаяся плотность – 2430 кг/м³; ТКЛР при 300 °C – $5,6 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹; химическая устойчивость к кислотам – 98,8%; к щелочам – 99,5 %; удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °C – $0,6 \cdot 10^{12}$ Ом·м.

Влияние стабилизирующих добавок на структуру и свойства керамических теплоизоляционных ячеистых материалов¹Попов Р.Ю., ²Шамкалович В.И., ¹Богдан Е.О., ¹Катков И.С.¹Белорусский государственный технологический университет²Белорусский национальный технический университет

Теплоизоляционные материалы характеризуются пористым строением и, как следствие этого, малой плотностью и низкой теплопроводностью. Использование таких материалов позволяет уменьшить толщину и массу стен и других ограждающих конструкций, снизить расход основных конструктивных изделий и, соответственно, снизить стоимость строительства. Наибольшую эффективность и распространенность в технологии керамики получили два метода производства – выгорающих добавок и пенообразования. Первый не позволяет получать материалы с пористостью более 45 %, второй характеризуется сложностью но позволяет обеспечить достижение 85 % пористости и равномерной ячеистой структуры.

Основной проблемой получения изделий, по второму способу является малая устойчивость пеномассы. В связи с этим актуальной задачей является разработка составов масс ячеистых керамических теплоизоляционных материалов с высокой пористостью. В качестве пенообразователей применяют поверхностно-активные продукты нефтехимического синтеза, а также природные органические вещества (например, канифольное мыло, сапонин). Эту функцию могут выполнять пенообразователи для пожаротушения с истекшим сроком годности и не соответствующие по показателям качества требованиям ТНПА. Для получения теплоизоляционных материалов применяли: огнеупорное или тугоплавкое глинистое сырье (РБ), глину «Керамик-Веско» (Украина), гипсовое вяжущее марки Г-5, портландцемент, а также синтезированный алюмосиликатный шамот, кроме того использовались отходы пенообразователя целевого назначения «Барьер-пленкообразующий». Указанный отход представляет собой водный раствор ПАВ, который используется для получения воздушно-механической пены. Для стабилизации пеномассы применяли мездровый клей в количестве до 20 мас. %.

Дополнительно в полученную суспензию вводили гипсовое вяжущее, а также портландцемент от 10 до 20 мас. %, которые способствовали упрочнению отлитого полуфабриката и ускорению процессов сушки. Наилучшими характеристиками обладали материалы обожженные при 1200°C, полученные с введением 15 мас. % гипсового вяжущего и портландцемента. Увеличение доли гипсового компонента по отношению к портландцементу повышают прочностные характеристики изделий

практически в два раза (от 1,2 до 2,4 МПа), однако при этом увеличивается коэффициент теплопроводности (от 0,18 до 0,43 Вт/(м·К)), пористость материала достигает 79 – 83 %.

УДК 681.3

Инжекционный лазерный элемент

Сычик В.А., Уласюк Н.Н., Шумило В.С.
Белорусский национальный технический университет

Авторами разработан инжекционный лазерный элемент, который обладает высоким КПД и упрощенной конструкцией. Конструктивно инжекционный лазерный элемент на биполярном транзисторе содержит триодную р–п–р структуру из монокристаллического широкозонного полупроводника, включающую эмиттер – сильнолегированный n^+ – слой, базу слаболегированный р – слой, коллектор, представляющий вырожденный n^+ – слой и рекомбинационный р – типа слой, причём область контакта n^+ слоя и р – типа слоя представляет туннельный р–п переход. При подаче питающего напряжения U_n , к базовому р–п переходу прикладывается напряжение $U_{бэ}$ прямой полярности, а к коллекторному переходу напряжение $U_{кб}$ обратной полярности, происходит снижение высоты потенциального барьера эмиттерного перехода ϕ_{10} до значения $\phi_1 = \phi_{10} - eU_{бэ}$ и повышение потенциального барьера коллекторного перехода ϕ_{20} до значения $\phi_2 = \phi_{20} + eU_{кб}$. В результате эмиттер транзисторной n-p-n структуры инжектирует в базу носители заряда – электроны, которые, проходя практически без потерь через тонкую базу, диффундируют в n^+ - вырожденный слой, его зону проводимости, которая с ростом $U_{кб}$ начинает значительно перекрывать валентную зону р-типа слоя. Избыточные электроны n^+ –вырожденного слоя в виде импульсов тока высокой плотности благодаря сильному электрическому полю в туннельном n^+ –р переходе туннелируют через узкий канал n^+ –р перехода в р–типа слой. Здесь они достигают уровня инверсной населенности и рекомбинируют с дырками, поступающими в р–слой от положительного полюса напряжения источника питания U_n . В результате происходит спонтанная рекомбинация избыточных электронов р–типа слоя в зоне инверсной населенности с дырками по механизму зона– зона и выделение мощных фотонных потоков лазерного излучения. Лазерное излучение видимой области спектра выходит из поверхности р–слоя в проводящий слой из светопрозрачного материала и затем в окружающее пространство.

Экспериментальный образец размером полезной площади 10×10 мм² при подаче на его вход через разделительный конденсатор импульсного напряжения в форме импульсов потока электронов длительностью 10^{-5} с, частотой следования импульсов 10^4 Гц, плотностью потока электронов в

импульсе $J = 10 \text{ А/см}^2$ обеспечивает генерацию светового излучения мощностью 50 Вт, яркость светового излучения $B = 5 \cdot 10^3 \text{ кд/см}^2$.

УДК 681.3

Термоэлектрический холодильник

Сычик В.А., Уласюк Н.Н., Шумило В.С.

Белорусский национальный технический университет

Известные полупроводниковые холодильники обладают сложной конструкцией, небольшой температурой охлаждения и невысокой стабильностью работы. Авторами разработан полупроводниковый термоэлектрический холодильник (ПТЭХ), обладающий регулируемым диапазоном отрицательных температур и достаточно простой конструкцией. Конструктивно ПТЭХ состоит из n^+ -основания, сформированного из узкозонного монокристаллического полупроводника, например германия, на котором создан р-п гомопереход из того же материал, включающий п-слой и р-слой. Методом молекулярно - лучевой эпитаксии на р-слое узкозонного монокристаллического полупроводника создан монокристаллический i-слой из широкозонного полупроводника. Контакт р-слой узкозонного полупроводника и i-слой широкозонного полупроводника представляет гетеропереход. На i-слое из широкозонного полупроводника, например арсенида галлия, сформирован монокристаллический р-слой из того же полупроводника, причем i-слой и р-слой представляют гомопереход из широкозонного полупроводника. На р-слое методом ионной имплантации с последующей терморазгонкой примеси создан сильнолегированный p^+ -слой для формирования внутреннего омического контакта. Толщина р-слоя $d = (2 \div 5) L_d$, поскольку в этом слое происходит отбор энергии инжектированными из п-слоя электронами, то есть охлаждение ПТЭХ. На сильнолегированных n^+ -оснований 1 и р-слое размещены омические контакты, которые жестко связаны с внешними выводами. При подаче питающего напряжения прямой полярности U_n на внешние выводы ПТЭХ n^+ -слой начинает эффективно инжектировать через п-р гомопереход, р-i гетеропереход и i-п гомопереход электроны в р-слой. Инжектирующие в р-слой электроны на расстоянии двойной диффузионной длины ($2L_d$) поглощают из кристаллической решетки этого слоя энергию и повышают ее до величины энергии электронов р-слоя. В результате отбора энергии инжектированными электронами от кристаллической решетки р-слоя ее температура соответственно в ПТЭХ понижается. Экспериментальный ПТЭХ при плотности прямого тока 1 А/см^2 позволяет получать предельную температуру охлаждения -27°C , расчетная надежность безотказной работы устройства составляет $\sim 10^5$ часов.

Инженерная экология

**Более чистое производство агропромышленного комплекса
как основа сохранения агроландшафтов**

Бельская Г.В., Басалай И.А.

Белорусский национальный технический университет

Подходы экологического менеджмента (более чистое производство, снижение уровня загрязнения окружающей среды, минимизация образования отходов), внедряемые в промышленном производстве, актуальны и для предприятий агропромышленного комплекса.

Более чистые технологии предполагают контроль применения пестицидов и минеральных удобрений, использование экологически обоснованной системы обработки почвы, внедрение адаптивных систем растениеводства [1].

В АПК более чистые технологии способствуют режиму воспроизводства и сохранения плодородия почв. В условиях современного глобального потепления и изменения гидрологических условий, представляется необходимым разработка и внедрение адаптивной к меняющимся условиям системы обработки почвы. Это касается минимизации использования тяжелой техники для предупреждения образования подплужной подошвы и максимально возможного сохранения почвенной влаги, в т. ч. с применением чизельной обработки.

Адаптивные системы земледелия включают контурно-мелиоративную организацию территории на основе ландшафтного землепользования. Это предполагает возделывание сельхозкультур в зависимости от почвенно-климатических условий, с учетом требований их почвенно-экологического районирования. Кроме того, более чистые технологии земледелия обеспечивают сохранение и повышение плодородия почв [2].

Возделывание сельскохозяйственных культур целесообразно только при наличии условий, к которым они приспособлены. Следует установить разумные пределы использования приемов интенсификации земледелия. Это способствует сохранению и воспроизводству агро-ландшафтов, созданию экологических ниш и сохранению биологического разнообразия.

Литература

1. Бельская Г.В., Басалай И.А. Ландшафтное землепользование как основа адаптивного земледелия Республики Беларусь // МНЭК «Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта», Кубанский ГАУ, март 2016, – 6 с.

2. Никончик П.И. Роль основных полевых культур в накоплении органического вещества в почве // Весці Нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі (серыя аграрных навук). – 2014. — № 1. – С. 37-42.

**Основы биогазовых технологий
как резерв повышения эффективности работы энергоустановок**

Бельская Г.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время широко применяют биогазовые технологии, которые состоят в сбраживании органических субстратов в специальном оборудовании (реакторах) при соблюдении определенных условий.

В соответствии с Реестром выданных сертификатов о подтверждении происхождения энергии на 10.06.2016, включенный в Государственный кадастр возобновляемых источников энергии Минприроды Республики Беларусь, в настоящее время в стране функционирует 14 биогазовых установок, работающих на органических отходах животноводства и коммунального хозяйства.

Практически все работающие энергоустановки не вышли на установленную мощность по причине несоблюдения технологии микробиологического разложения субстратов. Механизм анаэробного сбраживания включает в себя четыре стадии – гидролиз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез. Они осуществляются разными группами микроорганизмов, требующими специфических условий для своего функционирования. На процесс брожения влияют температура, содержание воды, pH среды, наличие в субстрате жирных кислот, ионов сульфатов, аммония и др.

Многолетний практический опыт получения биогаза в европейских странах показал, что для повышения эффективности процесса необходимо проведение всесторонней оценки биомассы (или исходных органических материалов).

Существующие методики оценки позволяют создавать так называемые био-разлагаемые системы, специфические к вовлекаемому процессу брожения и регулирующие эффективность выхода конечного продукта (метана). Важным условием является правильная предобработка растительной биомассы (как первичной, так и вторичной) и соотношение био-разлагаемого материала в реакторе. Используемая для получения биогаза биомасса требует предварительной оценки и дополнительной тщательной предобработки. Это резерв для повышения эффективности работы энергоустановок в стране.

Социальные аудиты как один из инструментов выхода на внешний рынок

Благовещенская Т.С.

Белорусский национальный технический университет

Прежде чем поступить к конечному потребителю, продукция часто проходит множество этапов производства, которые могут географически располагаться в разных странах, с различным социальным и экономическим уровнем.

С помощью сертификации и проведения аудитов по социальным стандартам можно продемонстрировать своим поставщикам, потребителям и иным заинтересованным сторонам, насколько важно для предприятия соблюдение этических и социальных принципов, основанных на международных требованиях.

Одним из важных факторов деловой репутации бренда и компании является соблюдение международных и национальных требований в области охраны труда, предотвращения принудительного и детского труда, дискриминации и т. п.

С целью обеспечения соблюдения прав человека и условий труда, крупные корпорации требуют от своих поставщиков проходить социальные аудиты, которые помогут их удостовериться в том, что права человека при производстве выпускаемой под их брендом продукции соблюдаются в полной мере.

Единой трактовки понятия «социальный аудит» не существует. Часто под ним понимают социальную отчетность (social reporting), как правило, внешнюю.

Компании отчитываются перед значимыми для них внешними заинтересованными сторонами.

Основополагающим международным документом по социальной ответственности считается стандарт SA8000-2014, который предусматривает 9 блоков, которые анализируются при проведении сертификационных аудитов: Детский труд, Принудительный труд, Здоровье и безопасность труда, Свобода объединений и право на переговоры, Дискриминация, Дисциплинарные практики, Часы работы, Заработная плата, Системы управления.

На основании этого стандарта применяются другие виды аудита, которые могут включать в себя помимо этих основных блоков дополнительные, например, природоохранную деятельность.

Особенности перехода сертифицированных предприятий на новую версию ISO 14001

Благовещенская Т.С.

Белорусский национальный технический университет

Несмотря на традиционную периодичность пересмотра стандартов (5 лет), понадобилось 14 лет для того, чтобы появился новый стандарт 14001, посвященный вопросам разработки и внедрения систем управления окружающей средой или систем экологического менеджмента (далее - СЭМ).

Данный стандарт увидел свет осенью 2015 года.

Рассмотрим основные отличия в новой версии стандарта.

Во-первых, произошли некоторые изменения в терминологии. Например, введены понятия риск и окружение; документация и записи объединены в понятие документированная информация и т.д. Также понятие виды деятельности заменено на процессы.

Во-вторых, структура стандартов по всем системам менеджмента будет унифицирована, т. е. будет соблюдаться единый подход к разбивке документов на пункты и их информационному наполнению 1.

В-третьих, приведены к единству терминология и ключевые понятия, используемые в различных системах менеджмента.

Все эти изменения направлены на сокращение документооборота и упрощение процедуры интеграции систем менеджмента.

Таким образом, каждый стандарт на ту или иную систему менеджмента включает 10 пунктов или разделов:

1. Область распространения, 2. Нормативные ссылки, 3. Термины и определения, 4. Окружение организации, 5. Лидерство, 6. Планирование, 7. Обеспечение, 8. Деятельность, 9. Оценка выполнения

При появлении официальной версии рассматриваемого стандарта необходимо:

1. Понять изменения и распространить их в своей организации.

2. Проанализировать требования новой редакции стандарта и начать проводить необходимые изменения в функционирующей СЭМ.

Пригласить сертифицирующую организацию для оценки соответствия новым требованиям.

Проблема злоупотребления синтетическими каннабиоидами

¹Боровикова Л.Н., ²Голубев В.П.

¹УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи»

²Белорусский национальный технический университет

В последние годы в мире, в том числе и в нашей республике, широкое распространение нашли так называемые «дизайнерские» наркотики, или новые психоактивные вещества (НПВ), – синтетические химические вещества, оказывающие мощное воздействие на психику человека и выраженное токсическое действие на организм в целом. Значительную часть НПВ составляют синтетические каннабиноиды, входящие в состав так называемых «спайсов» или «курительных смесей».

По данным МВД Республики Беларусь в 2013-2015 гг. на нелегальном рынке страны преобладали синтетические психотропные вещества, их доля доходила до 80% в общей структуре психоактивных веществ, отмечена тенденция к омоложению лиц, допускающих потребление наркотиков, а также рост числа наркопреступлений, совершенных с участием несовершеннолетних.

Синтетические каннабиноиды, как и другие НПВ, обладают высокой наркотенностью – способностью быстро вызывать психическую и физическую зависимость. Систематическое злоупотребление этими веществами приводит к снижению памяти, внимательности и интеллекта. Помимо одурманивающего эффекта употребление синтетических каннабиноидов нередко приводит к развитию тяжелых отравлений. На протяжении 2014-2015 гг. в г. Минске отравления наркотическими средствами и психотропными веществами занимали второе место в общей структуре острых отравлений, при этом значительную долю из них составляли отравления НПВ, в том числе и синтетическими каннабиоидами.

Следует отметить, что в 2016 г. отмечена положительная динамика в сфере противодействия незаконному обороту наркотических средств. Однако, несмотря на положительные моменты, важной задачей специалистов сфер здравоохранения и образования должна оставаться профилактика наркомании, включающая в себя как раннюю диагностику употребления психоактивных веществ, позволяющую предотвратить развитие зависимости, так и просветительскую работу, направленную на формирование у подростков и молодежи адекватного представления о негативных последствиях употребления наркотиков.

Изучение эндогенной интоксикации в рамках вузовской подготовки как экологического фактора воздействия на организм человека

¹Вергун О.М., ²Голубев В.П.

¹ УО «Белорусский государственный медицинский университет»,

² Белорусский национальный технический университет

Впервые упоминание об интоксикации, как причине болезни встречается у Парацельса, который различал болезни от внутренних и наружных ядов. Интоксикации могут возникать от токсических веществ, которые образуются внутри организма – «аутоинтоксикация».

Эндогенная интоксикация может быть вызвана токсическими продуктами, образующимися в организме при различных заболеваниях (аллергических реакциях, неблагоприятных экологических воздействий), к ней относится отравление продуктами жизнедеятельности бактерий, находящихся в организме. По клиническому течению интоксикации делят на острые и хронические, их тяжесть определяется величиной токсической дозы и реактивностью организма. При эндогенной интоксикации больные отмечают недомогание, раздражительность, разбитость, головную боль, головокружение, тошноту; наступает истощение, снижается резистентность организма. В ряде случаев эндогенная интоксикация может протекать в форме тяжелого острого отравления (рвота, ступор, коматозное состояние).

Синдром эндогенной интоксикации можно характеризовать как изменение метаболического, морфологического и функционального состояния различных органов, их систем и организма в целом. Проявления эндогенной интоксикации, как и причины их вызывающие, весьма многообразны. В последнее время появляется все больше сведений о том, что экологические факторы могут прямо или опосредовано являться основной причиной эндогенной интоксикации. Однако, в практическом здравоохранении выявление влияния экологических факторов на возникновение и протекание синдрома эндогенной интоксикации, на составление эффективной программы лечения, затруднительно, в значительной мере из-за смазанной картины отравления, разнообразия симптомов и зачастую симптоматического лечения заболевания органов, а не организма в целом. Поэтому введение в программу обучения изучения влияния экологических факторов, как исходной причины возникновения эндогенной интоксикации, необходимо для понимания негативного воздействия факторов окружающей среды на организм человека.

Хроматографическое разделение или сорбция на твердом носителе

¹Вергун О.М., ¹Лишай А.В., ²Боровикова Л.Н.

¹УО «Белорусский государственный медицинский университет»

²УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи,
г. Минск

Хроматографический метод – физико-химический метод разделения компонентов сложных смесей, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях. Хроматография на твердых сорбентах привлекает особое внимание как метод выделения и очистки ценных продуктов в фармацевтической промышленности и биотехнологии.

Цель исследования: сравнение сорбции фенобарбитала на активированном угле и модифицированном полимерами, в зависимости от времени экспозиции в кислой среде (рН =2).

Материалом явились биологические объекты (моча 12 пациентов с отравлением фенобарбиталом), сорбент – уголь (марки ОА-У) и модифицированный додецилсульфатом натрия. При проведении жидкостной колоночной хроматографии (ЖКХ), для подготовки аналитов к последующему газохроматографическому анализу с масселективным детектированием (ГХ/МС) через хроматографические колонки, представляющие собой стеклянную трубку диаметром 2 см и длиной 20см, заполненные на 1/4 активированным углем, пропускали биологический материал в объеме 2 мл. Время экспозиции биологического материала на сорбенте составляло 5, 10 и 15 мин, элюент – хлороформ (х.ч.). Через выбранные интервалы времени отбирали фракции выделившегося из колонки элюента, которые анализировали ГХ/МС методом, позволяющим измерять концентрации фенобарбитала.

В сравнении с жидкость-жидкостной экстракцией концентрация исследуемого вещества в биологических объектах, значительно снизилась, потери составили 70%. В опыте с модифицированным углем, концентрация в биоматериале также снижалась, но потери незначительны (13 %). Из проведенных исследований можно сделать вывод, что уголь марки ОА-У эффективно применять для удаления фенобарбитала из биоматериала (мочи). А модифицированный уголь будет интересен в дальнейшем для использования в качестве сорбента для твердофазной экстракции лекарственных веществ из биологического материала.

Оптимизация сохранения биологического разнообразия лекарственных растений

Карпинская Е.В.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

В последнее время особо возрастает интерес к лекарственным средствам из растений. Около 86 % мирового населения применяет растительные препараты. Около 80 000 имеют лекарственное значение. Однако лишь 15,5 % из них прошли скрининг на выявление лекарственных свойств. С другой стороны, использование лекарственных растений в будущем может быть существенно ограничено в связи с проблемой снижения биоразнообразия.

Прогнозируется увеличение числа видов растений, находящихся под угрозой исчезновения, от 15 тыс. в настоящее время до 40 тыс. к середине нынешнего столетия. Лекарственные растения среди них составят большую часть, т. к. являются категорией, особо уязвимой вследствие интенсивной, нерациональной, недостаточно контролируемой заготовки сырья.

При решении проблем сохранения биоразнообразия основное внимание уделяется охране видового богатства. Внутривидовая изменчивость, обеспечивающая в условиях трансформации окружающей среды потенциал для адаптации на популяционном уровне, изучена недостаточно, особенно с применением информативных методов.

Использование природных популяций не сможет обеспечивать возрастающие потребности фармацевтической промышленности неограниченно долго. Поэтому необходима многоуровневая стратегия сохранения ресурсов лекарственных растений. Все острее встает задача увеличения доли сырья, заготавливаемого в условиях культуры - это позволяет снизить нагрузку на природные популяции.

Популяционный уровень является наименее разработанным в области сохранения биоразнообразия растений, особенно лекарственных. Однако он может быть эффективно исследован с применением молекулярных маркеров, помогая ответить, в частности, на такие вопросы: в каких регионах, какие популяции и сколько из них должны быть сохранены.

Биологическое разнообразие в условиях усиления хозяйственной и техногенной деятельности человека зависит от степени развития научно обоснованной и эффективной сети охраняемых территорий. Для сохранения биоразнообразия видов необходимо сохранить разнообразие экосистем, и наоборот, поддержание экосистем в естественном состоянии невозможно без сохранения их видового разнообразия.

**Экологические аспекты
качества семян лекарственных растений Республики Беларусь**

Карпинская Е.В.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Высокая продуктивность используемых в народном хозяйстве разнообразных лекарственных растений, в т. ч. сельскохозяйственных, лекарственных и декоративных, является необходимым условием для эффективного ведения культуры этих растений. Выявление потенциальных возможностей получения массы их используемых человеком органов, определение факторов, влияющих на формирование этих органов, и оптимизация условий выращивания растений постоянно и в разных аспектах направленных на повышение продуктивности растений. Наиболее существенным при этом является изучение влияния экологических факторов на реализацию потенциальных (генотипических) возможностей получения урожая растений и определение приемов выращивания, обеспечивающих максимальное удовлетворение потребностей растения и, как следствие, формирование высокой продуктивности. Факторы, влияющие на ход жизненного цикла растения, могут быть самыми разнообразными:

– природные (почвенно-климатические) которые обусловлены районом выращивания

– агротехнические и приемы регулирования роста и развития растений, изменяющие направленность и соотношение вегетативного роста и репродуктивных процессов.

В целях прогнозирования и создания условий, необходимых для роста и развития лекарственных растений для повышения их семенной продуктивности, необходимо всестороннее исследование влияния экологических факторов на разные этапы их морфогенеза.

Для улучшения качества семян лекарственных растений необходимо выявить главные экологические аспекты, такие как:

– определить особенности цветения и формирования семян под влиянием экологических факторов;

– выявить влияние экологических факторов на элементы семенной продуктивности, используя статистический анализ.

– изучить микрофлору филлосферы семян календулы разного морфологического строения.

Различные экологические условия, в частности природно-климатические и метеорологические, оказывают влияние на формирование семян в различной степени.

**О возможности использования торфощелочных суспензий
для очистки сточных вод**

¹Коврик С. И., ²Козловская И.П., ³Коврик И. И.

¹Институт природопользования НАН Беларуси,

²Белорусский аграрно-технический университет,

³Барановичский филиал УО ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Проблемы очистки сточных вод и возврата ценных металлов в производство с сопутствующей минимизацией количества образующихся шламов требуют разработки новых экологобезопасных технологий. Возможным решением этого вопроса может быть использование таких природных сорбентов, как торф и гуминовые кислоты (ГК).

Исследованы особенности связывания меди, свинца, хрома, цинка и никеля из их модельных моно - и поликатионных растворов ГК и торфощелочными суспензиями (ТЩС). Указанные катионы выбраны как наиболее загрязняющие сточные воды, а также являющиеся ценными цветными металлами.

Максимальная степень очистки металлсодержащих растворов составляла 90-95 % и достигалась при соотношении металл : ГК= 1:1.

Осадки, образующиеся при обработке ТЩС, представляли собой смесь металлгуминовых соединений, продуктов гидролиза солей и физической адсорбции на твердой матрице. Установлено, что образование металлгуминовых соединений и полнота связывания металла в них зависит от соотношения металл:ГК, pH растворов и обратно пропорциональна содержанию ГК в фильтрах ТЩС. Варьируя указанными параметрами, можно получать металлгуминовые комплексы определенного состава, что позволит разработать новые подходы к регенерации металлов.

Качественный и количественный анализ образующихся осадков показал, что при определенных условиях до 50-70 % металлов связаны в металлорганические комплексы.

Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности разделения тяжелых металлов ТЩС в поликатионных растворах, что может быть использовано при очистке металлсодержащих сточных вод и переработке шламов.

Простота приготовления и эффективность действия ТЩС свидетельствуют о возможности их использования для очистки технологических растворов.

**Влияние факторов среды и свойств организма
на степень токсического эффекта пестицидов**

Кузьмина О.Н.

Белорусский национальный технический университет

Большинство пестицидов относится к высокоактивным органическим соединениям. Эти пестициды являются липофильными соединениями, поэтому хорошо растворяются в липидах клеточных мембран и легко диффундируют в клетке. Проникнув в живую клетку, пестициды изменяют физико-химические свойства цитоплазмы, разрушают мембраны органелл, изменяют реакцию среды, нарушают условия нормального функционирования клеточных белков.

Из условий внешней среды наибольшее влияние на токсичность пестицидов оказывает температура. Под ее воздействием возможно изменение активности, как самого вещества, так и реакции организма. С увеличением температуры токсичность его может возрастать, например, при образовании более токсичных веществ (переход тионовых изомеров в тиоловые). При этом, в условиях оптимальной температуры организм становится более чувствительным к токсич

ескому веществу из-за усиления процессов обмена веществ.

Все почвенные факторы, которые влияют на сохранность пестицидов в почве, будут иметь влияние на токсичность препаратов. С увеличением содержания органического вещества и илестых частиц в почве резко возрастает сорбция пестицидов почвенным комплексом.

На токсичность пестицида заметное влияние оказывают также процессы, которые протекают внутри организма. Поступление яда в организм вызывает ответные защитные реакции, ограничивающие его токсическое действие. Токсичность пестицида также зависит от скорости активной или пассивной диффузии веществ через различные ткани. Во многих организмах также есть внутренние структурные барьеры, препятствующие проникновению токсических веществ к жизненно важным центрам.

Токсичность яда, проникшего к месту действия, зависит от степени сходства молекулы токсина с молекулой рецептора (от структуры молекулы и пространственного расположения атомов). Инсектицидная активность синтетических пиретроидов зависит от количества активных стереоизомеров в препарате. Такая зависимость отмечена у фунгицидов из группы триазолов (металаксил), у гербицидов – производных арилоксифеноксипропионовой кислоты и др.

Закономерности концентрирования токсических веществ в живых организмах, в популяциях растений и животных

Кузьмина О.Н.

Белорусский национальный технический университет

Перенос и рассеивание загрязнений в биосфере обусловлены не только абиотическими факторами, они поглощаются живыми организмами и, перемещаясь по пищевым цепям, увеличивают во много раз свои концентрации (биоаккумуляция) и оказывают вредное воздействие на природные экосистемы, живые организмы и человека.

Склонность экотоксикантов к биоаккумуляции зависит от ряда факторов. Первый – персистирование ксенобиотика в среде. Степень накопления вещества в организме, в конечном счете, определяется его содержанием в среде. После поступления веществ в организм их судьба определяется токсикокинетическими процессами. Наибольшей способностью к биоаккумуляции обладают жирорастворимые (липофильные) вещества, медленно метаболизирующие в организме. Межвидовые различия значений факторов биоаккумуляции ксенобиотиков во многом определяются видовыми особенностями их метаболизма.

Водная среда обеспечивает наилучшие условия для биоаккумуляции соединений. Гидробионты накапливают вещества в концентрациях порой в тысячи раз больших, чем содержатся в воде.

Пример водной пищевой цепи, протекающей в сторону увеличения размеров тела: растворенные вещества – фитопланктон – рачки рыбы – хищные птицы – теплокровные животные, питающиеся рыбой. Коэффициент накопления неразлагающихся ядов в большинстве случаев составляет около 10 на каждую ступень пищевой цепи. Вследствие этого в пищевой цепи водоема наиболее высокое содержание ядовитых веществ отмечается у хищных рыб. В дальнейшем ядовитые вещества могут переходить к птицам, питающимся рыбой, к ластоногим, а также и к человеку по длинным пищевым цепям типа: вода – планктон – рыбы – человек или вода – почва – растения – животные – человек.

Биологическое накопление свойственно и зеленым растениям, которые аккумулируя определенные химические элементы, изменяют окраску хвои, листьев, цветков и плодов.

Биоаккумуляция может лежать в основе не только хронических, но и отсроченных острых токсических эффектов. Стойкие поллютанты могут также передаваться потомству, у птиц и рыб – с содержимым желточного мешка, у млекопитающих – с молоком кормящей матери. При этом у потомства возможно развитие эффектов, не проявляющихся у родителей.

**Анализ динамики геоэкологических процессов
на основе возвратных последовательностей**

¹ Лаптёнок С.А., ¹ Гордеева Л.Н.

, ² Порада Н.Е., ² Сыса А.Г., ² Лазар И.В., ² Дубина М.А.

¹ Белорусский национальный технический университет

² Международный государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова БГУ

Целью данного исследования явилась оценка эффективности использования последовательностей Фибоначчи для моделирования динамики реальных процессов.

На основании использования некоторых свойств последовательности Фибоначчи в работе предлагается способ математического моделирования развития эпидемического процесса с целью определения «критических» точек определяющих резкое изменение тренда.

Прогнозирование, как элемент математического моделирования эпидемического процесса, проводится с целью определения тенденции (тренда) динамики заболеваемости для своевременного выявления ухудшения эпидемической ситуации.

Временные зоны – это последовательный ряд лет, порядковые номера которых, начиная с года минимальным значением показателя, соответствуют членам ряда Фибоначчи (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 и т. д.). Считается, что вблизи данных реперных точек следует ожидать значительных изменений направления динамики процесса.

Анализ полученных моделей не позволяет в полной мере однозначно трактовать результаты моделирования, тем не менее, имеет место выраженная связь изменений тенденции процесса со структурой временных зон и расширенных зон коррекции тренда, рассчитанных с использованием последовательности Фибоначчи.

В результате применения метода анализа динамики процессов с использованием характеристик последовательности Фибоначчи получена дополнительная информация, которая может быть использована как для выявления вероятных причин, влияющих на процесс, так и для формирования прогноза его развития.

**Первичная интерпретация характеристик преобразований данных
при анализе динамических процессов**

¹ Лаптёнок С.А., ² Осипов А.В., ¹ Гордеева Л.Н., ³ Минченко Е.М.

¹ Белорусский национальный технический университет,

² Государственное производственное объединение по топливу
и газификации «БЕЛТОПГАЗ», ³ Государственное учреждение
образования «Институт бизнеса и менеджмента технологий» БГУ

В целях моделирования влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека, был проведен первичный анализ заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского районов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 годы, в результате которого были рассчитаны интенсивные показатели заболеваемости по количеству случаев за каждый год и средней численности населения за весь изучаемый период (рис. 5.1), который затем был разделен на три периода по среднему значению интенсивного показателя: с 1953 по 1979 гг., с 1979 по 1989 гг. и с 1989 по 2003 гг.

Для оценки корректности дальнейшего анализа и прогнозирования процесса было проведено сравнение динамики показателей Воложинского и Столбцовского районов Минской области (отдельно по каждому из районов) и суммарной динамики по обоим районам с применением критерия подобия.

Первичная интерпретация данных о заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Воложинского и Столбцовского районов на основе анализа динамики интенсивного показателя, а также прямого и обратного его прироста, позволила уточнить выявленные тенденции в развитии процесса, подтвердить логическую правомерность деления всего исследуемого периода (1953 - 2003 гг.) на подпериоды (1953–1979 гг., 1979–1989 гг. и 1989–2003 гг.), получить дополнительную информацию и определить стратегию дальнейшего анализа данных.

Для реализации данной стратегии определен также комплекс методов математической обработки и произведена соответствующая подготовка данных.

Экологизация системы обучения

Малькевич Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе главнейшими проблемами, которые стоят перед человечеством, являются: состояние окружающей среды и состояние самого человека – двух основных элементов биосферы.

Рассматривая первую проблему, человек, прежде всего, изучает реакции своего организма на изменение многочисленных её показателей. Чем полнее знания, тем более адекватна реакция человека на перемены в окружающей среде.

Экологическое образование на базе технического должно закономерно продвигаться от материального мира к сознанию. Знакомясь с техникой и существующими технологическими процессами в различных отраслях, будущий специалист на конкретных примерах изучает их воздействие на окружающую среду, позволяет уменьшить или исключить отрицательное антропогенное влияние на биосферу. Таким образом, необходимо полное согласование программ технических курсов с дисциплинами экологического и гуманитарного профиля (экология, социология, психология и др.) с целью максимального использования и взаимного дополнения учебного материала указанных курсов.

Результаты образования, построенного таким образом, должны выразиться в следующем: овладение знаниями по выживанию в экстремальных ситуациях, профессионализм в технических и экологических вопросах, высокая нравственность и активная гражданская позиция.

В зависимости от степени активности преподавателей возможны различные варианты процесса подготовки. При традиционном обучении преподаватель выдает словесную инструкцию, показывает правильные рабочие действия и затем проверяет правильность действий обучаемых.

Особенность проблемного обучения состоит в следующем: обучаемый прежде всего осознает проблемность ситуации созданной преподавателем, а затем через процесс решения соответствующей проблемы не просто получает и применяет знания, но и усваивает эти знания, а также способы их приобретения.

При программированном обучении человеку предъявляется проблемная ситуация и несколько возможных вариантов её решения, из которых он по критериям выбирает один.

Ответственность за будущее природы

Малькевич Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Формирование под воздействием разнообразных факторов, экологическое сознание представляет собой сложное системное образование. Если выразить одним словом специфику его высокого уровня, то это – ответственность. Влияние людей на среду своего обитания привело к выделению экологического аспекта ответственности или экологической ответственности. Она показывает насколько сознание, деятельность и поведение людей в сфере взаимоотношений между обществом и природой соответствуют комплексу требований, обусловленных социально-экономическим и технологическим уровнем развития общества и состоянием биосферы.

Различные виды ответственности тесно связаны между собой. Экологическая ответственность сопряжена с осознанием необходимости экономии природных ресурсов – с экономической ответственностью; с пониманием важности малоотходных и безотходных технологий – с ответственностью за развитие и внедрение в производство достижений науки и техники; с установкой на соблюдение природоохранного законодательства – с правовой ответственностью и т. д.

Человеку нужны глубокие знания и мудрая осторожность. Они – основа экологии.

Природа требует воспроизводства. В особой заботе нуждается человек.

Созидать осторожно и разумно для человека и природы – суть экологического гуманизма. Необходимо учитывать все технические решения, позволяющие сохранить и приумножить природные ресурсы.

Главными мероприятиями, которые помогут сохранить цивилизацию и биосферу, является возрождение и сохранение разнообразия природы в объемах, которые обеспечивают устойчивость окружающей среды, а также перестройка мирового хозяйства с целью уменьшения загрязнения окружающей среды. А это возможно лишь при условии изменения сознания человечества, быстрого развития планетарного интеллекта и организации внедрения экологически обоснованных решений, направленных на сохранение биосферы.

Благодаря развитию экологии и всесторонней экологизации производства, природопользование базируется не только на экономических принципах, но и на принципах охраны здоровья людей.

**Перспективы использования альтернативных источников энергии
в Республике Беларусь**

Мартынюк С.С., Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет

В качестве альтернативных источников энергии с учетом природных, географических и метеорологических условий Республики Беларусь рассматриваются малые гидроэлектростанции, ветроэнергетические установки, установки по производству биогаза, гелиоводонагреватели, установки для брикетирования и сжигания отходов растениеводства и др.

В соответствии с Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь к 2020 году доля вторичных энергоресурсов, включая ветроэнергетику, гидроэнергетику и другие виды должна составить 1,9 млн т.у.т

С учетом того, что солнечные и геотермальные источники, гидроэлектростанции в настоящее время являются высокочрезвычайно затратными, наибольший потенциал прироста имеют ветроэнергетические установки, использование энергии биомассы.

В стране имеется развитая централизованная электросеть и большое количество свободных площадей, не занятых субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому размещение ветроэнергетических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС) обуславливается только грамотным размещением ветроэнергетической техники на пригодных для этого площадях.

В Республике Беларусь определено 1840 площадок для строительства ВЭУ. Больше всего подходят для создания ветропарков северная и северо-западная часть территории страны – Минская, Витебская и Гродненская области. Это связано, прежде всего, с местным ландшафтом – ветропарки устанавливаются обычно на возвышенности.

При среднегодовой скорости ветра 6-8 м/сек, окупаемость возведенной ветроэнергетической установки составляет 5- 7 лет.

Основными направлениями в производстве энергии из биомассы являются: отходы растениеводства, биогаз из отходов животноводства, дрова и древесные отходы, фитомасса.

Применение биогазовых установок позволит существенно улучшить экологическую обстановку вблизи крупных ферм и животноводческих комплексов, а также на посевных площадях, куда в настоящее время сбрасываются отходы животноводства.

**Использование опыта МАГАТЭ по управлению знаниями
и их сохранению в области ядерной и радиационной безопасности в
работе кафедры «Экология»**

Морзак Г.И., Ролевич И.В., Зеленухо Е.В.
Белорусский национальный технический университет

В сфере использования ядерных технологий плата за ошибки, связанные с негативным влиянием человеческого фактора (в т.ч. некомпетентности или утери знаний), слишком велика. Речь идет не только о крупнейших авариях масштаба Чернобыльской. Большую опасность представляют также ошибки в выборе конструкции и режима эксплуатации установок. Поэтому создание действенной системы подготовки специалистов в области ядерной и радиационной безопасности с использованием информационно-образовательной среды особенно необходимо для обеспечения прогресса в развитии ядерных и радиационных технологий. Ввод АЭС опасен без тщательной проработки и анализа знаний в области ядерной и радиационной безопасности.

Быстрое обновление знаний в области ядерной и радиационной безопасности ставит задачу перед кафедрой «Экология» БНТУ по подготовке специалистов, способных адаптироваться к быстро изменяющимся условиям современного общества. С этой целью было налажено использование интернет-портала Nucleus. Портал объединяет существующие информационные ресурсы МАГАТЭ в области ядерных науки и технологий в одном общем портале. Он также служит межсетевым шлюзом для получения и обмена информацией. Использование материалов портала позволяет повысить эффективность образовательного процесса и получить значительный экономический эффект.

Существенно сокращаются затраты на получение необходимых ядерно-технологических знаний и исчезают многие риски: риск принятия специалистом ошибочного управленческого решения из-за недостаточности знаний по существу вопроса, риск снижения качества конечного результата от применения знаний вследствие использования недостоверных результатов, риск срыва сроков реализации проектов вследствие неспособности исполнителей адаптировать существующий опыт при выборе проектных решений и риск возникновения повторных затрат на обоснование решений вследствие недооценки опыта и знаний.

Следовательно, внедрение в работу кафедры «Экология» использования достоверных и сохраненных знаний МАГАТЭ на интернет–портале Nucleus позволяет существенно улучшить образовательный процесс.

**Технологические вопросы использования соломы
в качестве возобновляемого биотоплива**

Родькин О.И.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь площадь пашни, занятой под озимыми и яровыми зерновыми культурами, за последнее десятилетие остается достаточно стабильной, а средний валовой сбор зерна в стране приближается к 8-9 млн. т, что соответствует производству приблизительно 9-10 млн. т соломы. Объем использования соломы на энергетические цели в стране является незначительным, что связано с рядом аспектов, в том числе технологического характера. Технологическая эффективность использования соломы в качестве биотоплива снижается вследствие высокого процента содержания в биомассе соединений хлора, калия и других элементов. Это вызывает ряд технических проблем при эксплуатации энергоустановок, таких как коррозия поверхностей нагрева, повышение степени шлакования и загрязнения проходных каналов.

В наших экспериментах проводились исследования по влиянию влажности соломы на содержание в ней этих элементов, а так же рубидия, и серы. Для исследования влажности соломы и ее химического состава отбор образцов производился в несколько этапов, начиная с периода уборки. Были отобраны образцы соломы ржи, льна, ячменя, пшеницы и тритикале. В ходе проведения исследований была установлена четкая зависимость влажности соломы от периода ее экспозиции в полевых условиях. В частности, отмечается существенное увеличение влажности соломы в среднем с 9 до 36,5% в течение месяца. В биомассе соломы, пролежавшей в поле определенное время под воздействием осадков, имеет место снижение содержания ряда элементов. Статистическая обработка подтвердила, что наблюдается высокий коэффициент регрессии величины влажности соломы и содержания в ней таких элементов как сера и хлор. Для таких элементов как калий и рубидий означенная тенденция выражена в меньшей степени. Например, для калия высокий коэффициент регрессии между влажностью и содержанием элемента в соломе имел место для ячменя и пшеницы и средний для тритикале. Снижение содержания этих элементов в биомассе соломы позволяет в значительной степени нивелировать негативное влияние на состояние энергоустановок при ее сжигании.

Анализ международных проектов по накоплению и сохранению знаний в области ядерной и радиационной безопасности

Ролевич И.В., Морзак Г.И., Зеленуха Е.В.
Белорусский национальный технический университет

В 2004 г. Генеральная конференция МАГАТЭ в резолюции GC(48)/RES/13.E признала, что сохранение и укрепление ядерных знаний и подготовка квалифицированных кадров имеют жизненно важное значение для постоянного, более широкого, безопасного и надежного использования ядерных технологий в мирных целях. В 2005 г. важность управления ядерными знаниями для программы Агентства было отражено в Среднесрочной стратегии Агентства на 2006–2011 г.г., в которую включена задача «устойчивого сохранения и накопления опыта, экспертных ресурсов, базы знаний и потенциала, необходимых для поддержки существующего и расширенного использования ядерной энергетики и ядерных применений». Поэтому проблема управления и обмена знаниями, а также их сохранения, как залог дальнейшего существования ядерной области, как никогда актуальна в настоящее время.

С этой целью были изучены международные проекты по накоплению и сохранению знаний в области ядерной и радиационной безопасности. Одним из главных проектов является электронный каталог ядерных учебных центров (ENTRAC). Он содержит сведения, собранные как МАГАТЭ, так и организациями ядерной промышленности во многих областях ядерной отрасли, таких, как: надежное обеспечение компетентной рабочей силой; обучение персонала; управление человеческими ресурсами; улучшение деятельности человека; интегрированные системы управления; различные этапы жизненного цикла ядерного объекта, включая проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию, саму эксплуатацию и вывод из эксплуатации; инфраструктура для ядерной энергетики и новые сооружения; ядерная энергетика/технологии.

Сеть регуляторов радиационной безопасности обеспечивает платформу для прямого доступа к информации, полезной для регулирующих органов ядерной и радиационной безопасности. Она основана на сетевой среде Livelink. Ежегодно МАГАТЭ оплачивает лицензию для каждого аккаунта.

Таким образом, использование с учебной целью международные проекты по накоплению и сохранению знаний в области ядерной и радиационной безопасности является перспективным.

УДК 621.436

Оценка экологической эффективности методов снижения токсичности отработанных газов автомобилей

Сидорская Н.В., Мартынюк С.С.

Белорусский национальный технический университет

Стандарты на выброс токсичных веществ автомобильными двигателями введены во многих странах мира. Для стран Европы оценку токсичности двигателей автомобилей рекомендуется проводить по Правилам Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН).

Различают два основных метода снижения уровня токсичности отработавших газов автомобилей.

Первичный метод - основан на оптимизации рабочего процесса. Сюда входит и использование альтернативных топлив, и организация рабочего процесса, регулировки, применение различных добавок к топливам и т. д.

Вторичный метод – направлен на удаление вредных примесей уже на выходе из цилиндра двигателя – каталитическое обезвреживание выбросов, включающее фильтрацию от сажи и аэрозолей на пористых материалах с периодической термической регенерацией фильтра, каталитическое дожигание газообразных продуктов неполного сгорания на катализаторах и многое другое.

Для того чтобы повысить эффективность очистки выбросов целесообразно использовать эти два метода в комплексе.

Для оценки воздействия выхлопных газов автомобилей на окружающую среду используют показатель общей суммарной токсичности выбросов.

Интегральная характеристика токсичности отработавших газов, выраженная через эквивалентный вес оксида углерода, позволяет сравнивать экологическую эффективность методов снижения токсичности отработавших газов автомобилей, а также экологические характеристики различных типов автомобилей, экологические свойства различных сортов бензина и дизельного топлива и т. д.

Для оценки суммарной токсичности выбросов автомобиля за год необходимо учитывать среднегодовой пробег.

Используя методику пересчета суммарной токсичности отработавших газов на вес оксида углерода, можно оценить и долю в общей суммарной токсичности любого выбрасываемого двигателем вещества.

**Оценка риска угрозы здоровью
при воздействии беспороговых токсикантов**

Сидорская Н.В.

Белорусский национальный технический университет

При оценке риска угрозы здоровью, обусловленного воздействием канцерогенных веществ, используют два важных положения. Во-первых, принято считать, что у канцерогенов нет пороговой дозы, их действие начинается уже при самых малых количествах, попавших в организм человека. Во-вторых, считается, что вероятность развития онкозаболеваний (т. е. канцерогенный риск) прямо пропорциональна количеству (дозе) канцерогена, введенного в организм. Совокупность этих двух положений называют беспороговой линейной моделью.

Фактор риска показывает, насколько быстро возрастает вероятность онкологического заболевания при увеличении дозы канцерогена, поступившего в организм человека с воздухом, водой или пищей. Фактор риска количественно характеризует увеличение угрозы здоровью в результате ежедневного поступления данного канцерогена в количестве 1 мг, отнесенного к 1 кг массы тела человека. Значения факторов риска определяются, как правило, в результате опытов на животных.

Для оценки риска угрозы здоровью, обусловленного воздействием канцерогенных веществ можно применить методику, рекомендованную Агентством по защите окружающей среды США.

При решении задач, связанных с потреблением питьевой воды, для определения среднесуточного поступления канцерогена с водой на 1 кг массы тела человека учитываются скорость поступления воды в организм человека, л/сут (считается, что взрослый человек выпивает ежедневно 2 литра воды); количество дней в году, в течение которых происходит воздействие канцерогена; количество лет, в течение которых происходит воздействие канцерогена; средняя масса взрослого человека; усредненное время воздействия канцерогена, в качестве которого принимается средняя продолжительность жизни человека, считающаяся равной 70 годам. Затем рассчитывают индивидуальный канцерогенный риск r . Если $r \leq 10^{-6}$, индивидуальный канцерогенный риск считается пренебрежимо малым. Верхний предел допустимого индивидуального канцерогенного риска принимается равным 10^{-4} . Если $r > 10^{-4}$, индивидуальный канцерогенный риск считается недопустимым.

В случае воздействия нескольких канцерогенов полный риск выражается суммой отдельных рисков.

**Ресурсоэффективное и экологически чистое производство
как важная часть зеленой экономики**

Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет

В рамках Конференции Рио+20 государства согласились создать концепцию «зеленой» экономики как важный инструмент устойчивого развития.

Концепция «зеленой» экономики – это модель, которая ведет к улучшению здоровья и социальной справедливости населения, а также к значительному снижению опасных воздействий на окружающую среду и к снижению экологического дефицита.

Одним из важных компонентов данной модели является внедрение ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий на предприятиях.

В Республике Беларусь с 2014 года внедрение данных технологий реализуется на предприятиях по переработке сельскохозяйственной продукции, предприятиях пищевой, химической отраслей, а также в отрасли производства строительных материалов и изделий.

Внедрение ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий на предприятиях заключается в создании и совершенствовании производств, отвечающих целям устойчивого развития; в предотвращении образования отходов и других видов загрязнений при выполнении производственных процессов; в сокращении материальных и финансовых издержек, возникающих в результате нерационального использования ресурсов, сырья и энергии; в снижении затрат на утилизацию отходов.

Одним из приоритетных направлений в рамках ресурсоэффективного производства является «зеленая» химия.

«Зеленая» химия - принципиально новый инновационный подход к сокращению или полному отказу от использования опасных и токсичных химических веществ, заключающийся в использовании чистых и менее загрязняющих окружающую среду промышленных процессов, гарантирующий, что производители берут на себя ответственность за производимые продукты. Идеи данной концепции поддерживаются Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением и Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях.

Эко-инновации - инструмент, который можно использовать в производстве с применением химических веществ, подразумевающий снижение потребления ресурсов, но при этом повышение прибыли и реализации продукции.

Функции дистанционного обучения как дистанционного образовательного процесса

Тавгень И.А., Тавгень Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Проведенный нами анализ работ Е.С. Полат, Р.С. Пионовой, А.А. Андреева, И.В. Сергиенко и В.А. Куклева показывает, что в них выявлены определенные функции ДО, но они не учитывают предложенную нами дуальность системы ДО, заключающуюся в двух взаимодополняющих аспектах: в широком (социально-профессиональном) аспекте – как дистанционной формы получения высшего образования, расширяющую и модернизирующую заочную форму получения высшего образования, которая объединяет последние средства телекоммуникаций с новейшими сетевыми методиками самообразования и самоконтроля; в узком (дидактическом) аспекте – как дистанционного образовательного процесса, то есть целенаправленное опосредованное (или частично опосредованное) взаимодействие студента с преподавателем, электронными информационно-образовательными ресурсами и студентов между собой, осуществляемое независимо от места их нахождения на основе широкого использования возможностей сети интернет и электронных ИКТ. В данных исследованиях не просматривается четкого разделения функций для системы ДО, рассматривая ее с одной стороны как инновационную форму получения высшего образования, с другой стороны, рассматривая ее как дистанционный образовательный процесс.

Рассмотренные нами теоретические положения позволяют нам выделить следующие функции ДО как инновационного образовательного процесса:

- познавательная, обеспечивающая удовлетворение образовательных, профессиональных и информационных потребностей студентов с использованием возможностей интернета, а также получение навыков к самостоятельному построению профессиональных перспектив своего развития,
- пропедевтическая, направленная на развитие у студентов информационно-коммуникационной культуры, формирование у них соответствующих компетенций,
- контрольно-диагностическая, обеспечивающая предоставление многообразия форм и содержания контроля/самоконтроля и диагностики/самодиагностики учебного процесса,
- функция удаленного управления образовательным процессом посредством использования электронных ИКТ.

**Современные технологии переработки отходов
калийного производства**

Хорева С.А., Жуковец А.М.

Белорусский национальный технический университет

В результате деятельности горнодобывающих предприятий геоэкологическим последствиям подвергаются все элементы биосферы: ее минеральная основа - геологическая среда с подземными и поверхностными водными ресурсами, почва, воздушный бассейн и растительный мир. Также, в процессе обогащения сильвинита при производстве калийных удобрений образуются значительные объемы галитовых отходов, глинисто-солевых шламов и избыточных рассолов, создающих негативное техногенное воздействие на окружающую среду.

Для снижения объема отходов и сокращения площади размещения солеотвалов и шламохранилищ возможно применение ряда перспективных технологий. Отходы калийного производства содержат, как правило, ценные компоненты, которые целесообразно после дополнительной технологической обработки возвращать в полезный оборот.

Образованные галитовые отходы являются перспективным сырьем для получения технической, кормовой и поваренной соли, для содового и хлорного производств. Продукт глинистый минерализованный (ПГМ), полученный в процессе комплексной технологии переработки глинисто-солевых шламов, может быть использован для устройства противофильтрационных экранов на полигонах захоронения твердых коммунальных отходов, противопожарных барьеров, насыпей и слоев оснований в конструкциях лесных автомобильных дорог.

Применение современных технологий переработки отходов калийного производства позволит получить новые виды техногенного сырья, которое может быть использовано в различных отраслях промышленности: химической, энергетической, строительной, нефтегазодобывающей, животноводческой, автодорожной, коммунальной и ряде других.

Эффективное использование отходов, образующихся при производстве калийных удобрений, позволит предприятиям максимизировать прибыль, приблизить технологию к безотходной, тем самым решая экологическую проблему, получать дополнительную продукцию и дать возможность организовать новые производства.

**Варианты структур межсистемных связей
показателей эндокринной системы и иммунитета
при оценке адаптационного процесса на тестовые нагрузки**

¹Хорева С.А., ²Джураева Е.И., ³ Лукьянова М.Г.

¹ Белорусский национальный технический университет, г. Минск

² Сибирский медицинский университет, г. Томск, Россия

³ Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Цель данного исследования: выявить закономерности в стратегии адаптационного процесса при действии раздражителей субэкстремального диапазона. Вектор и амплитуда срочных реакций факторов неспецифической резистентности, иммунитета и гормонов на раздражитель во многом зависят от исходного уровня показателей до нагрузки. Отмечено, изменение и усложнение на фоне нагрузок структуры иммуно-эндокринных связей и наличие в ряде случаев корреляций уровня гормонов с показателями иммунитета и неспецифической резистентности.

Наличие корреляций - даже достаточно сильных - не является прямым доказательством существования между исследуемыми признаками причинно-следственных связей, но, тем не менее, отрицательные связи фагоцитарного блока с содержанием ацетилхолина и положительные – с адреналином представляются наиболее вероятными с позиций классической концепции о реципрокных взаимоотношениях ацетилхолина и адреналина как регуляторов фагоцитоза. Точно также положительная корреляционная связь ацетилхолина с уровнем IgG в слюне гармонирует с представлениями о парасимпатическом отделе вегетативной нервной системы как регуляторе секреторных функций слюнных желёз, имеющих отношение к феноменам местного иммунитета. Связи дофамина и серотонина с функциональными характеристиками фагоцитирующих клеток и серотонина – с В-лимфоцитами согласуются с представлениями о роли дофамина и серотонина в иммуногенезе. Именно уровень дофамина крови является ведущим звеном эндокринной регуляции, на котором замыкаются все основные блоки неспецифической резистентности и иммунитета (фагоцитоз, Т-лимфоциты, сывороточные и секреторные иммуноглобулины). Жесткие корреляционные связи титра комплемента, НСТ-теста и слюны с уровнем кортизола гармонируют с данными о влиянии глюкокортикоидов на неспецифическую резистентность и иммунитет.

**Использование древесной биомассы и отходов
при производстве энергии**

Хрипович А.А.

Белорусский национальный технический университет

Перспективным направлением развития биоэнергетики является производство газообразного биотоплива из древесины, для сжигания которого можно использовать обычные газовые котлы. При использовании древесного топлива не требуется серьезных модификаций технологического оборудования для сжигания топлива, при этом выбросы вредных веществ в окружающую среду значительно снижаются. Максимальная теплоотдача достигается при сжигании гранулированной и спрессованной древесины.

В основе технологии производства топливных гранул и брикетов лежит процесс прессования измельченных отходов древесины и/или растительного сырья. Сжатие материала в процессе прессования значительно повышает температуру (до 250–350 °С), при этом происходит механоактивация лигнина, содержащегося в сырье. Размягченный лигнин склеивает частицы материала, не меняя его структуру, в результате получается плотная гранула (брикет) с достаточной механической прочностью и высокой теплотворной способностью (12–30 МДж/кг). Сырьем для производства брикетов и гранул являются древесные отходы (стружка и опил без коры, отходы с корой, кора, отходы производства мебели, шлифпыль, отходы фанерных производств), агробиомасса, содержащая значительное количество целлюлозы (солома, шелуха подсолнечника, шелуха злаковых, отходы хлопка, сено, камыш); отходы прочих материалов (бумага, картон, целлюлоза, полимеры, торф).

Существует три основных типа топливных брикетов. Они отличаются по форме, которая зависит от способа прессования: ударно-механическое (брикеты NESTRO); экструдерное (брикеты Pini-Kay); гидравлическое (брикеты RUF).

В настоящее время успешно реализуется производство топлива из отходов древесины и агробиомассы в странах ЕЭС (например, C.F.Nielsen (Дания), UPM (Литва), Vogma (Швеция), Pawert-SPM AG (Швейцария), DI-PIU (Италия), а также в России (ООО «Выборгская лесопромышленная корпорация», ОАО «Лесозавод №25», ООО «Лобва-Трейд», ООО «Вологдабиоэкспорт», ООО «ЦентроВудКом», ДОК «Енисей», ОАО «Байкальская лесная компания», ЗАО «Новоенисейский лесохимический комплекс»).

**Особенности экономической оценки
проектов предотвращения загрязнения среды**

Хрипович А.А.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы производственные предприятия начали более основательно изучать вопросы вложений в предотвращение загрязнения среды. Обычные системы расчётов расходов практически оставляют без внимания статьи расходов на экологические нужды. В связи с этим невозможно передать их под ответственность тех производственных подразделений, которые дают отходы. В результате предприятия включают расходы на охрану окружающей среды в одну общую смету или же просто присоединяют их к другим пунктам бюджета, где их трудно выявить. Следствием является то, что предприятия не могут найти те звенья своей производственной деятельности, на которые уходят больше всего средств для охраны окружающей среды, и ту продукцию, которая даёт больше всего отходов. Очевидным стало и то, что экономические оценки, которые обычно используются при анализе капиталовложений, могут быть недостаточными при изучении проектов предотвращения загрязнения среды. Например, традиционные методы анализа не отражают того факта, что многие приёмы предотвращения загрязнения среды несут в себе больше пользы, чем результаты других капиталовложений. К тому же, эти методы, как правило, полностью не отражают все расходы предприятия на природоохранные нужды.

Модифицировать экономические оценки и системы учёта для повышения конкурентноспособности проектов предотвращения загрязнения среды возможно применением *Оценки Общих Расходов*. Она содержит четыре элемента:

- расширенную инвентаризацию расходов,
- анализ за длительный период времени,
- использование долгосрочных финансовых показателей,
- прямой пересчет расходов на производственные процессы и продукцию.

Первые три элемента относятся к технико-экономическому обоснованию, последний – к калькуляции издержек производства, который может быть реализован в виде единого фонда, разделённого фонда и центра услуг. Концепция центра услуг является наиболее детализированной степенью отчётности. Все улучшения и изменения соотносятся только с теми видами деятельности, которые вызывают загрязнение среды.

Оценка состояния атмосферного воздуха

Цуприк Л. Н.

Белорусский национальный технический университет

Оценка состояния атмосферного воздуха производится в несколько этапов:

На первом этапе для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха рассчитываются единичные разовые и осредненные индексы загрязнения атмосферы – они определяются как отношение единичных концентраций примеси к ПДК соответствующего периода осреднения: $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ или $\text{ПДК}_{\text{сс}}$.

Поскольку в атмосфере одновременно может находиться одновременно до 100 примесей на втором этапе проверяется: не обладают ли примеси эффектом суммации.

На третьем этапе для сравнения степени загрязнения атмосферного воздуха в разных городах используется безразмерная функциональная характеристика степени загрязнения атмосферного воздуха несколькими веществами – комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА), учитывающий количество веществ, степень вредности веществ. Расчет КИЗА основан на предположении, что на уровне ПДК все вредные вещества характеризуются одинаковым влиянием на человека, а при дальнейшем увеличении концентрации степень их вредности возрастает с различной скоростью, которая зависит от класса опасности вещества. Для каждого города рассчитывается КИЗА убывающих первых веществ в этом ряду (чаще всего 1-5). Полученные безразмерные величины сравнивают с оценочной шкалой опасности загрязнения атмосферного воздуха по КИЗА.

На четвертом этапе определяется гигиеническая оценка степени опасности загрязнения атмосферного воздуха несколькими примесями суммарный показатель P , который учитывает как характер комбинированного действия вредных веществ по типу неполной суммации, так и класс опасности этих веществ.

Фактическое загрязнение атмосферного воздуха оценивается по 5 степеням опасности, которые зависят от суммарного показателя и количества присутствующих примесей. Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха по суммарному показателю P проводится только за годовой период осреднения.

Особенности мониторинга атмосферных осадков

Цуприк Л.Н.

Белорусский национальный технический университет

Снежный покров - доступный и информационный объект мониторинга, так как является индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. Мониторинг атмосферного воздуха на постоянных постах не может обеспечить получение необходимой для решения многих задач информации из-за сложной структуры полей загрязнения воздушной среды, большого количества источников выбросов, многоэтажной застройки.

При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания, концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на два-три порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения содержания загрязняющих веществ могут проводиться простыми методами и с высокой степенью надежности. Отбор проб снежного покрова прост и не требует сложного оборудования. Снежный покров может служить для целей дистанционного измерения параметров загрязнения местности, в т. ч. и из космоса.

В Беларуси в рамках системы мониторинга атмосферного воздуха ежегодно в конце зимнего периода проводится снегомерная съемка на 22 пунктах. Ежегодные наблюдения позволяют проследить динамику содержания загрязняющих веществ и выявить районы, испытывающие наибольшую антропогенную нагрузку. В городах изучают особенности макро- и микрокомпонентного состава снежного покрова. Наибольшее внимание изучению загрязнения снежного покрова уделяется г. Минску: заложена экспериментальная площадка наблюдений за снежным покровом в зимний период для исследования динамики его химического состава в период залегания и в семи точках проводится изучение пространственной структуры загрязнения снежного покрова на территории г. Минска.

В пробах атмосферных осадков и снега значительно увеличилось содержание хлорид-иона и иона натрия, определяются также нитрат-ионы, сульфат-ионы, гидрокарбонат-ионы, ионы аммония, калия, тяжелых металлов, удельная электропроводность, что связано с влиянием техногенных нагрузок.

**Процессы гумификации,
оценка соотношения углерода и азота в почве**

Цыганова А.А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

При гумификации исходный органический материал разлагается и превращается в аморфные, высокомолекулярные гуминовые вещества темного цвета, которые скапливаются, прежде всего, в верхних слоях почвы и изменяют в положительную сторону такие свойства почвы, как плодородие, аэрация и водный баланс.

Гуминовые вещества - это органические коллоиды с большой удельной поверхностью и способностью к обратимому присоединению молекул воды и ионов. Гуминовые вещества имеют большое значение благодаря своей хорошей водоудерживающей и адсорбирующей способности, в особенности для связывания воды, поддержания структуры и адсорбции питательных солей почвы, поддержания ее теплового баланса, придают гумусу высокую устойчивость структуры.

Распад органической субстанции почвы происходит в зависимости от соотношения С : N. Чем интенсивнее обработка почвы, тем быстрее протекает процесс распада органического вещества и тем ниже содержание гумуса в почве. Соотношение С : N касается биодоступной доли углерода и азота в растениях и в почве и является индикатором ее плодородия. Для питания микроорганизмов требуется углерод и азот – для синтеза белка. При большом соотношении С : N (100:1) в почве много углерода, но мало азота. В этом случае микроорганизмы испытывают недостаток азота, а органическая субстанция долго сохраняется в почве. При малом соотношении (20:1) в почве присутствует мало углерода и много азота. Микроорганизмы быстро размножаются, начинается интенсивное разложение и минерализация органических веществ, происходит быстрое высвобождение питательных веществ.

Таким образом, после уборки зерновых, поле следует удобрить, чтобы компенсировать дефицит азота и обеспечить активность почвенных микроорганизмов. Тем самым соотношение С : N определяет успех удобрения компостом: богатый углеродом трудно разлагаемый материал следует смешивать с легко разлагаемым. В зависимости от вида гумуса отличается и соотношение С : N, как правило, оно находится в пределах от 8-30. Хорошие показатели данного соотношения при удобрении компостом от 25:1 до 30:1.

Стратегия внесения минеральных удобрений под зерновые

Цыганова А.А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

Под термином «удобрение» подразумевают внесение питательных веществ как минеральной, так и в органической форме для питания и развития культурных растений.

Потребность в питательных веществах формируется исходя из урожайности в соответствующих условиях произрастания и возделывания, а также с учетом качественных требований к растительным продуктам. Степень удобрения, в конечном счете, определяется экологическими и экономическими условиями.

В зерновом балансе РБ озимой ржи принадлежит ведущая роль. Рожь, лучше других культур приспособлена к произрастанию на почвах с невысоким естественным плодородием, более устойчива к неблагоприятным погодным условиям, менее требовательна к предшественникам, слабее поражается корневыми гнилями обеспечивает получение достаточно высоких и гарантированных урожаев на всех типах почв.

Озимые зерновые следует обеспечить всеми питательными веществами уже осенью, чтобы достигнуть максимальной урожайности. Кроме того, оптимальное соотношение основных питательных веществ в почве содействует процессу роста корневой системы. Фосфорные и калийные удобрения вносят до посева в основную обработку почвы. Обязательно припосевное внесение фосфора. Весенние подкормки фосфорными и калийными удобрениями неэффективны, возможна подкормка калием на почвах легкого гранулометрического состава.

Одним из условий эффективности азотных удобрений является дробное их внесение. Первую подкормку проводят весной в начале активной вегетации растений, используя КАС, аммиачную селитру, карбамид. Вторая подкормка проводится в конце фазы кущения – середина фазы выхода в трубку с целью получить необходимое количество побегов для обеспечения хорошего урожая. Внесение третьей подкормки рекомендуется при высоком уровне урожайности, а также при хорошем водоснабжении и для достижения высокого уровня содержания протеина.

Из микроэлементов для зерновых культур наибольшее значение имеют медь, цинк, бор, молибден, сера.

Восстановление засоленных почв с использованием древесной растительности

Черненко Е.В., Родькин О.И.

Белорусский национальный технический университет

Засоление почв является одной из региональных экологических проблем, возникшей, в том числе, вследствие антропогенного воздействия – применение неправильной системы орошения в сельском хозяйстве на определенных типах почв, а также связанной с воздействием на окружающую среду в зоне влияния горнодобывающей промышленности. Последнее характерно для Беларуси ввиду эксплуатации одного из самых крупных в мире месторождений калийной соли (Старобинское месторождение) и производстве калийных удобрений. В настоящее время существует несколько методов, позволяющих рекультивировать засоленные земли. Из них значительный интерес представляет биологическая рекультивация на основе растительных насаждений. Как правило, основные исследования влияния засоленных сред проводятся в отношении полевых культур (таких как кукуруза, сахарная свекла, люцерна, многолетние злаковые и др.). Тем не менее, одной из перспективных, но пока малоизученных, областей исследования является применение быстрорастущей древесной и древесно-кустарниковой растительности для восстановления и использования деградированных земель. Эксперименты по выращиванию ивы, тополя и других растений на выработанных торфяниках и загрязненных почвах, доказывают эффективность такого направления.

Вместе с тем, возделывание древесных культур на засоленных территориях требует проведения дополнительных исследований. Эксперименты, проведенные в странах Европы и США, по выращиванию ивы в целях биологической рекультивации загрязненных земель и получения биотоплива, доказали перспективность этого направления, а также позволили выделить виды и клоны с наиболее высоким потенциалом для произрастания на засоленных почвах (урожайность 13-15 тонн сухой древесины в пересчете на год получена для клонов ивы видов *Salix miyabeana* и *Salix sachalinensis*).

Растущая зависимость от исчерпаемых источников энергии создают повышенную заинтересованность в производстве более безопасной, экологически приемлемой и возобновляемой энергии на основе биомассы. Биологическая рекультивация территорий с засоленными почвами на основе энергетических плантаций быстрорастущих древесных культур обеспечивает как экологические, так и экономические преимущества, и представляет в этом отношении интерес для нашей страны.

**Анализ систем обеспыливания газовоздушного потока
асфальтосмесительной установки**

Шавяка Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Как показывает анализ выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, наибольший вклад в структуру выбросов вносит процесс приготовления асфальтобетона в асфальтосмесительной установке (порядка 90 % от валового выброса).

Основными выбрасываемыми веществами являются: оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, твердые частицы суммарно. Анализ производственной деятельности асфальтобетонного завода (АБЗ) показал, что в целом ряде асфальтосмесительных установок имеется превышение концентраций установленных согласно СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Как правило, в качестве системы аспирации асфальтосмесительной установки на АБЗ установлены 2-х ступенчатые системы обеспыливания газовоздушного потока. В качестве первой ступени очистки используются циклоны сухой очистки конструкции НИИОгаз типа СДК-ЦН-33, ЦН-15У, СУН-40 и другие; в качестве второй ступени – мокрые пылеуловители типа СИОТ, ротоклон, а также групповые циклоны сухой очистки.

Применение мокрых систем очистки для АБЗ представляет определенную сложность в связи с необходимостью наличия на производственной площадке источника водоснабжения для функционирования пылеулавливающей установки, и наличием образованного в ходе очистки достаточно большого количества шлама, требующего последующей утилизации.

На действующих АБЗ степень очистки вещества твердые частицы суммарно в основной массе составляет от 75 до 85%, что является недостаточным, так как после системы аспирации концентрация загрязняющих веществ превышает нормативную (100 мг/м^3) в 10-80 раз.

Таким образом, наиболее эффективным мероприятием по снижению концентраций загрязняющего вещества твердые частицы суммарно является установка в качестве 2-й ступени очистки рукавных фильтров необходимой производительности и термостойкости со степенью очистки более 99,5 %.

**Анализ мероприятий по сокращению и оптимизации выбросов
асфальтобетонных заводов**

Шавяка Е.В., Басалай И.А.

Белорусский национальный технический университет

Производство асфальтобетонных смесей представляет собой сложный технологический процесс, осуществление которого связано с воздействием на компоненты окружающей среды, в первую очередь, на состояние атмосферного воздуха в районе расположения производственной площадки придоропользователя.

В связи с этим, предприятиям отрасли необходимо разрабатывать мероприятия по сокращению и оптимизации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, к которым относятся следующие:

- изменение технологии приготовления асфальтобетонов (применение нового типа технологии, установок, применение в качестве топлива природного газа);

- замена форсунок на более совершенные;

- применение улучшенной новой системы очистки отходящих газов;

- применения систем предотвращения выбросов при хранении различных горюче-смазочных материалов;

- монтаж усовершенствованных складов хранения инертных материалов;

- монтаж систем обеспыливания (увлажнения) для дробильно-сортировочного оборудования.

Наиболее экономически и организационно обоснованными в данных экономических условиях является применение новой (улучшенной) системы обеспыливания газовоздушного потока отходящего от асфальтосмесительной установки.

Разрабатываемые системы аспирации асфальтосмесительных установок должны соответствовать определенным требованиям, таким как:

- высокоэффективная очистка;

- определенная производительность, зависящая от производительности установки;

- очистка газов с высокими начальными концентрациями;

- высокая термостойкость;

- раздельное улавливание крупной, и мелкой пыли;

- обеспечение промышленной утилизации пыли.

Организация упаковочного производства

Влияние ультразвукового воздействия на выделение лигнина из древесины при ее размоле

Карпунин В.И., Кузьмич В.В.

Белорусский национальный технический университет

Многие из исследователей пытались выделить лигнин близкий к природному. Наибольших успехов в этом направлении достиг Бьеркман, который выделил его частично из древесины путем механического ее размола [1]. В работах других исследователей [2, 3] также представлены данные по выделению лигнина из древесины с целью повышению его выхода при размоле. Однако при интенсивном размоле выход лигнина повышался незначительно, в котором также возрастало содержание углеводов [4].

Согласно [1] выход лигнина с примесью углеводов составлял 30-50% от всего лигнина. С размолом древесины согласно нашим данным при размоле древесной муки выход лигнина составлял около 45% при тех же условиях опыта. При применении тех же условий размола древесины, но с использованием дополнительного воздействия ультразвука выход лигнина удалось повысить на 5-7%. При этом с размолом облучение измельченной древесины проводили ультразвуком с удельной акустической мощностью 7 Вт/см², с эффективной площадью излучения 9 см² и частотой колебаний 60 кГц. в течение всего времени ее размола. Для размола брали 5 г древесной муки и предварительно дополнительно размалывали ее до пылевидного состояния в шаровой мельнице с одновременным воздействием на размалываемые опилки ультразвука. При этом количество углеводов в лигнине было на 5-6% меньше, чем без обработки размалываемой древесины ультразвуком. Источником ультразвука была смонтированная установка/ После размола древесную муку затем экстрагировали в водном диоксане с одновременным ее облучением ультразвуком как описано выше. В результате выход лигнина был повышен еще на 4-5%. В результате общий выход лигнина от навески взятой древесины составлял около 57%. Из полученных результатов исследований следует, что использование ультразвука позволяет повысить выход выделяемого лигнина при размоле древесины ели на 5-7 %, а осины на 9-11 % соответственно. Из литературных данных [1-3] известно, что размол приводит к уменьшению степени полимеризации целлюлозы с одновременным превращением кристаллической целлюлозы в аморфную. При этом также известно, что часть выделенных лигноуглеводных комплексов представляет собой промежуточные продукты, содержащиеся в ЛМД [4].

Таким образом, проведенные исследования показывают, что использование ультразвука при выделении лигнина из растительного сырья размолом (древесины) позволяет повысить выход выделяемого лигнина с уменьшением содержания в ЛУК(лигноуглеводный комплекс) углеводов.

Литература

1. Никитин В.М. Лигнин. М.: Гослесбумиздат, 1961.-586 с.
2. Биохимия фенольных соединений. Пер. с англ. Под редакцией Н.М.Эмануэля. М.: Мир.-1988.- 541 с.
3. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы. М.-Л.- 1962.- 710 с.
4. Лигнины (структура, свойства и реакции). Под редакцией Сарканена К.В. и Людвиг К.Х. Пер. с англ. М.: Лесн. пром.- 1975.- 632 с.

УДК 668.474

Классификация биологически разлагаемых полимеров

Кузьмич В.В., Карпунин И.И., Балабанова Т.Ф.
Белорусский национальный технический университет

На данном этапе человечество столкнулось с угрожающими и практически всеобъемлющими экологическими проблемами, которые нельзя оставить без внимания, так как их последствия могут оказаться фатальными для всей мировой цивилизации. Не самую последнюю роль в усугублении сложившейся ситуации играет загрязнение окружающей среды твердыми отходами. Сложившуюся ситуацию может улучшить повсеместное введение биоразлагаемых полимеров. С целью создания широкого спектра биоразлагаемых полимерных материалов за рубежом происходит объединение усилий в таких организациях, как Международная ассоциация биоразлагаемых полимеров (IBAW) и Институт оксибиоразлагаемых пластмасс (ОПИ). Важную роль в этом направлении является использование информационных технологий. В любом случае обострение экологической обстановки в окружающем мире нарастает. Радикальным решением проблемы «полимерного мусора», по мнению специалистов, является создание и освоение широкой гаммы полимеров, способных при соответствующих условиях подвергаться биодegradации с образованием безвредных для живой и неживой природы веществ. Именно биоразлагаемость высокомолекулярных веществ и будет тем приоритетным направлением разработки, которое позволит исключить значительное число проблем «пластмассового мусора».

Полимер – вещество, характеризующееся многократным повторением одного или более составных звеньев, соединенных между собой в количестве, достаточном для проявления комплекса свойств, который остается практически неизменным при добавлении или удалении одного или

нескольких звеньев. Пластическая масса (пластмасса) – материал, представляющий собой композицию полимера или олигомера с различными ингредиентами, находящуюся при формовании изделий в вязкотекучем или высокоэластичном состоянии, а при эксплуатации – в стеклообразном или кристаллическом состоянии. Биоразлагаемостью является способность материала разрушаться в естественных условиях под действием микроорганизмов (бактерий и грибков), ультрафиолета, радиации, что приводит к микробиальному усвоению этого материала.

УДК 0043

Об использовании костровых и древесно-костровых плит

Карпунин В.И.

Белорусский национальный технический университет

Одним из основных недостатков современного производства костроплит является отсутствие конкретных научных разработок в этой области. Практически нет научных положений о технологическом процессе прессования костроплит, его химизме, а также о совершенствовании технологии производства. Незнание же сущности процесса, происходящего при изготовлении костроплит, не дает возможности установить научно обоснованные технологические режимы прессования, определить пути развития данной отрасли. Широкому применению костроплит в строительстве, мебельном производстве и получении упаковочной тары препятствуют и их очень низкие физико-механические показатели. Несовершенство технологии производства, в основном это относится к очистке костры от посторонних примесей, смешиванию ее со связующим и формированию ковра, что существенно влияет на качество плит.

Решение этих задач дало возможность разработать технологические параметры прессования и в определенных пределах изменять прочностные показатели плит. При применении быстроотверждаемых связующих следует исследовать возможность увеличения производительности труда и улучшения качества выпускаемых плит и получаемой из них упаковочной тары. Все это позволит сделать производство костроплит и упаковочной тары конкурентоспособным и рентабельным.

Следует заметить, что особое значение здесь имеет разработка новых способов производства целевого продукта, который отличался бы экологической безопасностью, малой энергоёмкостью, использованием местной сырьевой базы. При этом необходимо повышать качество полученного целевого продукта, используемого для изготовления тары и

транспортной упаковки .В этом отношении было уделено внимание технологии переработки растительного сырья с целью производства тары и упаковки, существенно интенсифицирующей технологический процесс его переработки и улучшающего качество целевого продукта.

Таким образом, на основе изложенного выше, цель повышения эффективности переработки растительного непищевого целлюлозосодержащего сырья с разработкой новых перспективных технологий является актуальной, так как решение сформулированных для достижения цели задач позволяет улучшить качественные показатели целевого продукта, рационально использовать отходы растительного сырья и местную сырьевую базу, интенсифицировать технологические процессы его переработки и создать ресурсосберегающие экологически состоятельные технологии. . В результате выполнения данной работы расширится область применения плит костровых и древесно-костровых плит.

УДК 620.75

Требования к составу полимерных материалов с биоцидными добавками для упаковки медицинских изделий

Почанин Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

Процесс конструирования и разработки упаковки для медицинских изделий является сложным и ответственным этапом. На конструкцию упаковки и выбор упаковочных материалов влияют особенности медицинского изделия, метод его стерилизации, способ использования, срок годности, транспортирование и хранение.

Микробные барьерные свойства упаковочных материалов, способы формирования и склеивания являются решающими для обеспечения целостности упаковки и безопасности продукции. Поскольку не существует доступного экспертного метода микробиологического контроля барьерных свойств материалов упаковки для финишной стерилизации и эффективности формирования и склеивания, то их оценивают раздельно.

Для определения объема санитарно-гигиенических исследований на соответствие требованиям к показателям безопасности медицинские изделия необходимо отнести к одной из групп по гигиенической классификации по продолжительности и виду контакта с организмом человека.

По продолжительности контакта с организмом человека медицинские изделия классифицируются на 3 группы:

I – группа кратковременного контакта (медицинские изделия

однократного, многократного или непрерывного использования, контакт которых по общей продолжительности не превышает 24 ч);

II – группа длительного контакта (медицинские изделия однократного, многократного или непрерывного использования, контакт которых по общей продолжительности превышает 24 ч, но составляет не более 30 суток);

III – группа постоянного контакта (медицинские изделия однократного, многократного или непрерывного использования, контакт которых по общей продолжительности превышает 30 суток).

Медицинские изделия считаются соответствующими требованиям стерильности, если после проведения исследований по контролю стерильности на применяемых питательных средах отсутствует рост микроорганизмов.

УДК 0043

Использование компьютерного моделирования при проведении лабораторных работ

Снежко Э.К., Карпунин И.И.

Белорусский национальный технический университет

Реформы последнего десятилетия в области образования направлены на совершенствование форм, средств и методов обучения подрастающего поколения для подготовки его к вступлению в информационное пространство и быстрой адаптации в нём. Поэтому информационные технологии обучения студентов БНТУ со временем должны занять ведущее место. Лабораторные и практические работы являются важнейшим звеном в процессе закрепления и проверки полученных теоретических знаний. Однако, проведение таких работ требует приобретения дорогостоящего лабораторного оборудования и связано с опасностью для жизни и здоровья при нарушении правил и требований техники безопасности и охраны труда.

В виртуальных лабораторных работах приобретаются навыки проведения экспериментов, понимания приборов. У студентов появляется возможность научиться самостоятельно делать выводы из полученных опытных данных и тем самым более глубоко и полно усваивать теоретический материал. Специальная система виртуальных переключателей, окон для задания параметров эксперимента и манипуляции мышью позволяют оперативно менять условия эксперимента, производить расчеты и строить графики. В данном случае анализ результатов и выводы делает сам студент. При этом используется калькулятор для расчетов, средства автоматического построения графиков,

таблица констант и параметров веществ, таблица для записи результатов измерений. Очень удобно выполнять эти этапы работы в табличном процессоре Excel. Можно назвать основные преимущества виртуальных лабораторных работ по сравнению с традиционными лабораторными работами:

1. Простота приобретения компьютерного оборудования.
2. Возможность моделирования физического процесса в широком диапазоне значений исходных параметров.
3. Независимость от типоразмера и вида приборов, измеряющих параметры процесса. Цена деления шкалы манометра, например, может быть любая, которая необходима.
4. Экологическая чистота эксперимента. Применение, например, ртутных дифференциальных манометров, связано с риском для жизни при авариях.
5. Работа выполняется курсантами в индивидуальном режиме, а не бригадным способом. Активная позиция курсанта способствует лучшему усвоению материала и получению глубоких и прочных знаний.
6. Используются современные средства для обработки результатов эксперимента – электронные таблицы Excel.

Использование компьютерных технологий обучения студентов позволит расширить круг и глубину изучаемых вопросов, провести множество экспериментов с использованием виртуальных технических и технологических процессов и аппаратов, что положительно скажется на уровень подготовки специалистов высшей квалификации..

Кроме того, в нынешних сложных экономических условиях разработка и реализация дорогостоящего экспериментального лабораторного оборудования является большой проблемой для многих вузов. Поэтому весьма перспективными и актуальными являются возможности использования в системе образования новых эффективных компьютерных технологий.

Системы виртуального эксперимента - это программные комплексы, позволяющие обучаемому студенту проводить эксперименты в "виртуальной лаборатории". Главное их преимущество - они позволяют ему проводить такие эксперименты, которые в реальности были бы невозможны по соображениям безопасности, временным характеристикам и т.п. Главный же недостаток подобных программ - естественная ограниченность заложенной в них модели, за пределы которой обучаемый выйти не может в рамках своего виртуального эксперимента.

Тенденции развития дизайна упаковки

Якимович Е.Б.

Белорусский национальный технический университет

Всемирная организация по упаковочному делу называет одной из своих основных целей развитие принципа: «лучшее качество жизни для большего количества людей с помощью лучшего процесса упаковывания». Данный принцип может быть сегодня реализован в нескольких направлениях:

– Упаковка с обратной связью. Подобная «интеллектуальная» упаковка должна обладать активными свойствами: информировать потребителя об изменениях качества продукта посредством электронных индикаторов времени и температуры, напоминать о конечной дате использования, предупреждать об опасности использования продукта (например, людей, склонных к аллергическим реакциям о наличии в составе потенциальных аллергенов).

– Упаковка с доступной информацией. Необходимая информация, сообщающая о составе продукта, сроках его хранения и правилах употребления должна быть доступной и понятной для всех потребителей (в том числе незрячих и слабо видящих людей). Этому способствует развитие технологии нанесения объемных фактурных маркеров на упаковке. Дополнительная информация не должна мешать донесению основной информации, что потребует изменения требований к дизайну упаковки и минимальному размеру шрифтов.

– Упаковка, повышающая качество сохранности пищевых продуктов. Минимизируя потери еды, связанные с неправильным дозированием продукта в упаковку, и, как следствие, с нарушением сроков ее хранения, что приводит к выбрасыванию, упаковка с грамотно рассчитанной дозировкой позволяет решить глобальную продовольственную проблему.

– Упаковка из принципиально новых материалов. Правила «необходимого размера» и «необходимой прочности» обязывают разработчиков облегчать вес упаковочных материалов и уменьшать их расход на производство изделий при сохранении необходимых прочностных характеристик, что, как следствие, приводит и к снижению стоимости таких упаковок.

– Упаковка, удобная в использовании. Доступность открывания упаковки пожилыми людьми, людьми с ограниченными физическими возможностями, а также специальные технологии и устройства, ограничивающие доступ детей к опасным продуктам.

Подлозный Э.Д. БИП Карпунин И.И.,
Институт правоведения
Белорусский национальный технический университет

При решении задач, связанных с повышением надежности, безопасности и конкурентоспособности технических систем, в том числе строительных композитов, часто имеющих значительные габариты, важное значение имеют методы расчета характеристик прочности, устойчивости, дизайна и экономичности. Решение таких сложных задач связано с необходимостью выяснения причин возникновения повреждений, разрушений (отказов, аварий) в зависимости от действия силовых (квазистатических, вибрационных), деформационных, температурных (плазменных) и др. факторов, повышения прочности строительных конструкций.

Изучение физических процессов, происходящих в деформируемых и в абсолютно твердых телах под действием сил (давление, вибрация) и низкотемпературной плазмы является важной и сложной научной проблемой, т.к. она связана с увеличением прочности сооружений при росте статических и динамических воздействий, при действии различных температур на конструкции и сооружения. При этом необходимо снижать материалоемкость, затраты на изготовление и эксплуатацию сооружений и машин. Важность проблемы воздействия сил и электромагнитных полей низкотемпературной плазмы на композиционные среды и конструкции привлекает к её решению большое число ученых разных стран.

Отметим, что имеющийся математический аппарат часто не приспособлен для проведения расчетов по созданию новых композитов, предназначенных для возведения ответственных сооружений, например мостовых переходов и др. Однако моделирование воздействия вышеуказанных факторов обычно проводится в основном на макроуровне, игнорируется наноуровень, образование кластерных решётчатых структур, процессы формирования структур не рассматриваются. Отсюда следует, что важность исследований заключается не только в создании способов усиления и повышения прочности строительных композитов, но и их моделей деформирования и разрушения с учетом различных воздействий сил и высоких температур, в разработке новых эффективных строительных композитов, работающих в разнообразных, часто сложных, условиях эксплуатации. При этом существенное влияние изучения структур строительных композитов от воздействия силовых и температурных полей следует производить на наноуровне. Поэтому сначала заслуживает внимание рассмотрение процессов на нано-, а затем на макроуровне.

Основные идеи и принципы «дизайна для всех»

Якимович Е.Б.

Белорусский национальный технический университет

В 60-х годах XX века сложилась концепция «универсального дизайна», в основу которой была заложена идея равного удобства и использования вещей всеми людьми независимо от пола, возраста, физических и социальных возможностей.

Идеи универсального дизайна были развиты в европейской концепции «дизайна для всех». Лозунг этого направления: «дизайн для человеческого многообразия, социальной интеграции и равенства». Термин «дизайн для всех» используется для описания философии дизайна, ориентированной на использование продуктов, услуг и систем для как можно большего количества людей без необходимости дополнительной адаптации.

Первоначально созданная в 1993 году как Европейский институт по проектированию и инвалидности («European Institute for Design and Disability») в 2006 году организация была реорганизована и сегодня существует в 22 странах Европы. Стокгольмская Декларация EIDD, подписанная в 2004 году, призывает правительства, организации, дизайнеров, производителей и поставщиков товаров и услуг к производству новых технологий, удобных для каждого человека, которые подходят как для пожилых людей и людей с ограниченными возможностями, так и для представителей разных возрастных, гендерных, национальных, социальных и культурных групп.

Применение принципов «дизайна для всех» в начале процесса проектирования экономически является более эффективным, чем внесение изменений в дизайнерское решение изделий и продуктов, уже внедренных на рынке. Подобное проектирование достигается путем привлечения пользователей в процессы принятия решений и выявления проблемных аспектов дизайн-проектов, что приводит не только к развитию социально-ориентированного дизайна, но и к вовлечению государственного и частного секторов, принимающих решения в широком диапазоне социально-экономических ситуаций.

Идея проектирования «для всех» заключается в том, что любой продукт не может существовать без пользователя и контекста, и задача дизайнера - сделать окружающую среду и объекты в ней более доступными для всех групп населения. Успешность проектирования решается посредством принципа «со-дизайна» – совместной работы дизайнера с пользователем.

Естественные и точные науки

**Математика
и приложения**

Воронович Г.К., Мартыненко И.М.

Белорусский национальный технический университет

Поскольку наноструктурированные материалы имеют специфическую зависимость механических свойств от размера зерен, а также в большинстве своем проявляют большую прочность на сжатие, чем на разрыв, особый интерес могут представлять нанокомпозиты, в которых совмещаются твердость армирующих наночастиц и прочность матрицы. Подобные системы позволяют свести к минимуму хрупкость наночастиц и изменение (относительное удлинение или сжатие) материала в области упругих деформаций [1]. Кроме того, в композиционных материалах можно совмещать прочность на разрыв и сжатие, принадлежащие матрице и армирующей добавке, соответственно. Так, в частности, нанокомпозиты с улучшенными механическими свойствами можно создавать путем армирования полимерных, металлических или керамических материалов. Например, при добавлении наномодификаторов (в частности, ультрадисперсных углеродных материалов - алмазов или углеродных нанотрубок) увеличивается модуль и предел упругости. Также армирующие наполнители повышают износостойкость, т. е. могут применяться для улучшения трибологических параметров материалов. На эффективность армирующей добавки сильно влияют адгезионные свойства матрицы. При увеличении интенсивности взаимодействия элементов нанокомпозита на молекулярном уровне наблюдается улучшение механических свойств, поскольку исключается проскальзывание между частицами вдоль армирующей добавки [2]. Рассмотрим различные виды деформации трехслойной и четырехслойной пластины при различных видах нагружения. При моделировании рассматривались пластины со следующими характеристиками: трехслойная - $1 \times 4 \times 0,2$ см; четырехслойная - $1 \times 4 \times 0,1$ см, расчетные значения модулей упругости используемых материалов брались из базы материалов ANSYS.

Литература

1. Ашкенази Е.К., Ганов Э.В. Анизотропия конструкционных материалов. Л.: Машиностроение, 1980. – 247 с.
2. Цай С., Хан Х. Анализ разрушения композитов. // В кн. Неупругие свойства композиционных материалов. М.: Мир. 1978. – С. 104 - 139.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Теория упругости*. М.:Наука, 1965.– С. 204
4. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. *Теория упругости*. М.: Мир, 2-е изд.,1972.– С.576

Расширение области приложений интегрального преобразования Меллина

Гахович А.С.

Белорусский национальный технический университет

В предыдущих работах из общей схемы, предложенной автором, для дифференциального оператора частного вида $T = t \frac{d}{dt}$ получено классическое интегральное преобразование Меллина

$$F(S) = \int_0^{+\infty} f(t) t^{S-1} dt \equiv M[f(t)]$$

для функций, заданных на $[0; +\infty)$, и модифицированное для функций, заданных на $[0; 1]$, и получены соответствующие операционные правила. Применение того или иного из указанных преобразований зависит от специфики задач, подлежащих решению.

В предыдущем докладе дано обоснование применения классического преобразования Меллина при изучении свойств специальных функций на примере Гамма-функции при выводе ее основного свойства $\Gamma(S+1) = S \Gamma(S)$.

В данной работе в подтверждение результативности применения классического преобразования в указанной области, приведем еще один пример вывода очередного свойства Гамма-функции, а именно:

$$\Gamma(S)\Gamma(1-S) = \frac{\pi}{\sin \pi S}.$$

Указанное свойства есть ни что иное, как реализация очередного операционного правила для рассматриваемого преобразования

$$\int_0^{\infty} f_1(t\tau) f_2(\tau) d\tau \div F_1(S) \cdot F_2(1-S)$$

для случая, когда $f_1(t) = f_2(t) = e^{-t}$ и соответствующего операционного

соотношения: $\Gamma(S)\Gamma(1-S) \div \int_0^{\infty} e^{-t\tau} \cdot e^{-\tau} d\tau = \frac{1}{1+t} \div \frac{\pi}{\sin \pi S}.$

**Об электронном учебно-методическом комплексе
по учебной дисциплине «Вычислительная математика»**

Метельский А.В., Федосик Е.А., Чепелев Н.И.
Белорусский национальный технический университет

Для специальности «Программное обеспечение информационных технологий» на кафедре высшей математики №1 факультета информационных технологий и робототехники (ФИТР) БНТУ разработана учебная программа дисциплины «Вычислительная математика» (III курс, V семестр). Она состоит из четырех разделов: элементы математической логики, теория множеств, теории графов, численные методы (34 ч. лекций; 34 ч. лабораторных работ). Твердое знание этих разделов математики необходимо будущему высококвалифицированному инженеру-программисту, тем более, что они не входят в общий курс математики в техническом университете. Литература по этим разделам весьма обширна, студентам при необходимости пришлось бы затратить немало времени на поиски нужных книг и журнальных статей. В представленном электронном учебно-методическом комплексе (ЭУМК) по дисциплине «Вычислительная математика» содержатся ответы на все вопросы учебной программы. Комплекс включает теоретическую часть, где изложены базовые понятия по всем четырем разделам; практическую часть, где приведено большое количество задач, снабженных ответами; материалы для проверки полученных знаний, в том числе, комплекты билетов; обширный список литературы. Рассмотренные в комплексе разделы математики имеют разнообразные приложения. Теория графов находит применение при решении многих задач экономики. Например, в сетевом планировании в виде взвешенных ориентированных графов можно представить схемы улиц, нефте-, газо- и трубопроводов, линий электропередач; схемы выполнения работ при подготовке какого-либо проекта, строительства дома, завода. При помощи графов решаются задачи об оптимальном размещении больницы, магазинов, различных пунктов обслуживания населения. Графы используются для моделирования нейронных сетей в биологии, при конструировании печатных схем в радиотехнике, в физике – в теории жидких кристаллов и т. д.

Полезность представленного ЭУМК для изучения упомянутых разделов вычислительной математики подтверждена опытом практического применения его модулей в работе со студентами ФИТР БНТУ. Для достижения большего эффекта от использования ЭУМК следует увеличить число часов на изучение данной дисциплины. Комплекс, безусловно, окажется полезным студентам соответствующих специальностей очных и заочных отделений других вузов.

**Полное успокоение дифференциальной системы нейтрального типа
обратной связью по состоянию**

Метельский А.В., Карпук В.В.

Белорусский национальный технический университет

Изучается линейная дифференциальная система нейтрального типа

$$\dot{x}(t) = \sum_{j=0}^m A_j x(t-jh) + \sum_{j=1}^m B_j \dot{x}(t-jh) + bu(t), t > 0, x(t) = \eta(t), t \in [-mh, 0].$$

Здесь $x = [x_1, \dots, x_n]'$ – n -вектор-столбец непрерывного кусочно-гладкого решения системы (1) ($n \geq 2$); $0 < h$ – число, запаздывание; A_0, A_j, B_j – постоянные $n \times n$ -матрицы, последние строки которых считаем нулевыми ($j = \overline{1, m}$);

$b = [0, \dots, 0, 1]'$ – постоянный n -вектор-столбец; функция η из пространства кусочно гладких n -вектор-функций; u – скалярное кусочно непрерывное управление. Штрих обозначает операцию транспонирования.

Задача: построить динамический дифференциально-разностный регулятор по типу обратной связи по состоянию, обеспечивающий замкнутой системе конечный спектр и полное успокоение:

$x(t) \equiv 0, u(t) \equiv 0, t \geq t_1$, при достаточно большом фиксированном моменте времени $t_1 > 0$ независимо от начального состояния замкнутой системы.

Такой регулятор назовем регулятором полного успокоения.

Для решения названной задачи выбрана двухконтурная схема замыкания: внутренний контур приводит систему к системе конечного спектра, внешний контур обеспечивает замкнутой системе полное успокоение. Пусть \mathbf{C} – множество комплексных чисел, E_n – единичная матрица.

Теорема. Регулятор полного успокоения существует, если и только если одновременно:

$$1) \operatorname{rank} [pE_n - A_0 - \sum_{j=1}^m (A_j + pB_j)e^{-pjh}, b] = n \quad \forall p \in \mathbf{C},$$

$$2) \operatorname{rank} [E_n - \sum_{j=1}^m B_j \lambda^j, b] = n \quad \forall \lambda \in \mathbf{C}.$$

Доказательство теоремы носит конструктивный характер: обоснован алгоритм вычисления параметров регулятора полного успокоения. Проверка условий 1-2) и реализация предложенного алгоритма сопряжены с выполнением стандартных операций над полиномами и полиномиальными матрицами.

Математическое моделирование привода рулевого управления большегрузных автомобилей

Лебедева Г.И., Лебедев Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Большегрузные автомобили – это, прежде всего, карьерные самосвалы. Они работают в тяжелых дорожных условиях и перевозят грузы большой массы. Примером такого автомобиля является БелАз75710 грузоподъемностью 450 тонн. Это самый большой по грузоподъемности автомобиль. Безопасность и устойчивость его во многом зависит от рулевого управления. Привод рулевого управления обеспечивает быстрдействие и маневренность управления. В указанной модели автомобиля предусмотрены два поворотных моста. Для обеспечения надежной их работы привод предлагается разбить на 2 параллельных контура. Такое разбиение должно обеспечить наименьшее время срабатывания, быстрдействие и надежность.

При моделировании привода необходимо принять ряд допущений:

1) Масса сосредоточена в одной точке; 2) Свойства жидкости не изменяются в течение переходного процесса; 3) Утечки жидкости в системе отсутствуют; 4) Входное воздействие задается перемещением золотника распределителя; 5) Трением в гидроцилиндре пренебрегаем.

Авторами составлена математическая модель, состоящая из двух уравнений второго и одного первого порядка. Расчеты производились с помощью метода Рунге-Кутты 4-го порядка по специально разработанной программе. Полученные результаты хорошо описывают привод рулевого управления автомобиля. Все графики согласуются между собой и не противоречат физическим законам.

$$m_{\Pi} \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} = p_3 \cdot f_3 - (C_0 + C_1 \cdot z);$$

$$a_1 \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = p_{\max} - p_3 - \left(\frac{a_{10}}{(h(t) - K_{os} \cdot z)^2} + a_2 \right) \cdot \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 \cdot \operatorname{sgn} \frac{dx}{dt} - a_3 \cdot \frac{dx}{dt};$$

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{f \cdot \frac{dx}{dt} - f_{\Pi} \cdot \frac{dz}{dt}}{f \cdot l + f_{\Pi} \cdot (z_0 + z)} (E_a + a_p \cdot p_3).$$

Дальнейший расчёт производился по специально разработанной автором программе. Полученные в результате расчёта зависимости отражают физические процессы, проходящие в контуре тормозного.

Оптимизация параметров редуктора

Марцинкевич В.С.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим одноступенчатый редуктор. Он состоит из двух косозубых шевронных колес в подшипниках скольжения. Модель имеет 6 степеней свободы. Обобщенные координаты x_1, x_4 – углы поворота колес I и II; x_2, x_5 – перемещение колес I и II в направлении зацепления; x_3, x_6 – перемещение подшипников колес I и II в направлении линии зацепления. Источником возмущающих сил считается накопленная погрешность Δ колеса I.

Колебательные процессы в редукторе описываются системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c_5 r_1 y + k_5 r_1 \dot{y} = -c_5 r_1 \Delta, \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_1 (x_2 - x_3) + c_5 y + k_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_5 \dot{y} = -c_5 \Delta, \\ m_3 \ddot{x}_3 - c_1 (x_2 - x_3) + c_3 x_3 - k_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_3 \dot{x}_3 = 0, \\ m_4 \ddot{x}_4 + c_5 r_2 y - k_5 r_2 \dot{y} = c_5 r_2 \Delta, \\ m_5 \ddot{x}_5 + c_2 (x_5 - x_6) - c_5 y + k_2 (\dot{x}_5 - \dot{x}_6) - k_5 \dot{y} = c_5 \Delta, \\ m_6 \ddot{x}_6 - c_2 (x_5 - x_6) + c_4 x_6 - k_2 (\dot{x}_5 - \dot{x}_6) + k_4 \dot{x}_6 = 0. \end{cases}$$

Здесь r_1, r_2 – радиусы основных окружностей колес I и II; m_1, m_4 – их моменты инерции; m_2, m_5 – их массы; m_3, m_6 – массы подшипников колес I и II; c_1, c_2 – жесткости колес I и II; c_3, c_4 – жесткости стула подшипников колес I и II; c_5 – жесткость зацепления; $y = r_1 x_1 + x_2 - r_2 x_4 - x_5$; k_i – коэффициенты демпфирования в соответствующей жесткости. Накопленная погрешность Δ представляется в виде $\Delta = \Delta_0 \sin 2\pi f t$, где f – частота вращения колеса I – меняется в рабочем диапазоне $f_{нач} \leq f \leq f_{кон}$. При каждом фиксированном f установившееся решение системы ищется в виде $x_i = a_i \sin(2\pi f t + t_i)$. Оптимальные параметры редуктора определяются методом исследования пространства параметров.

Вычисляются амплитудно-частотные характеристики $a_i(f)$ при $1 \leq i \leq 6$, ускорения $u_i(f)$ при $1 \leq i \leq 6$ и динамические усилия $P_i(f)$ в жесткостях c_i при $1 \leq i \leq 5$. Вычисляются также собственные частоты системы (1) при $\Delta = 0$ и $k_i = 0$.

В качестве варьируемых рассматривается 11 параметров: $(\alpha_1, \dots, \alpha_{11}) = (m_1, \dots, m_6, c_1, \dots, c_5)$. Редуктор предназначен для снижения виброактивности по различным выходным характеристикам, в различных точках механизма, на различных частотах. Естественно, что задача эта является многокритериальной.

**Использование функции параметра корневого годографа
для исследования динамических систем с неопределенностью**

Несенчук А.А.

Белорусский национальный технический университет

Задачи анализа и синтеза управления в динамических системах различной физической природы, функционирующих в условиях значительной параметрической неопределенности являются актуальными [1].

В работе выполняется исследование поведения динамических систем четвертого порядка в условиях интервальной вариации параметров с использованием корневых портретов. Проводится исследование динамики и устанавливаются закономерности поведения корневых портретов систем на границе асимптотической устойчивости. Выводятся условия устойчивости и определяются выражения для вычисления интервалов параметров, при которых обеспечивается робастная устойчивость.

Исследование выполняется посредством *полей F_i свободных корневых траекторий* с параметром, представляющим собой один из коэффициентов (параметров) характеристического полинома системы, которые формируют *корневой портрет* (годограф) системы:

$$P = \{F_i | i=1, 2, \dots\},$$

и являются носителями ее свойств.

На границе устойчивости $i\omega$ выделяются три области пересечения этой границы ветвями годографов портрета (1) системы: возрастания, убывания функции параметра корневого годографа и смешанная область. В зависимости от того, в какой области портрет пересекает границу устойчивости устанавливается, какие и сколько полиномов семейства с постоянными коэффициентами следует проверить для анализа устойчивости.

Устанавливаются значения интервалов параметров, при которых портрет пересекает границу устойчивости в той или иной области.

В отличие от результатов Б.Д.О. Андерсона (B.D.O. Anderson) [2], который предлагает для анализа устойчивости семейства использовать два (для систем четвертого порядка) характеристических полинома семейства с постоянными коэффициентами, в данной работе устанавливается, что для анализа устойчивости семейств систем четвертого порядка может быть использован только один такой полином.

Литература

1. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2009. – 832 с.
2. Anderson B.D.O. On robust hurwitz polynomials / B.D.O. Anderson, E.I.

УДК 517.6517.5

О приближенном представлении логарифмами решения одной дифференциальной вариационной задачи

Мелешко И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона эквивалентны задаче вариационного исчисления – о минимуме интеграла, для которого данное дифференциальное уравнение является уравнением Эйлера-Лагранжа. Например, задача о минимуме интеграла

$$\iint_D \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 - 2u \right] dx dy, \quad (1)$$

где область D – единичный круг с центром в начале координат при граничном условии Дирихле приводит к следующей краевой задаче Дирихле для уравнения Пуассона в единичном круге:

$$\Delta u = -1, \quad r < 1, \quad (2)$$

$$u|_{r=1} = f(\varphi), \quad -\pi \leq \varphi \leq \pi. \quad (3)$$

С помощью теории логарифмического потенциала и рядов Фурье точное решение краевой задачи (2), (3) представимо в виде

$$u(r, \varphi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\tau) \frac{1-r^2}{1-2r \cos(\tau-\varphi)+r^2} d\tau + \frac{1}{2\pi} \iint_{|1-r|<1} \ln \left| \frac{1-z\bar{t}}{t-z} \right| d\sigma, \quad (4)$$

где $r < 1, -\pi \leq \varphi \leq \pi, t = \rho e^{i\tau}, z = r e^{i\varphi}$. Получены формулы для вычисления интегралов в правой части (4) и на их основе сконструировано эффективное приближенное представление логарифмами задачи о минимуме интеграла (1) при условии (3):

$$u(r, \varphi) \approx \frac{1}{4} (1-r^2) + \frac{1}{2\pi} \sum_{-n}^n \left\{ h + 2 \operatorname{Im} \left[\ln \left(1 - z e^{-i\left(\varphi_k + \frac{h}{2}\right)} \right) - \ln \left(1 - z e^{-i\left(\varphi_k - \frac{h}{2}\right)} \right) \right] \right\} f(\varphi_k), \quad (5)$$

где $h = \frac{2\pi}{2n+1}$, $\varphi_k = kh$, $k = -n, \dots, -1, 0, \dots, n$. Получена равномерная по r и φ ($r \leq 1$, $-\pi \leq \varphi \leq \pi$) оценка погрешности приближенного решения (5). К задаче о минимуме интеграла (1) приводит задача из теории упругости о равновесии растянутой упругой мембраны. Если мембрана однородная, то интеграл (1) с точностью до постоянного множителя определяет ее потенциальную энергию при малых прогибах.

УДК 517.4

Решение одной задачи оптимизации динамической системы управления в условиях неопределенности

Матвеева Л.Д.

Белорусский национальный технический университет

Пусть в задаче терминального управления

$$J(u) = c'x(t_*) \rightarrow \max, \quad \dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad x(t_0) = x_0, \quad Hx(t_*) = g, \quad (1)$$

$u = (u_1(t), \dots, u_2(t), \dots, u_r(t))$ – вектор управляющих воздействий и при этом $|u(t)| \leq 1$, $i \in I = \{1, 2, \dots, r\}$, $t \in T = [t_0, t_*]$ задано некоторое (экспертное) управление $\tilde{u}(t) = (\tilde{u}_1(t), \tilde{u}_2(t), \dots, \tilde{u}_r(t))$, $t \in T$, которое не является допустимым. Данному экспертному управлению $\tilde{u}(t)$ соответствует траектория $\tilde{x}(t)$, $t \in T$, не удовлетворяющая терминальному ограничению, т.е. $H\tilde{x}(t_*) \neq g$. В этом случае для задачи (1) формулируется специальная задача первой фазы:

$$\sum_{i=1}^m \omega_i \rightarrow \min, \quad \dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad x(t_0) = x_0, \quad (2)$$

$$0 \leq \omega_i \leq \omega_i^*, \quad i \in I = \{1, 2, \dots, m\},$$

где

$$\omega_i^* = \begin{cases} g_1 - h_i' \tilde{x}(t_*), & i \in I^+, \\ h_i' \tilde{x}(t_*) - g_1, & i \in I^-, \end{cases} \quad I^+ = \{i \in I : h_i' \tilde{x}(t_*) \leq g_i\}, \quad I^- = \{i \in I : h_i' \tilde{x}(t_*) > g_i\}.$$

Совокупность $v = (u, \omega)$ из кусочно-постоянных управляющих воздействий $u(t)$, $t \in T$ и m – вектор ω назовем обобщенным управляющим воздействием задачи первой фазы. Очевидно, $v = (u, 0)$ будет допустимым управлением в задаче (1). Задача (2) решается разработанным ранее автором

методом для систем управления с подвижными краевыми условиями.

Первая фаза позволяет: 1) преобразовать неточную информацию в точную, т.е. построить допустимое управление; 2) обнаружить несоместность ограничений исходной задачи; 3) удалить линейно-зависимые равенства в ограничениях задачи (1).

УДК 517.9+519.9

О решении некоторых интегральных уравнений Фредгольма в аналитическом виде

Роговцов Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Ряд результатов работ [1, 2] можно обобщить и использовать, по крайней мере, для получения в аналитическом виде решений интегральных уравнений Фредгольма, которые представимы в такой форме:

$$(1 - iVx)\rho(x) = \omega_0 \int_{-1}^1 K(x, x')\rho(x')dx' + g(x), \quad x \in [-1, 1] \quad (1)$$

где V – комплексное число, для которого $1 - iVx \neq 0$ для любых $x \in [-1, 1]$; $K(x, x') = \sum_{l=0}^{+\infty} \xi_l p_l(x)p_l(x')$, где $\{p_l(x)\}_{l \in N_0}$ – полная система

ортогональных на $[-1, 1]$ полиномов ($N_0 = \{0, 1, 2, \dots\} = \{0\} \cup N$; $\rho(x)$ – весовая функция), причем имеет место рекуррентное соотношение $x p_n(x) = \eta_{n+1} p_{n+1}(x) + \gamma_n p_{n-1}(x)$, $p_{-1}(x) \equiv 0$, $x \in [-1, 1]$, $n \in N_0$; параметр ω_0 и все коэффициенты в рекуррентном соотношении являются вещественными числами. Функция $K(x, x')$ может, в частности, удовлетворять условиям: 1) для любых $l \in N_0$ истинны равенства

$$p_l(x) = P_l^{(\alpha, \beta)}(x) \Big|_{\alpha=\beta} \quad (P_l^{(\alpha, \beta)}(x) \text{ – полином Якоби порядка } l; \alpha > -\frac{1}{2}); \quad 2)$$

сходится ряд $\sum_{l=0}^{+\infty} |\xi_l| (1 + \sqrt{3} + \varepsilon)^l$, где ε – сколь угодно малое

положительное число. Если система полиномов Якоби $\{P_l^{(\alpha, \alpha)}(x)\}_{l \in N_0}$ совпадает с системой полиномов Лежандра или системой полиномов Чебышева первого (второго) рода, то условие 2) можно заменить на условие сходимости ряда $\sum_{l=0}^{+\infty} |\xi_l|$.

Литература

1. Rogovtsov, N.N. *Differential Equations*, Vol. 51 (2015), № 2. – pp.268-281; № 5 - pp.661-673.
2. Rogovtsov, N.N., Borovik, F.N. *J.Q.S.R.T*, Vol. 183 (2016), pp.128-153.

УДК 51(07.07)

Математическая подготовка – основа инженерного образования

Федосик Е.А., Чепелев Н.И.

Белорусский национальный технический университет

За последние четыре десятка лет бурное развитие вычислительной техники и программного обеспечения привело к резкому расширению областей применения математических методов. Математика – не только сохранила «царскую» роль, сегодня она играет инновационную роль: на ее основе строятся математические модели, которые позволяют найти оптимальные решения или предложить наукоемкие технологии. Вместе с этим возрастает роль математического образования будущего инженера. В Республике Беларусь нет большого количества полезных ископаемых, поэтому нужно развивать наукоемкие техно- и энергосберегающие технологии. Получить их без высокой математической подготовке невозможно. В последние десятилетия резко падает уровень математической подготовки школьников, студентов, инженеров. Это обусловлено тем, что в школе не доказывают теоремы, не выводят формулы, а всё принимают как аксиомы. Это приводит к тому, что у будущего инженера слабо развито логическое мышление.

В университет поступают студенты, не имеющие твердых знаний по элементарной математике. Такие студенты не в состоянии усвоить программу подготовки инженеров. В итоге получается, что диплом инженера – документ, удостоверяющий, что у студента был шанс хоть чему-нибудь научиться. Чтобы получить инженера, нужно не сокращать математическую подготовку, а вводить новые специальные курсы математики, при преподавании профильных дисциплин использовать достижения математики.

Американский физик-теоретик Гиббс Д.У. был замкнутым человеком и обычно молчал на заседаниях ученого совета университета, где он преподавал. На одном из заседаний совета, когда решался вопрос о том, уделять ли в новых учебных программах больше места математике или иностранным языкам, он не выдержал и произнес речь: «Математика – это язык!». Математика – это язык расчетов, язык моделирования, язык прогнозирования и т.д., язык всего того, что необходимо настоящему инженеру.

Чепелева Т.И.

Белорусский национальный технический университет

Проведен расчет эффективности производства предприятия по переработке готовой сельскохозяйственной продукции для детского питания. Речь идет о повышении эффективности производства, т. е. об увеличении экономического эффекта с экономией текущих затрат или авансированных ресурсов. Учтены интенсивные частные показатели эффективности, поскольку размер текущих затрат или авансированных ресурсов относится к экстенсивным факторам эффективности функционирования сельскохозяйственного предприятия. Экстенсивные факторы включают связь с дополнительными трудовыми ресурсами, а также с дополнительными основными и оборотными средствами и обеспечивают рост результатов деятельности за счет более рационального использования имеющихся ресурсов. В настоящее время предприятие приобретает интенсивный путь развития именно при рациональном использовании дополнительных ресурсов с изучением их взаимосвязи с основными ресурсами. Для этого разработана методика, определяющая меру влияния экстенсивных и интенсивных факторов на изменение экономического эффекта. Для конкретного предприятия произведены расчеты на изменение эффекта в результате влияния факторов как интенсивных (фондоотдачи основных средств, материалоотдачи, производительности живого труда), так и экстенсивных (размера основных производственных средств, размера оборотных средств, размера трудовых ресурсов). Расчеты произведены с учетом базисных и отчетных периодов определенных индексов динамики с указанием абсолютных изменений. Важнейшими показателями в этом случае являются: объем произведенной продукции, среднегодовые стоимости основных и оборотных средств, затраты живого труда в стоимостной оценке, общие ресурсы, частные показатели эффективности основных, оборотных средств и живого труда, обобщающие показатели эффективности.

Обобщенная оценка уровня интенсификации определяется сопоставлением рассчитанных показателей интенсивного и экстенсивного путей развития:

$$\sqrt{I_f \cdot I_M \cdot I_W / I_{Фсн} \cdot I_{Фоб} \cdot I_T} \approx 80\%.$$

Этот показатель говорит об экстенсивном пути развития предприятия, если больше 100% (больше единицы), значит путь развития предприятия интенсивный.

Произведение показателей экстенсивного и интенсивного пути развития предприятия есть индекс динамики объема произведенной продукции. Данный индекс оказался равным 1,2.

УДК 51:678.147.091.3:001.895

Учет успеваемости студентов в вузе

¹Чепелева Т.И., ²Чепелев С.Н.

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный медицинский университет

Цель каждого преподавателя – это добиться высокой успеваемости, на каком бы уровне не был студент, его всячески научить, при любых условиях. И чтобы и у студента, и у преподавателя во время экзамена сложились наилучшие отношения, чтобы студент видел результаты своей работы, для этого на практических занятиях проводится систематический контроль их знания. Добиться полного понимания преподавателя и студента можно усилив требования к студенту в семестре, к его работе. У студентов действительно в последнее время снизился интерес к предстоящей учебе. Скорее всего, это связано с научно-техническим прогрессом: имеются базы готовых решенных задач, автоматизированы многие предприятия, проведена компьютеризация и т. п. Но тем не менее параллельно имеется и другой контингент студентов, который стремится к свершениям своих целей, к познавательности и осмысленности решаемых задач. В области медицины студенты стремятся достичь новых вершин, в частности новых методов лечения, новых подходов к болезням человека, для освобождения его от различных недугов. Чтобы студента заинтересовать проблематикой задач, преподавателю постоянно приходится осваивать новые смежные дисциплины. Сегодня научно-технический прогресс требует связи науки, техники и экономики. Все решаемые задачи по максимуму должны выходить на экономику, либо на сохранение здоровья человека. Поэтому следует над этими вопросами особенно задуматься. В связи с этим желательно изменить программы изложения дисциплин. Для контрольных работ не обязательно готовить раздаточный материал. Можно ввести алгоритмизацию задач и примеров, контрольных вопросов. Перед занятием легко таким образом сделать опрос всей группы сразу по домашнему заданию. Т. е. в сами контрольные вопросы, примеры, задачи ввести параметр по смыслу задания. Таким параметром, например, может служить номер студента в журнале, и записать на доске примеров пять, или пять контрольных вопросов с подобным параметром, введенным по смыслу задания, Студент такой параметр быстро воспринимает.

В результате получается трудность задания одна и та же, результаты решений различны. Не нужно раздавать студентам карточки и собирать их. Типовые расчеты, так составленные, будут экономить бумагу. Такая методика проведения контроля знаний студентов уже применяется. Она действительно удобна и нормально воспринимается студентами. А если ее применить на вступительных экзаменах, то какова будет экономия бумаги, ликвидация нервных стрессов и уверенность в работе.

УДК 519.10

Системы независимости для функциональных зависимостей

¹Исаченко А. Н., ²Ревякин А. М.

²Белорусский государственный университет

²Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Аксиомы Армстронга для реляционной модели данных дополняются аксиомой «заменяемости», позволяющей определить матроид на множестве атрибутов. Рассматривается задача поиска базы максимального веса среди картежей отношения.

Пусть $R=(U)$ – схема отношений, $U=\{A_1, \dots, A_n\}$ – множество атрибутов, $X, Y \subseteq U$. Напомним [1], что X функционально определяет Y (обозначим $X \rightarrow Y$), если в любом отношении \underline{R} , являющемся текущим значением схемы R , не могут содержаться два кортежа, компоненты которых совпадают по всем атрибутам, принадлежащим множеству X , но не совпадают, хотя бы по одному атрибуту, принадлежащему множеству Y . Как известно, совокупность всех пар (X, Y) таких, что X функционально определяет Y , образует структуру функциональных зависимостей отношения R , которая характеризуется набором аксиом Армстронга.

А именно:

a1) рефлексивностью, $Y \subseteq X$ влечёт $X \rightarrow Y$; a2) продолжением, $X \rightarrow Y$ и $Z \subseteq W$ влечёт $X \cup W \rightarrow Y \cup Z$; a3) транзитивностью, $X \rightarrow Y$ и $Y \rightarrow Z$ влечёт $X \rightarrow Z$. Если для схемы R задано множество функциональных зависимостей F , то замыкание множества атрибутов X относительно F есть множество всех атрибутов $A_i \in U$, функциональная зависимость которых от X выводится из F по аксиомам Армстронга. Замыкание X обозначим через $\sigma(X)$. Известно [2], что: b1) $X \subseteq \sigma(X)$; b2) $Y \subseteq X$ влечёт $\sigma(Y) \subseteq \sigma(X)$; b3) $\sigma(\sigma(X)) = \sigma(X)$. С другой стороны, если на множестве U задан оператор $\sigma: 2^U \rightarrow 2^U$, обладающий свойствами b1-b3, то существует система функциональных зависимостей F , обладающая свойствами a1-a3. Определим для оператора $\sigma: 2^U \rightarrow 2^U$ помимо свойств b1-b3 свойство

b4) $y \notin \sigma(X)$, $y \in \sigma(X \cup x)$, влечёт $x \in \sigma(X \cup y)$.

Набор свойств b1-b4 определяет оператор замыкания матроида на множестве U . Встаёт вопрос о дополнении аксиом Армстрога аксиомой, позволяющей определить матроид через структуру функциональных зависимостей. Ведём аксиому, которую назовём заменяемостью.

a4) заменяемость, $x \in X$, $X \rightarrow y$, $X \setminus x \rightarrow y$ влечёт $(X \setminus x) \cup y \rightarrow x$.

Набор аксиом a1-a4 определяет матроид

Литература

1. Исаченко А.Н., Бондаренко С.П. Модели данных и системы управления базами данных – Минск: БГУ, 2007. – 220 с.
2. Welsh D.J.A. Matroid Theory. – London: Academic Press., 1976. – 433 с.

УДК 004.946

Дистанционные консультации студентам по математике по протоколу Jabber

Щукин М.В.

Белорусский национальный технический университет

Современные компьютерные технологии позволяют разнообразить учебный процесс, сделать его более эффективным. С появлением и развитием сети Интернет стало возможно проводить дистанционные консультации с использованием видео, аудио и передачей файлов. Например, если студент из Брестской области учится заочно в Белорусском национальном техническом университете, то он может получить консультацию не выходя из дома и не затрачивая средства и время на поездку в Минск. Для этого достаточно установить программу-клиент и связаться с преподавателем в удобное для них время. Часто для этого используют программу Skype-свободно распространяемую шведскую программу. В Белорусском национальном техническом университете для проведения онлайн-консультирования предлагают использовать протокол Jabber.

XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol — расширяемый протокол обмена сообщениями и информацией о присутствии, ранее известный как **Jabber**, джа́ббер — «болтовня», «трёп», «тарабарщина») — открытый, основанный на XML, свободный для использования протокол для мгновенного обмена сообщениями и информацией о присутствии в режиме, близком к режиму реального времени. Изначально спроектированный легко расширяемым, протокол, помимо передачи текстовых сообщений, поддерживает передачу голоса, видео и файлов по сети.

Преимущества

-*Децентрализация*: Архитектура сети XMPP схожа с электронной

почтой; кто угодно может запустить свой собственный ХМРР-сервер и нет какого-либо центрального сервера.

– *Открытый стандарт.*

– *История:* Технологии ХМРР используются с 1998 года. При поддержке таких крупных компаний, как Sun Microsystems и Google, создано множество дополнений к стандартам ХМРР для клиентов, серверов, компонент и библиотек кодов.

– *Безопасность:* ХМРР серверы могут быть изолированы от публичных сетей ХМРР (например, во внутренней сети компании) и хорошо защищены.

УДК 517.4

Условия финальной ограниченности по части координат решений уравнений с запаздыванием

Шавель Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений с запаздыванием

$$\dot{x}(t) = f(t, x_t, y_t), \quad \dot{y}(t) = g(t, x_t, y_t),$$

где $t \in R_+$, $x_t(\theta) = x(t+\theta)$, $y_t(\theta) = y(t+\theta)$, $\theta \in [-r(t); 0]$, $r: R_+ \rightarrow R_+$ и будем считать, что $r(t) \leq r_0$ для любых $t \in R_+$ и некоторого $r_0 > 0$.

Решения системы (1) называются равномерно финально ограниченными по x , если существует постоянная $\alpha > 0$, такая, что для любого $\beta > 0$ найдется $T(\beta) > 0$, при котором

$$|x(t_0, \varphi, \psi)| \leq \alpha, \quad \forall t \geq t_0 + T(\beta),$$

для всех $t_0 \in R_+$, $(\varphi, \psi) \in C([-r(t); 0], R^{n+m})$, если $\|\varphi\| = \max_{-r(t) \leq \theta \leq 0} |\varphi(\theta)| < \beta$.

Приведем условие равномерной финальной ограниченности решений по части переменных, предполагающее использование функционалов Ляпунова, подчиненных условиям типа Разумихина.

Предположим, что задан непрерывный функционал $V: R_+ \times C([-r(t); 0], R^{n+m}) \rightarrow R$. Непрерывные строго возрастающие функции $\omega: R_+ \rightarrow R_+$, $\omega(0)=0$, будем называть функциями класса Хана и обозначать $\omega \in K$.

Теорема. Пусть заданы функции $a, b, \omega \in K$, непрерывная неубывающая функция $\rho: R_+ \rightarrow R_+$, $\rho(s) > s$ для $s > 0$ и постоянная $H > 0$. Тогда, если

для любого решения $(x(t), y(t))$ системы (1) выполнены условия

$$1) V(t, x_t, y_t) \geq a(\|x(t)\|);$$

$$2) \dot{V}(t, x_t, y_t) \leq -\omega(\|x_t\|), \text{ если } t > t_0 + r_0,$$

$$\|x_t\| > H, \rho(V(t, x_t, y_t)) \geq V(t + \theta, x_{t+\theta}, y_{t+\theta}) \text{ для } \theta \in [-r(t), 0];$$

$$3) V(t, x_t, y_t) \leq b(\|x_t\|);$$

$$4) \dot{V}(t, x_t, y_t) \leq M, M > 0,$$

то решения системы (1) равномерно финально ограничены по x .

УДК 519.85

Определение избыточности множества начальных данных в некоторых комбинаторных задачах

¹Чебаков С.В., ²Серебряная Л.В.

¹Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
²Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

Рассматриваются оптимизационные комбинаторные задачи определенного типа решение которых представляет собой оптимальное подмножество T заданного множества начальных данных N . Авторами рассматривались три такие постановки нахождения оптимальных подмножеств - задача о ранце, задача о покрытии отрезка и задача нахождения множества Парето на конечном множестве начальных данных. Существующие методы их решения основаны, как правило, на различных способах перебора элементов начального множества N . С увеличением числа элементов в N количество требуемых попарных сравнений его элементов для построения требуемого подмножества T будет достаточно большим. Следовательно, разработка алгоритмов, уменьшающих общее время решения данных комбинаторных задач, является актуальной проблемой. Для каждой из выше перечисленных задач предложены собственные математические модели позволяющие на основе алгоритмов поиска в упорядоченных структурах данных осуществить нахождение подмножества J начального множества N , элементы которого по своей структуре не могут войти в оптимальное подмножество T . Очевидно, что все такие элементы при формировании подмножества T могут быть исключены из рассмотрения. Таким образом, результате получаем новые комбинаторные задачи с множеством начальных данных N^1 , где число элементов в N^1 может быть существенно

меньше чем в N . Оценки сложности алгоритмов поиска в упорядоченных структурах данных существенно превосходят по эффективности подобные оценки для алгоритмов переборного типа. Следовательно, использование в качестве начальных данных элементов множества N^1 может привести к значительному уменьшению времени, необходимого для решения каждой из рассматриваемых комбинаторных задач.

Литература

С.В. Чебаков, Л.В. Серебряная. Алгоритм решения заданных комбинаторных задач на основе модели многокритериальной оптимизации // Доклады БГУИР, № 4 (90). 2015 г. С 16-22.

УДК 512.64

Особенности математической подготовки студентов машиностроительного факультета БНТУ в современных условиях

Яцкевич Т.С., Раевская Л.А., Юринок В.И.
Белорусский национальный технический университет

Каково положение дел с абитуриентами вузов в части математических и естественно-научных знаний, ни для кого не секрет: абитуриент отличается слабым и очень слабым знанием школьной математики. Неумение доказывать простые свойства, непонимание смысла основных формул, аксиом и теорем приводят к тому, что поступившие в вуз плохо понимают предмет в целом и не способны самостоятельно размышлять, делать независимые выводы. У только что испеченных студентов наблюдается практически полное отсутствие аналитических способностей, умения обобщать, представлять главное и второстепенное, делать выводы, формулировать проблему, ставить задачу. Это неминуемо приводит к неумению рассуждать, описывать, формулировать и излагать мысли. Математическая подготовка в школе сводится к выполнению заученных алгоритмов и выбору наиболее вероятного из предложенных вариантов ответа. Проблема обучения математике в вузе, в частности, у студентов машиностроительного факультета БНТУ усугубляется низким уровнем школьного образования, связанного с введением тестирования по алгебре и геометрии. У студентов младших курсов практически нет теоретической базы для понимания высшей математики, нет навыков ведения конспектов, нет самоконтроля, отсутствует мотивация к обучению. Думаем, что такие же проблемы стоят и у преподавателей физики. Трудно представить, что в ближайшие время что-нибудь существенно изменится в теоретической подготовке школьников. Однако курс высшей математики останется основой фундаментальной подготовки инженера. Для студента, а затем и для

инженера, были и остаются такие задачи как исследование, моделирование, проектирование, конструирование, организация и обслуживание технологического процесса. Особенности при изложении курса высшей математики в вузе у студентов машиностроительного факультета БНТУ должны повлечь за собой внесение изменений в структуру и содержание образования. Сегодня нужны такие методы обучения студентов, которые не только бы облегчали и ускоряли передачу знаний, обучали их приемам самостоятельной деятельности, но и подготовили бы специалистов, умеющих применять математические методы в своей будущей профессиональной деятельности. Мы предлагаем ввести некоторый период адаптации студентов первого курса к новым формам занятий, создать методический центр для повторения (изучения) элементарной математики, ввести в расписание дополнительные занятия, возможно в виде комбинированных или совмещенных с основными. После двух месяцев такого тренинга необходим коллоквиум с последующими организационными выводами о возможности дальнейшего продолжения обучения.

УДК 517.5

Условия компактности в классах $\varphi(L)$

Катковская И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Пусть (X, d, μ) – ограниченное метрическое пространство с метрикой d и борелевской мерой μ , $\mu(B(x, 2r)) \leq C_\mu \mu(B(x, r))$, $x \in X, r > 0$, где

$B(x, r) = \{y \in X : d(x, y) < r\}$. Пусть Φ – множество всех четных функций $\varphi : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, положительных и возрастающих на $(0, +\infty)$, причем

$$\varphi(0) = \varphi(+0) = 0, \lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \infty, \varphi(2t) \leq C\varphi(t), t > 0$$

Ω обозначает класс положительных возрастающих функций $\eta : (0, 1] \rightarrow (0, 1]$, для которых $\eta(+0) = 0$. Для $\eta \in \Omega, \varphi \in \Phi, q > 0$ и $f \in \varphi(L)$ обозначим тогда

$$N_\eta^{\varphi, q} f(x) = \sup_{B \ni x} \frac{1}{\eta(r_B)} \left(\frac{1}{\mu(B)} \int_B \varphi^q(f(x) - f(y)) d\mu(y) \right)^{1/q}.$$

Если $\varphi \in \Phi$, то $\varphi(L)$ – множество (классов эквивалентности) измеримых функций $f : X \rightarrow \mathbb{R}$, для которых композиция $\varphi \circ f$ суммируема на X [1].

Теорема 1. Пусть $\varphi \in \Phi, q > 0$, и $S \subset \varphi(L)$ – ограниченное множество.

Тогда если для некоторого $\eta \in \Omega$ со свойством

$$\sup_{f \in S} \int_X N_{\eta}^{\varphi, q} f d\mu < +\infty,$$

то S вполне ограничено в $\varphi(L)$.

Обратное верно при $0 < q < 1$ и неверно при $q \geq 1$. Для неограниченных X теорема 1 неверна, но становится справедливой, если дополнительно для некоторого $x_0 \in X$

$$\lim_{R \rightarrow +\infty} \sup_{f \in S} \int_{X \setminus B(x_0, R)} \varphi(f) d\mu = 0,$$

Для степенной функции $\varphi(t) = t^p$ при $p > 0$ эти результаты были получены в [2]. Мы используем методы этой работы

Литература

1. Ульянов П.Л. Представление функций рядами и классы $\varphi(L)$ // Успехи матем. наук. 1972. Т. 27, №2. С.1–54.

2. Кротов В.Г. Критерии компактности в пространствах $L^p, p \geq 0$ // Матем. сборник. 2012.-Т.203, №7. -С.129–148.

УДК 530.12

Влияние гравитационного поля среды на движение тел в планетарной системе

Рябушко А.П., Неманова И.Т., Жур Т.А., Юринок В.И.

Белорусский национальный технический университет

Белорусский государственный аграрный технический университет

Решена задача о релятивистском законе движения тела в гравитационном поле, создаваемом массивным центральным телом массой m и окружающим его материальным шаром радиусом R , плотность среды ρ в котором распределена по закону: $\rho = \rho_0(1 - r/R)$, $r \leq R$; $\rho = 0$ при $r \geq R$, где ρ_0 – плотность среды в центре, r – расстояние до центра шара.

Получено уравнение траектории движения тела, записанное в полярной системе координат $x = r \cos \varphi$, $y = r \sin \varphi$:

$$\frac{1}{r} = \frac{1 + \tilde{e} \cos[(1 + \alpha_p^H - \alpha_0 + \alpha_{\gamma\rho})\varphi]}{p},$$

$$\alpha_p^H = \frac{2\pi\rho_0 p^3}{m} \left(1 - \frac{p}{R}\right), \alpha_0 = \frac{3\gamma m}{c^2 p}, \alpha_{\gamma p} = \text{const},$$

$$\tilde{\epsilon} = e \left[1 + \frac{6\gamma\pi\rho_0 p^2}{c^2} \left(1 - \frac{p}{R}\right) \phi^2 - \frac{4\gamma\pi\rho_0 p^2}{c^2} \left(4 - 5\frac{p}{R}\right) e\phi \sin\phi \right].$$

Здесь e и p - эксцентриситет и параметр эллиптической орбиты, по которой бы двигалось тело без учета гравитационного поля среды; γ - ньютоновская постоянная тяготения; c - скорость света.

Если два массивных тела с массами m_1 и m_2 движутся в рассматриваемом шаре по окружностям с радиусами R_1, R_2 и центром в центре тяжести этих тел в ньютоновском приближении, то в постньютоновском приближении центр их тяжести движется по циклоиде $x = a(1 - \cos\phi)$, $y = a(\phi - \sin\phi)$, где $a = \text{const}$ и зависит от $\rho_0, m_1, m_2, R, R_1, R_2$. В случае $m_1 = m_2$ постоянная $a = 0$, т.е. центр тяжести неподвижен и находится в начале координат.

УДК 530.12

Устойчивость релятивистского движения тел в фотогравитационном поле

¹О.Л.Зубко, ¹А.П.Рябушко, ²Т.А.Жур

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный аграрный технический университет

В работе [1] авторов были найдены пять стационарных точек фотолибрации в ограниченной круговой задаче трех тел при учете светового давления, когда одно из тяжелых тел A_1 массой m_1 - звезда (источник сильного электромагнитного излучения), другое тяжелое тело A_2 массой m_2 - темное тело (источник электромагнитного излучения отсутствует), третье тело A_3 массой m_3 - пробное тело, которое не оказывает влияния на звезду.

Целью настоящей работы является выяснение вопроса устойчивости этого решения в разных смыслах: по Лагранжу, по Пуассону, по Ляпунову в первом приближении. Получили, что *коллинеарные точки фотолибрации* L_1^*, L_2^*, L_3^* не устойчивы по Ляпунову в первом приближении, по Лагранжу и по Пуассону. Для *треугольных точек*

фотолибрации L_4^* , L_5^* найдена зависимость при которой данные точки являются устойчивыми по Ляпунову в первом приближении, по Лагранжу и по Пуассону, которая имеет вид (приближение $(v/c)^0$)

$$\left(m_2 \left(\frac{1}{2} \left(\frac{m_1^*}{m_1} \right)^{2/3} - 1 \right) + \frac{1}{4} m_1^{1/3} (m_1^*)^{2/3} \right) \left[m - m_2 \left(\frac{1}{2} \left(\frac{m_1^*}{m_1} \right)^{2/3} - 1 \right) + \frac{1}{4} m_1^{1/3} (m_1^*)^{2/3} \right] - \left(\left(\frac{m_1^*}{m_1} \right)^{2/3} - \frac{1}{4} \left(\frac{m_1^*}{m_1} \right)^{4/3} \right) \left(m_2 \left(\frac{1}{2} \left(\frac{m_1^*}{m_1} \right)^{2/3} - 1 \right) + \frac{1}{2} m_1 \right) > 0,$$

где $m_1^* = m_1 - A_{13}$, A_{13} – парусность пробного тела (см. [1]).

Сделав численные расчеты в системе Maple для двух систем тел: Солнце-Юпитер-пробное тело (СЮПТ) и Солнце-Земля-пробное тело (СЗПТ), получили, что данное неравенство выполняется при любых $0 < A_{13} < m_1$. Также нами доказано, что при учете светового давления и следующих эффектов СТО: релятивистское изменения массы движущегося относительно наблюдателя тела; продольный и поперечный эффекты Доплера, лоренцево поперечное сокращение площади миделева сечения тела, аберрации света (приближение $(v/c)^2$) *коллинеарные точки фотолибрации* L_1^* , L_2^* , L_3^* отсутствуют, а существуют *квази-коллинеарные точки фотолибрации* L_1^* , L_2^* , L_3^* , для которых также найдено условие устойчивости.

Литература

Рябушко А.П., Жур Т.А., Зубко О.Л., Боярина И.П., Юринок В.И. // Точки фотолибрации в небесной механике // Весці НАН Беларусі, сер. фіз.-мат. навук, №3, 2014. С.60-66.

УДК 519.876

Влияние МРС на акустические характеристики громкоговорителя

¹Воронович Г.К., ²Коробко Е.В., ¹Мартыненко И.М.

¹Белорусский национальный технический университет

²Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси

Одним из путей решения вопросов создания малогабаритных высокоэффективных акустических систем с повышенной мощностью явилось использование МРС. Преимущества использования магнитореологической суспензии (МРС) в электроакустической системе обусловлены высокой ее теплопроводностью, что объясняется особой структурой жидкости.

Как объект техники, динамический громкоговоритель представляет собой хотя простое, но весьма «деликатное» и точное устройство. Поэтому введение нового конструктивного элемента МРС, сочетающего в себе различные «сильные» свойства, в частности, нелинейные, потребовали всесторонних теоретических исследований, включая разработку подходов к оптимальному конструированию. В комплексе работ по теоретическому исследованию физико-математической модели громкоговорителя изучался вопрос влияния реодинамических характеристик МРС на акустические характеристики колебательной системы (КС) в их взаимодействии. В частности, изучался вопрос воздействия МРС на частотный спектр колебательной системы динамика громкоговорителя. Математическая модель описания динамики КС громкоговорителя представляет собой дифференциальное уравнение второго порядка, в которой сила сопротивления движению КС учитывает нелинейность вязких и упругих сил МРС в зависимости от скорости сдвига, обусловленной спектральным видом, величиной подаваемой вынуждающей силы. Здесь же учитывается изменение вязких и упругих свойств МРС в зависимости от силы воздействия магнитного поля.

Сравнение Фурье-спектра подаваемого на входе и получаемого на выходе акустического сигнала показывает, что наилучшим образом обеспечивается линейность передачи акустического сигнала КС в области скоростей сдвига для МРС, где она максимально проявляет свои вязкие свойства

Естественно-научные дисциплины

Воронова Н.П.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что в процессе нагрева различных материалов изменяются прочностные свойства. Большой интерес представляют возникающие по толщине слоя материала напряжения и их влияние на деформацию материала.

Пусть имеется заданное принудительное управление $u(t)$ в интервале времени $t_1 \leq t \leq t_2$, $0 \leq t_1 < t_2 < T$. Благодаря правильному выбору $u(t)$ можно выполнить ограничения на термонапряжения. Оптимальное управление существует и величины T и оптимальное время процесса t_0 определяются из системы уравнений

$$2e^{\alpha_i^2 T} + (\gamma - 1)e^{\alpha_i^2 t_0} = \beta + (\gamma + 1)e^{\alpha_i^2 t_2} - \alpha_i^2 A_i, \quad i = 1, 2;$$

$$A_i = \int_0^{t_1} (\gamma + 1)e^{\alpha_i^2 t} dt + \int_{t_1}^{t_2} u(t)e^{\alpha_i^2 t} dt,$$

где $(\gamma + 1)$ - значение функции $u(t)$ на отрезке $[0; T]$, $(\gamma - 1)$ - соответственно для $[T; t_0]$; α_i - различные действительные положительные корни

характеристического уравнения $\frac{\alpha}{Bi} = \text{ctg} \alpha$, B_i - критерий Био; β - безразмерная начальная температура.

Решение системы (1) получается из соотношений

$$\left(\frac{2e^{\alpha_i^2 T} - (1 + \gamma + \beta_1)}{1 - \gamma} \right)^{\alpha_i^2} = \left(\frac{2e^{\alpha_i^2 T} - (1 + \gamma + \beta_2)}{1 - \gamma} \right)^{\alpha_i^2},$$

где $\beta_i = \beta + (1 + \gamma)(e^{\alpha_i^2 t_2} - e^{\alpha_i^2 t_1}) - \alpha_i^2 \int_{t_1}^{t_2} u(t)e^{\alpha_i^2 t} dt$, $i = 1, 2$.

Таким образом, используя управляющее воздействие, можно определить оптимальное время для нагрева массивного тела с учетом ограничений на термонапряжения.

Управление знаниями в системе функций менеджмента

¹Воронова Н.П., ²Макарова А.Н.

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный экономический университет

Система менеджмента знаний – это совокупность взаимодействующих и взаимозависимых элементов, относящихся к управлению знаниями (процессов, баз данных, программного обеспечения, организационных структур и пр.), обеспечивающая достижение поставленных целей.

Главная цель управления знаниями - создание новых и более мощных конкурентных преимуществ.

Менеджмент знаний:

– трансформирует знания в лучшую практику организации. Поиск лучшей практики и ее реализация становятся ключевой стратегией развития организаций;

– формирует и развивает знания о клиентах и знания, сфокусированные на клиентах с помощью построения соответствующих баз данных, профилей потребителей, систем поддержки продаж;

– формирует и использует интеллектуальный капитал организации (человеческий, организационный, потребительский), повышает отдачу имеющихся нематериальных активов, распространяет результаты НИОКР на сходные проекты;

– создает условия для получения новых знаний и инноваций, содействует формированию инновационного климата, поддерживает конкретные инновационные проекты.

Для успешного осуществления менеджмента знаний необходимы:

хорошая технологическая инфраструктура, позволяющая с помощью коммуникаций эффективно переносить знания; культура, способствующая переносу знаний от одного работника к другому, от одного подразделения ко всем другим; непрерывное, систематически организованное обучение персонала. Центральная задача функции управления знаниями состоит в том, чтобы выявлять и дополнительно использовать ресурсы, которые имеются в организации, путем постоянного поиска передового опыта. Чтобы стать компанией, основанной на знаниях, организация должна создать «спираль знаний», где неизвестные (неявные) знания должны быть выявлены и распространены, чтобы стать частью индивидуализированной базы знаний каждого работника. Спираль возобновляется всякий раз для подъема на новый уровень, расширяя базу знаний, применимых к разным областям организации.

Оценка верхового сфагнового торфа как сырья для кормовых добавок с энтеросорбционными свойствами

Наумова Г.В., Томсон А.Э., Макарова Н.Л., Соколова Т.В.,
Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф., Пехтерева В.С.
Институт природопользования НАН Беларуси

Эффективность животноводства напрямую связана с кормопроизводством, составом рационов животных, качеством кормов и кормовых добавок. Применение специальных кормовых добавок обеспечивает сбалансированность рациона, способствует повышению иммунитета, адаптации к неблагоприятным факторам внешней среды, а также выведению из организма токсинов различного происхождения.

Среди таких кормовых добавок особое место занимают биологически активные препараты, повышающие безопасность кормов, обладающие биоцидными, сорбционными, иммуномодулирующими свойствами. В профилактических добавках подобного действия остро нуждается молодняк животных.

В качестве компонента кормовых добавок с энтеросорбционными и биологически активными свойствами может быть использован сфагновый торф. Этот торф содержит широкую гамму биологически активных соединений: гуминовых кислот, обладающих как высокими сорбционными свойствами, так и ростстимулирующим действием, аминокислот, органических кислот, биогенных аминов. Значительная часть его углеводного комплекса представлена пектинами, также проявляющими сорбционные свойства благодаря присутствию активных функциональных групп. Сфагновый торф богат фенольными соединениями растительного происхождения: катехинами, флавонолами, фенолкарбоновыми кислотами, которые обладают антиоксидантной и антибактериальной активностью, а также витаминами группы *B* (*B*₁, *B*₂, *B*₁₂), *PP*, каротином.

Особое значение имеет присутствие в сфагновом торфе значительных количеств йода (от 8 до 12 мг/кг), а также микроэлементов, таких, как марганец, кобальт, молибден, цинк – важнейших регуляторов жизненных процессов животного организма. Существенным показателем сфагнового торфа являются не только сорбционные, но и высокие гидрофильные свойства. Водопоглощение его в расчете на абсолютно сухое вещество достигает 1000–1800 %. В этой связи использование сфагнового торфа в составе кормовых добавок обеспечит сорбцию ионов тяжелых металлов, патогенов микроорганизмов, микотоксинов, а также обогатит рацион биологически активными элементами.

Подходы к экологизации упаковочного производства

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

Экологизация производства - это инструмент обеспечения экологической безопасности и достижения устойчивого развития, интегрирующий социоэкологоэкономические процессы, основанные на принятии взаимосвязанных экономических, технико-технологических, социальных решений, способствующих эффективному достижению экологических целей и задач в эколого-экономической производственной системе.

Накопленный опыт стран с развитой экономикой показывает, что для того чтобы снизить воздействие упаковочного производства на окружающую среду, производители могут действовать в следующих направлениях: избавиться от многослойности или использовать меньшее количество материала, производить тару с возможностью ее повторного использования, выпускать многофункциональную упаковку, для производства упаковки применять материалы, пригодные для дальнейшей переработки или безопасной утилизации.

На основании анализа международного опыта и оценки современной ситуации в области экологизации упаковочного производства основными приоритетами для Республики Беларусь должны быть: совершенствование механизмов стимулирования и вовлечения населения в отдельный сбор отходов упаковки, внедрение депозитной системы на упаковку как дополнительного механизма стимулирования населения к сбору и передаче на повторное использование отходов упаковки, регулирование типов производимых и используемых упаковок в пользу легкоперерабатываемых и экологически безопасных, активное применение методов «анализа жизненного цикла» и его оценки, возложение на производителей и поставщиков упаковки обязанности по организации и финансированию системы сбора и утилизации отходов, образующихся после утраты потребительских свойств упаковки (реализация принципа расширенной ответственности производителей), развитие экологического маркетинга, социальная ответственность бизнеса, формирование экологической культуры как фактора запроса на экологические технологии и упаковочные материалы.

Литература

Ферару, Г.С. Экологический менеджмент: учебник для студентов бакалавриата и магистратуры / Г.С. Ферару. – Ростов н/Д: Феникс, 2012.–528 с.

Рациональное использование отходов упаковки

Костюкевич Е.К.

Белорусский национальный технический университет

Одной из тенденций рынка является то, что любая продукция должна быть упакована. Так, в Республике Беларусь ежегодно образуется около 35 млн., тонн отходов. Из них более 3,7 млн., т - коммунальные, половину которых составляют использованные упаковки. Это, как правило, изделия из древесины, картона и бумаги, стекла и полимеров. Утилизация либо переработка материалов природного происхождения не представляет сложности, однако с полимерами возникают проблемы, поскольку для их рециклинга требуются особые технологии и дополнительные капиталовложения.

Белорусские специалисты с проблемой утилизации и переработки упаковочных материалов столкнулись сравнительно недавно. Сложность ситуации обусловлена еще и тем, что применение полимеров в качестве упаковки стремительно увеличивается.

Существует более 20 методов переработки мусора, в рамках каждого из них выделяют 510 технологий. Можно выбрать ликвидационный метод или утилизационный (ресурсосберегающий), а по технологическому принципу санитарнобиологический, термический, химический, механический способы обезвреживания и переработки отходов.

Существующие технологии рециклинга позволяют делать высококачественное сырье. Товарный ассортимент: композиционные и теплоизоляционные материалы, черепица, контейнеры для хранения радиоактивных отходов низкой и средней активности и т. п. Измельчив в мелкий дисперсный порошок полиэтиленовую пленку, смешав ее с опилками и термически спрессовав, можно получить заменитель древесно-стружечных плит (ДСП), превосходящий по характеристикам обычную большей устойчивостью к воде и экологической чистотой (не содержит фенолоформальдегидных смол).

Анализ сложившейся ситуации с учетом международной практики показывает, что для достижения экономического эффекта переработки отходов упаковки в Беларуси необходимо привлечение производителей и импортеров к участию в сборе и переработке отходов упаковки; использование специальной экомаркировки и включение в стоимость упаковки из полимерных и комбинированных материалов затрат на ее утилизацию. Актуальным также является внедрение принципов экологического дизайна, когда возможности повторного использования, безопасной утилизации упаковки закладываются на этапе проектирования.

Задачи с недоступными точками

Чернявская С.В., Ревтович В.Н.

Белорусский национальный технический университет

При построениях с помощью циркуля и линейки обычно предполагается, что любые две точки плоскости можно соединить прямой; построить окружность с центром в любой точке; построить точку пересечения двух прямых и т. д. В практических условиях эти предположения могут и не выполняться, поскольку реальные построения производятся на ограниченной части плоскости, в силу чего некоторые элементы данных или искомым фигур могут оказаться за пределами чертежа. При построениях и измерениях на местности не во всякую точку можно поместить измерительный инструмент, не всякий прямолинейный путь доступен для прохождения. Появление недоступных элементов существенно усложняет ход геометрических построений. Однако, это не может перевести геометрическую задачу на построение циркулем и линейкой из класса разрешимых в класс неразрешимых. Возникает естественный интерес к геометрическим построениям с недоступными элементами. Приведем простейший пример на построение, где в качестве недоступного элемента рассматривается недоступная точка, то есть, такая, к которой нельзя применить аксиомы конструктивной геометрии, в частности аксиомы линейки или циркуля.

Задача. Дан угол C , вершина которого недоступна, и точка K внутри угла. Постройте прямую KC .

Решение.

Проведем через K отрезки AN и BT перпендикулярно сторонам угла (рис.1). Соединим точки A и B , проведем $KH \perp AB$. Очевидно, что прямая NK пройдет через вершину C , поскольку точка K является ортоцентром треугольника ABC .

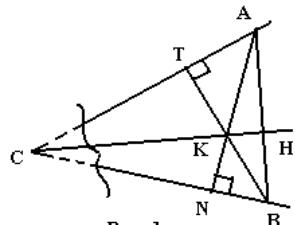


Рис. 1

Задачи на построение с недоступными элементами могут быть рассмотрены в процессе подготовки школьников к олимпиадам и научно-практическим конференциям.

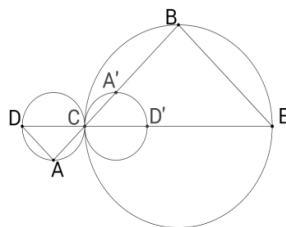
**Приемы систематизации умений и навыков решения задач
на взаимное расположение окружностей и шаров**

Ковалёнок Н.В., Кленовская И.С
Белорусский национальный технический университет

При решении ряда геометрических задач, нередко приходится сталкиваться с понятиями взаимного расположения окружностей на плоскости и шаров в пространстве. Данные задачи нередко вызывают сложности у абитуриентов уже на этапе построения чертежа к задаче. Первой причиной является слабое владение учащих теоретическим материалом; второй – неумение подмечать свойства фигур, о которых в задаче ничего не говорится.

Необходимо стремиться к тому, чтобы научиться сразу видеть, что тот или иной способ непригоден. А так же уметь выделять, разные случаи решения одной задачи, если условие не однозначное.

Приведём пример. Окружность радиуса 1 касается окружности радиуса 3 в точке С. Прямая проходящая через точку С, пересекает окружность меньшего радиуса в точке А, а большего – в точке В. Найдите отрезок АС, если $AB = 2\sqrt{5}$



Решение. Проведем анализ условия, заключаем, что возможны два случая расположения окружностей.

Первый - окружности касаются внешним образом. Второй - окружности касаются внутренним образом.

Рассмотрим первый случай. Треугольник CAD подобен треугольнику CBE.

$$\text{Значит, } \frac{CD}{CE} = \frac{AC}{BC}. \text{ Пусть } AC = x, \text{ тогда } \frac{2}{6} = \frac{x}{2\sqrt{5} - x} \Rightarrow x = \frac{\sqrt{5}}{2}.$$

Рассмотрим второй случай. Аналогично треугольник CA'D' подобен треугольнику CBE. Значит $\frac{2}{6} = \frac{x}{2\sqrt{5} + x} \Rightarrow x = \sqrt{5}$ Но такого не может быть, так как хорда окружности оказывается больше диаметра ($\sqrt{5} > 2$).

Следовательно, возможно только внешнее касание. Ответ: $\frac{\sqrt{5}}{2}$

Методы и средства повышения эффективности учебной деятельности студентов в техническом университете

Канашевич Т.Н., Шумская М.О.

Белорусский национальный технический университет

В условиях интенсивного научно-технического прогресса и развития информационных систем особую актуальность приобретает модернизация профессионального образования. Для решения этой задачи возникает необходимость переосмысления как целей и содержания, так и методов и средств профессионального технического образования, усиления интеллектуальной (не теоретической, а мыслительной) и практической составляющих подготовки специалиста, увеличение возможностей качественной самостоятельной работы обучающихся.

В контексте решения данных задач организационно-деятельностный аспект обучения (методы и формы) преобразуется за счет преимущественного использования исследовательских, проблемных и интерактивных методов, в сочетании с организованной самостоятельной и опытно-практической работой студентов, совместной учебной деятельностью в группах и индивидуально.

Использование дидактических средств регулируется конгруэнтностью современным требованиям к образовательным ресурсам: доступности, адаптивности к индивидуальным особенностям обучающихся, интерактивности, развития интеллектуального потенциала, системности и структурно-функциональной связанности учебных материалов, обеспечения полноты и непрерывности дидактического цикла обучения. В соответствии с данными требованиями учебное содержание целесообразно предлагать в различных формах предъявления (в печатном и в электронном виде) с учетом всего спектра необходимых средств (учебное пособие, опорный конспект, справочные, видео, диагностические материалы и др.) с развернутыми пояснениями и практико-ориентированными примерами, в полной и краткой версии. Важным аспектом является ориентация на выбор и использование в учебной и будущей практической деятельности существующих информационных ресурсов. В настоящее время создано значительное количество вспомогательных ресурсов, использование которых позволит облегчить расчеты или построения.

Использование исследовательских, проблемных и интерактивных методов, отмеченных средств обучения позволит создать благоприятные условия для продуктивной учебной деятельности студентов, в том числе дистанционно.

**Овладение профессиональным творческим методом как условие
преемственности в становлении и развитии квалифицированных
специалистов**

Канашевич Т.Н., Синькевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Одним из показателей эффективности деятельности специалиста является способность к планированию, постановке и достижению целей. Поэтому возникает проблема создания в обучении возможностей для раскрытия способов достижения познавательных целей и осуществления творческой мыслительной деятельности, целенаправленного поиска перспективных направлений в выбранной профессии. Процесс становления специалиста предполагает переход этих возможностей в действительность, при этом преемственность обеспечивается при овладении профессиональным творческим методом.

Категория «творческий метод» заимствована из науки и философской эстетики, в настоящее время широко применяется в искусстве, архитектуре и т. д. Под профессиональным творческим методом (от греч. *methodos* – путь исследования) понимаем характерный для данной профессии способ отражения действительности, систему принципов ее освоения и оценки, систему установок, управляющая творчеством, а также способ достижения целей, решения конкретной задачи. Он применим к тем, чья профессиональная деятельность преобразующая деятельность приравнивается к своеобразному искусству: художника, дизайнера, архитектора, писателя, журналиста, педагога, воспитателя, ученого, инженера и т. д. Существует ряд методов и методических приемов, применимых во многих областях профессиональной деятельности, таких как методы вариативного поиска, перебора вариантов, переноса, аналогии (синектики), инверсии, прогнозирования, моделирования, модификации, конструирования, оптимального проектирования, комбинирования, схематизации, композиционирования, параметризации, морфологический, ситуационный анализ, фокальных объектов и др. Однако центральным компонентом творчества является интуиция.

Таким образом, преемственность в становлении и развитии квалифицированных специалистов подразумевает овладение ими творческим методом. Практическая реализация этого положения предполагает проведение качественного анализа механизма возникновения и специфики проявления интуиции в различных областях профессиональной деятельности, благодаря которой последняя в идеале приобретает творческий характер.

Нестандартные приемы решения уравнений

Ковалёнок Н.В., Пинчукова С.П.

Белорусский национальный технический университет

Суть метода симметризации – использование подстановки, которая симметризует отдельные пары слагаемых, делает их „похожими“, отличающиеся лишь знаком. Обычно это удаётся, если имеется центр симметрии характерных для данного уравнения значений x .

Пример 1. Решить уравнение $(x + 1)^4 + (x + 3)^4 = 2$.

Решение: в нашем случае нули слагаемых $(x + 1)^4$ и $(x + 3)^4$, т.е.

- 1 и -3, симметричны относительно числа -2. Тогда выгодна подстановка $x = t - 2$. Её применение, приведёт к взаимному уничтожению слагаемых с

нечётными степенями $(t - 1)^4 + (t + 1)^4 = 2$.

Используя формулу $(a + b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$, получим $2t^4 + 12t^2 = 0$. Отсюда заключаем, что $t = 0$ и, следовательно, $x = -2$ – единственный корень данного уравнения.

Метод корней квадратных уравнений заключается в преобразовании этого уравнения в квадратное относительно новой переменной.

Пример 2. Решить уравнение $x^4 - 2\sqrt{3}x^2 - x + 3 - \sqrt{3} = 0$.

Решение. Пусть $t = \sqrt{3}$, тогда $t^2 = 3$. Следовательно, данное уравнение после замены $\sqrt{3}$ на t , а чисел 3 – на t^2 можно представить, расположив его члены по убыванию степени t следующим образом

$$t^2 - (2x^2 + 1)t + (x^4 - x) = 0.$$

Дискриминант равен $(2x + 1)^2$; $t_1 = x^2 + x + 1$, $t_2 = x^2 - x$.

Осталось решить квадратные уравнения:

$$x^2 + x + 1 = \sqrt{3}, x^2 - x = \sqrt{3}.$$

Метод геометрической прогрессии – является приёмом, основанным на применении формулы:

$$a + aq + aq^2 + \dots + aq^{n-1} = \frac{aq^n - a}{q - 1} \quad (q \neq 1) (*)$$

Пример 3. Решить уравнение $8x^3 + 4x^2 + 2a + 1 = 0$.

Решение: Пусть $a = 1$, $q = 2x$. В силу (*) данное уравнение равносильно

$$\frac{16x^4 - 1}{2x - 1} = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} 16x^4 - 1 = 0 \\ 2x - 1 \neq 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

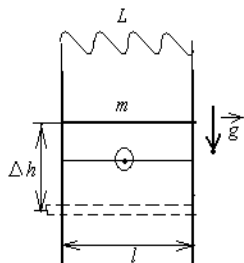
$$\Leftrightarrow \begin{cases} (4x^2 - 1)(4x^2 + 1) = 0 \\ x \neq 0,5 \end{cases} \Rightarrow x = -0,5.$$

**Универсальность законов сохранения в природе.
Оптимальный подход к решению некоторых задач с применением
закона сохранения энергии**

Драпезо Л.И., Погудо Л.П.
Белорусский национальный технический университет

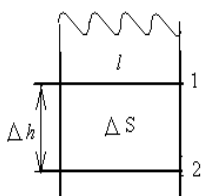
Закон сохранения энергии гласит – энергия системы величина постоянная. Это значит, что энергия системы может переходить из одного вида в другой, но никогда не исчезает. Применяя закон сохранения энергии, многие задачи можно решить проще и эффективнее.

Задача. В однородном магнитном поле, модуль индукции которого $B = 2,0$ Тл, находятся два длинных вертикальных проводника, расположенных в плоскости, перпендикулярной линиям магнитной индукции (см. рис.1). Расстояние между проводниками $l = 15$ см., проводники в верхней части подключены к катушке, индуктивность которой $L = 0,90$ мГн. По проводникам может скользить без трения горизонтальный проводящий стержень массой $m = 21$ г. Если электрическое сопротивление всех элементов пренебрежимо мало, то из состояния покоя стержень может сместиться вниз на максимальное расстояние Δh , равное ...см.



Решение этой задачи можно выполнить, применяя законы Ньютона, но гораздо проще решить ее, применяя закон сохранения энергии, т.к. электрическое сопротивление всех элементов пренебрежимо мало, сила трения отсутствует – следовательно, потерь энергии не будет.

Решение. Положение стержня 2 (см. рис.2) возьмем за нулевой уровень потенциальной энергии. Следовательно, в положении 1 стержень будет обладать потенциальной энергией $W_p = mg\Delta h$. Когда стержень отпустим, он начнет двигаться вниз, и потенциальная энергия будет превращаться в энергию магнитного поля катушки, т.к. в катушке начнет возникать индукционный ток. (В стержне l начнет возникать $\varepsilon_i = \mathcal{G}Bl$)



$$W_m = \frac{\Delta\phi^2}{2L}, \Delta\phi = B\Delta S \text{ - изменение магнитного потока } \Delta S = \Delta hl .$$

Так как $W_p = W_m \Rightarrow mg = \frac{\Delta h B^2 l^2}{2L}$, искомая величина $\Delta h = \frac{2Lmg}{B^2 l^2} = 42 \text{ см.}$

УДК 629.735

Путь к неиссякаемому источнику энергии

Горбацевич С.А.

Белорусский национальный технический университет

«Каменный век закончился не потому, что наступил дефицит камня. Нефтяной век закончится не потому, что недра Земли иссякнут, и наступит дефицит «черного золота». Нефтяной век закончится потому, что человечество вступило в новый век – в эру гелиоэнергетики».

Это высказывание шейха Заки Ямани оказалось определяющим в выборе темы научного исследования учащихся лицея БНТУ. В результате появилась работа: «Путь к неиссякаемому источнику энергии», которая уже имеет, целую историю.

Ведущие государства планеты уже всерьез занимаются разработкой и строительством объектов предназначенных для «скачивания» солнечной энергии.

Япония планирует строительство острова, который сможет получать эту энергию и преобразовывать ее в электричество.



А почему Беларусь не может быть в первой десятке исследователей этого вопроса?

Для того чтобы обеспечить вылет спутника с первой космической скоростью, мы предлагаем на склоне горы в Силичах разместить ускоряющие модули, принцип действия которых основан на открытии Гаусса и опробованный на нашей модели.

В результате мы приобретаем:

- определенную самостоятельность в исследовании космоса;
- экономию финансовых средств;
- сохранение чистоты атмосферы;
- внедрение открытий в мирных целях.

Работа отмечена дипломами:

1. Февраль 2016 Могилевский фестиваль науки. Диплом 3 степени.
2. Апрель 2016. Всероссийский конкурс научно-технических и художественных проектов по космонавтике «Звёздная эстафета» на базе Самарского государственного аэрокосмического университета имени

академика С.П. Королёва. Диплом 3 степени.

3. Декабрь 2016. Центр Подготовки Космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок. Всероссийский конкурс научно-технических и художественных проектов по космонавтике «Звёздная эстафета». Диплом 2 степени.

УДК 51 (07.07)

Тригонометрические уравнения со сложным аргументом

Кленовская И.С., Якимович В.С.

Белорусский национальный технический университет

Очень часто на выпускных экзаменах или на ЦТ появляются тригонометрические уравнения, в которых для нахождения решения требуется отбор корней. К таким уравнениям относятся тригонометрические уравнения, в которых сложный аргумент - сложная функция (иногда тригонометрическая) от x .

Пример. Решить уравнение: $\cos(4 \sin x) = \cos(4 \cos x)$.

Решение. Воспользуемся формулой разности косинусов. Заметим, что данное уравнение равносильно совокупности

$$\begin{cases} \sin x - \cos x = \frac{1}{2} \pi n, n \in \mathbb{Z}, \\ \sin x + \cos x = \frac{1}{2} \pi k, k \in \mathbb{Z}. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \sin\left(x - \frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{4} \pi n, n \in \mathbb{Z}, \\ \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{4} \pi k, k \in \mathbb{Z}. \end{cases}$$

Уравнение $\sin\left(x - \frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{4} \pi n, n \in \mathbb{Z}$ имеет решения тогда и только тогда,

когда выполняется неравенство $-1 \leq \frac{\sqrt{2}}{4} \pi n \leq 1$ или $-\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \leq n \leq \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$.

Последнему неравенству удовлетворяет лишь одно целое значение $n=0$.

Аналогично, решая уравнение $\sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right) = \frac{2\sqrt{2}}{4} \pi k, k \in \mathbb{Z}$, получим $k=0$.

Таким образом, получаем совокупность уравнений

$$\begin{cases} \sin\left(x - \frac{\pi}{4}\right) = 0, \\ \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = \frac{\pi}{4} + \pi m, m \in \mathbb{Z}, \\ x = -\frac{\pi}{4} + \pi l, l \in \mathbb{Z}. \end{cases} \Leftrightarrow x = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi t}{2}, t \in \mathbb{Z}.$$

Ответ: $x = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi t}{2}, t \in \mathbb{Z}$.

**Использование информационных технологий
в процессе обучения математике
на подготовительном отделении БНТУ**

Якимович В.С.

Белорусский национальный технический университет

На протяжении уже достаточно продолжительного количества подготовительное отделение проводит подготовку к централизованному тестированию по математике. Разработанная программа предполагает не только ознакомление с основными методами решения задач в курсе математики, но и их обобщение и систематизацию с последующим самоконтролем, используя информационные технологии (ИТ), применение которых позволяет не только адекватно оценить знания умения и навыки по основным темам школьного курса, но и осознать необходимость самостоятельного устранения пробелов. ИТ позволяют строить индивидуализированное обучение на основе модели абитуриента, учитывающей историю его обучения и индивидуальные особенности памяти, восприятия, мышления, сосредотачивая внимание на наиболее важных аспектах изучаемого материала, не торопя с решением. С помощью них может быть реализована личностная манера общения. Многие лекции и практические занятия на подготовительном отделении проводятся с использованием ИТ.

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. Хотелось бы отметить, что кроме презентаций в процессе обучения математике многие преподаватели используют уже готовые программные продукты. Например, при изучении тем «Векторы», «Изучение свойств функций и построение их графиков» широко используется: считалка v2.7, Algebrы v1.6. При изучении способов решения задач на построение, движения, построения сечений геометрических фигур используют авторское электронное средство обучения «Визуальная стереометрия». Для контроля знаний было создано соответствующее компьютерное программное обеспечение, которое позволяет эффективно организовать контроль знаний по определенной теме, индивидуализируя его, вызывает потребность и дает возможность ликвидации пробелов.

В данном направлении работа ведется по созданию и использованию

тестов трех видов: 1) быстрый контроль знаний слушателей на всевозможных этапах изучения различных разделов и тем математики; 2) контроль знаний слушателей при повторении, систематизации и обобщении материала за курс средней школы; 3) подготовка к централизованному тестированию.

УДК 53 (076.2) (07.07)

Исследование модульного метода изучения физики в средней школе

Золотарева Л.Е., Жарихина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Выпускники средней школы плохо знают элементарную математику и не владеют основными законами и формулами школьной физики. Современные учебники содержат много ненужных сведений. Используются устаревшие методики передачи знаний, объяснения решения задач и проведения лабораторного практикума. Учащиеся слабо представляют связь между различными разделами физики, получаемые знания носят отрывочный и разрозненный характер. Попыткой решить эти проблемы служит модульный метод.

Каждый модуль относится к определенному разделу физики и состоит из нескольких блоков. В каждом блоке содержатся методические указания к проведению урока, указываются необходимые формулы для решения задач, разбирается решение типовых задач с анализом полученных результатов. Сейчас появилось уже достаточное количество учебников, использующих модульный метод изложения физики в средней школе. Однако, по-прежнему, слабо используются аналогии в понятиях между формулами и процессами в различных разделах физики. Например, при изучении динамики и электростатики необходимо обратить внимание учащихся на то, что поле силы тяжести и электростатическое поле являются потенциальными полями. Формулы основных законов в этих полях носят одинаковый характер: силы взаимодействия между двумя телами в динамике (закон всемирного тяготения) и силы взаимодействия между двумя заряженными частицами в электростатике (закон Кулона), обратно пропорциональны квадрату расстояния между телами (частицами); работа в этих полях не зависит от формы траектории движения тела или заряженной частицы; работа по замкнутой траектории (контур) равна нулю; потенциальная энергия взаимодействия между телами и заряженными частицами с точностью до постоянной выражается одной и той же формулой. И таких примеров аналогий формул и процессов в физике достаточное количество. Именно такие аналогии помогают учащимся научиться понимать физику и разбираться в ее зако-нах. Модульная подача изучаемого материала учит

учащихся правильно ориентироваться в потоке информации, выделять главные моменты поиска при решении поставленной задачи. Для формирования у учащихся интереса к физике и математике, получению хороших знаний важно использование любых современных методов получения знаний.

УДК 53 (076.2) (07.07)

Анализ типов задач в механике, при решении которых используется понятие центра масс

Золотарева Л.Е., Жарихина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

При решении задач в разделе механика неоценимую услугу может оказать использование понятия центра масс системы материальных точек.

Центр масс – это точка приложения всех массовых сил (параллельные силы, действие которых на каждый элементарный объем тела пропорционально массе внутри этого объема). Массовыми силами являются гравитационные и силы тяжести, точка приложения которых – центр тяжести. В поле силы тяжести положение центра тяжести и центра масс совпадают. На данном выводе базируется решение целого блока задач на нахождение положения центра тяжести системы материальных точек различной конфигурации через определение соответствующих координат центра масс. А также нахождение центра тяжести или центра масс сплошных и протяженных тел (диск, балка, стержень и т. д.). Для решения задач на движение системы связанных тел целесообразно использовать тот факт, что центр масс системы движется так, как двигалась бы воображаемая точка с массой, равной массе системы, под действием результирующей внешней силы. Все внутренние силы, действующие между телами системы, сокращаются по третьему закону Ньютона. Если сумма внешних сил, действующих на систему, равна нулю, то центр масс такой системы движется с постоянной скоростью, т. е. равномерно и прямолинейно. Если первоначально центр масс покоился, то он будет покоиться и в дальнейшем. Система отсчета, связанная с центром масс замкнутой системы, является инерциальной. При рассмотрении целого ряда задач на движение связанных тел переход в систему отсчета, связанную с центром масс, приводит к значительному упрощению понимания движения каждого из тел и, как следствие, упрощению решения задачи в целом. Целесообразно использовать эту систему при решении задач на столкновение двух тел (частиц) в случаях как упругого, так и неупругого взаимодействия. В этой системе суммарный импульс двух тел равен нулю до удара, так и после него. После нахождения скоростей тел после взаимодействия достаточно вернуться в исходную систему отсчета, применив закон сложения скоростей.

Перечисление задач можно продолжить, что только убеждает в необходимости знать и уметь применять на практике понятие центра масс.

УДК 51. (07.07)

Использование принципа Дирихле

Сенькова Е.В., Чернявская С.В.

Белорусский национальный технический университет

Использование принципа Дирихле является эффективным методом решения задач и дает часто наиболее простое и изящное решение.

Задача 1. В 25 коробках лежат шарики нескольких цветов. Известно, что при любом k ($1 \leq k \leq 25$) в любых k коробках лежат шарики $k+1$ различных цветов. Докажите, что шарики одного из цветов лежат во всех коробках.

Решение: Обозначим коробки $b(1) \dots b(25)$. Общее число цветов равно 26. Если рассмотреть все коробки, кроме $b(i)$, то общее число цветов в них равно 25. Следовательно, есть цвет, присутствующий только в коробке $b(i)$, назовем его $c(i)$. Поскольку общее число цветов – 26, остался ровно один цвет c , отличный от всех $c(i)$. Если в какой-то коробке $b(k)$ нет шариков этого цвета, то в ней есть шарики цвета $b(k)$, что противоречит условию (в $b(k)$ должны быть шарики двух цветов. Значит, шарики цвета c есть во всех коробках.

Задача 2. Какое наибольшее число точек можно разместить в квадрате со стороной 1 таким образом, чтобы все расстояния между этими точками были не менее 0,5 (“в квадрате” означает “внутри квадрата или на его границе”)

Решение: Решение состоит из двух частей: доказательства того факта, что некоторое количество точек размещать должным образом возможно, а также того факта, что большего количества точек размещать таким образом нельзя. Легко понять, как разместить 9 точек в соответствии с требованием условия задачи: одну точку разместить в центре квадрата, четыре – в его вершинах и еще четыре – на серединах сторон квадрата. К этому размещению десятую точку добавить уже нельзя, так как круги радиуса 0,5 с центрами в первых 9 точках накрывают весь квадрат. Однако, приведенные соображения нельзя считать решением задачи. Действительно, возможно существуют и другие способы размещения 9 точек, при этом возможно будет добавить к ним еще и 10 точку, не нарушая условия задачи. Именно здесь пригодятся соображения, связанные с принципом Дирихле. Действительно, разобьем квадрат на 9 равных квадратиков со стороной $\frac{1}{3}$. Если в единичном квадрате размещено 10 точек, то хотя бы две из них попадут в один и тот же квадратик. Расстояние между любыми двумя точками квадратика не превышает длины его диагонали $0,16$, но $0,16 < 0,5$. Следовательно, можно разместить только 9 точек. Ответ: 9.

**Методы математического
моделирования
в научных и прикладных
исследованиях**

Вывод формулы символического представления центральных разностей любого порядка посредством степенных операторов бесконечно высокого порядка

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

На основании символического равенства сдвига пространства функций $f(x+a) = e^{ad_x} * f(x)$ (1) составим для произвольной функции центральную разность первого порядка. В результате получим:

$$\begin{aligned} \Delta_1 f(x) &= \frac{f(x+a) - f(x-a)}{2} = \frac{e^{ad_x} * f(x) - e^{-ad_x} * f(x)}{2} = \\ &= \left(\frac{e^{ad_x} - e^{-ad_x}}{2} \right) * f(x) = Shad_x * f(x). \end{aligned}$$

Тогда центральная разность 2-го порядка будет равна

$$\begin{aligned} \Delta_2 f(x) &= \frac{1}{2} \left[\frac{f(x+2a) - f(x)}{2} - \frac{f(x) - f(x-2a)}{2} \right] = \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{e^{2ad_x} * f(x) + e^{-2ad_x} * f(x)}{2} - f(x) \right] = \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{e^{2ad_x} + e^{-2ad_x}}{2} * f(x) - f(x) \right] = \frac{1}{2} (ch2ad_x - 1) * f(x) = \\ &= Sh^2 ad_x * f(x). \end{aligned}$$

Далее находим центральную разность 3-го порядка

$$\begin{aligned} \Delta_3 f(x) &= \frac{1}{8} [f(x+3a) - 3f(x+a) + 3f(x-a) - f(x-3a)] = \\ &= \frac{1}{4} (sh(3ad_x) - 3sh(ad_x)) * f(x) = sh^3 ad_x * f(x). \end{aligned}$$

При выводе этой формулы было использовано соотношение (1), а также формула $sh(3ad_x) - 3shad_x = 4sh^3(ad_x)$, которую легко доказать:

$$\begin{aligned} sh(3\alpha) - 3sh(\alpha) &= sh(\alpha)ch(2\alpha) + ch(\alpha)sh(2\alpha) - 3sh(\alpha) = \\ &= sh(\alpha)[ch(2\alpha) - 1] + 2sh(\alpha)[ch^2(\alpha) - 1] = 2sh^3(2\alpha) + 2sh^3(2\alpha) = 4sh^3(\alpha) \end{aligned}$$

Далее методом математической индукции можно доказать $\Delta_n f(x) = sh^n(ad_x) * f(x)$. Только что выведенная новая формула имеет большое научное и практическое приложение.

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим символический оператор дифференцирования бесконечного высокого порядка, содержащий мнимую единицу:

$$T_l = \sin ld_x = -ish(id_x) = -\frac{i}{2}(e^{ild_x} - e^{-ild_x}), \text{ где обозначено } d_x = \frac{d}{dx} -$$

операция дифференцирования, а $i = \sqrt{-1}$ – мнимая единица. Теперь введем еще один прямой $V_n = 1 + (id_x)^2 / \delta_n^2 = 1 - d_x^2 / \delta_n^2$ и обратный ему

$$\text{оператор } V_n^{-1} [f(x)] = \frac{f(x)}{1 + (id_x)^2} = \frac{f(x)}{1 - d_x^2 / \delta_n^2}.$$

На основе принципа суперпозиций устанавливаем свойства операторов $D_0 = T_l / ld_x$ и $D_1 = T_l V_n^{-1}$ в основном классе гиперболических функций:

$$1. D_0 = \frac{\sin(ld_x)}{ld_x} :$$

$$D_0 [sh\delta_m x] = 0, \quad D_0 [ch\delta_m x] = 0, \quad D_0 [C] = C. \quad 2.$$

$$D_1 = \frac{\sin(ld_x)}{1 - d_x^2 / \delta_n^2} :$$

$$D_1 [sh\delta_m x] = \begin{cases} \frac{(-1)^{n+1} l\delta_n}{2} ch\delta_n x & \text{при } m \neq n \\ 0 & \text{при } m = n \end{cases}$$

$$D_1 [ch\delta_m x] = \begin{cases} \frac{(-1)^{n+1} l\delta_n}{2} sh\delta_n x & \text{при } m \neq n \\ 0 & \text{при } m = n \end{cases}$$

$$D_1 [C] = 0 \quad \text{независимо от } m \text{ и } n$$

Аналогичным образом устанавливаются свойства оператора $D_2 = ld_x D_1$

Используя предложенный комплексный подход, теперь произвольную гладкую функцию можно разложить в гиперболический ряд. Отличительной особенностью полученного результата является логическая непротиворечивость проведения математических выкладок при переходе в операторных формулах от вещественного переменного к комплексному.

Метод построения солитонных решений нелинейных уравнений с частными производными

Андрушкевич И.Е.
ОИПИ НАН Беларуси

Метод обратной задачи рассеяния для уравнения Кортевега – де Фриза (см., например, [1]) впервые позволил получить решение типа «солитон». Принято считать, что подобного рода нелинейные уравнения удается интегрировать только упомянутым методом.

Наш подход к исследованию нелинейных уравнений на предмет поиска их солитонных решений основывается на теореме А.Н. Колмогорова «о представлении непрерывных функций нескольких переменных...» [2]. Суть его заключается в следующем.

Оператор L уравнения $Lu(x,t)=0$ преобразуется к «разделенному» виду [3]; предполагается также, что искомая функция $u(x,t)$ удовлетворяет теореме Колмогорова и может быть представлена в виде

$$u(x,t) = \left(\sum_{i=1}^{s_1} X_i(x) T_i(t) \right) \left(\sum_{j=1}^{s_2} \chi_j(x) \tau_j(t) \right)^{-1},$$

где $X_i(x), T_i(t), \chi_j(x), \tau_j(t)$ – неизвестные функции соответствующих переменных, s_1, s_2 – некоторые натуральные числа.

В предположении (1) исходное уравнение преобразуется к билинейным функциональным уравнениям, теория которых в достаточной степени развита в [3].

Предложенный подход позволил нам получить как все известные решения типа "солитон", так и ряд новых; нам также удалось установить множество уравнений с частными производными (в том числе и линейных), допускающих в качестве частных солитонные решения.

Литература

1. Полянин, А.Д. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики / А.Д. Полянин, В.Ф. Зайцев, А.И. Журов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 256 с.
2. Колмогоров, А.Н. О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиции непрерывных функций одного переменного / А.Н. Колмогоров // Доклады АН СССР. – 1957. – Т. 114, № 5. – С. 953 – 956.
3. Андрушкевич, И.Е. Методы разделения переменных в волновых уравнениях / И.Е. Андрушкевич. – Новополоцк: ПГУ, 2010. – 240 с.

**Приложения основных понятий дифференциального
исчисления в курсе высшей математики
для студентов нематематических специальностей**

Барановская С.Н., Кепчик Н.В.
Белорусский государственный университет

Раздел «Дифференциальное исчисление» для студентов, изучающих экономику, является инструментом анализа, организации, управления. Важно заметить, что степень усвоения материала этого раздела существенно влияет на способности студентов к дальнейшему изучению курсов, непосредственно связанных с их специальностью.

Основным понятием дифференциального исчисления является понятие производной. Если спросить экономиста: «Что такое производная?», он ответит: «Маржинализм». Это слово охватывает целый комплекс понятий в современной экономической науке. «Marginal» в переводе с английского означает «предельный», «граничный». К предельным величинам в экономике относятся: предельные издержки, предельный доход, предельная полезность, предельная производительность и т. д. Понятие предельных величин позволило создать совершенно новый инструмент исследования и описания экономических явлений, посредством которого стало возможно решать многие научные проблемы.

Студентам на занятиях показывается, что все эти величины самым тесным образом связаны с понятием производной. Предельные величины характеризуют не состояние (как суммарная или средняя величины), а процесс, изменение экономического объекта, т. е., производная выступает как скорость изменения некоторого экономического объекта (процесса) с течением времени или относительно другого исследуемого фактора. Конечно, экономика не всегда позволяет использовать предельные величины в силу неделимости многих экономических расчетов, а также прерывности (дискретности) экономических показателей во времени (например, годовых, квартальных, месячных и т. д.).

Однако во многих случаях можно отвлечься от дискретности и эффективно использовать предельные величины. К моменту изучения курса по высшей математике из-за недостаточной подготовленности студентов по экономике набор задач ограничен. Однако авторы курса по высшей математике при чтении лекций и проведении практических занятий все же используют ряд несложных примеров с экономическим содержанием, что значительно повышает интерес студентов к изучению математики. Кроме того, студентам предлагается выполнить научную работу в форме рефератов, касающихся применения различных разделов высшей математики, в том числе и дифференциального исчисления.

Смешанное обучение

Бачило Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

В республике Беларусь разработаны и внедрены новые стандарты высшего образования, которые обращают серьезное внимание на его фундаментальность, а при этом сокращают объемы часов на изучение фундаментальных дисциплин, в частности высшей математики. В технических вузах исчезли лабораторные практикумы, которые позволяли провести индивидуальный контроль усвоения и понимания конкретных математических методов, используемых в инженерных расчетах. Курсы лекций практически не содержат доказательств. Но при этом в стандарты технического образования вписывают достаточно сложные вопросы по всем разделам математики. В результате резкая нехватка квалифицированных инженеров и математиков, низкий математический уровень кандидатских диссертаций по техническим наукам. Что же нам поможет? Что спасет высшее образование?

Некоторые считают, что это дистанционное обучение. Но данный вид обучения не лишен ряда недостатков: отсутствие социального контакта с другими участниками обучения; опасность неправильного толкования обучаемыми теоретического материала; необходимость высокого уровня самообучаемости. Эти недостатки может компенсировать смешанное обучение, концепция которого предполагает, что обучающийся должен оптимально и в совокупности использовать все возможности, предоставляемые как традиционным обучением, так и новыми образовательными технологиями. Это создает условия для решения основной проблемы традиционного обучения – ограниченных возможностей для реализации и развития потенциальных способностей каждого обучаемого.

Реализация смешанного обучения предполагает сохранение общих принципов построения традиционного учебного процесса с применением элементов электронного обучения. Смешанное обучение является современным универсальным способом образования, ориентированным на индивидуальные запросы учащихся. Преподаватель остается ключевой фигурой образовательного процесса, но его деятельность связана с выполнением несколько иных функций: от озвучивания учебных материалов он переходит к роли организатора учебного процесса. Роль преподавателя подразумевает подготовку лекционного материала в электронной форме, получение вопросов обучаемых по поводу прослушанных лекций, а также дополнительное консультирование по сложным вопросам в режиме онлайн.

Место и роль выделения минимально-базового уровня знаний у студентов технических специальностей для реализации компетентностного подхода в процессе обучения математике

Вакульчик В.С., Завистовская Т.И.
Полоцкий государственный университет

К сожалению, в настоящее время по ряду причин (повреждение у молодежи из-за чрезмерного увлечения «гаджетами» параметров обучаемости, резкого сокращения часов на изучение математики на технических специальностях и т.п.), «при тенденции к массовости современного высшего образования, часть студенческой аудитории фактически не подготовлена к усвоению математики даже на базовом уровне» [1]. Поэтому актуальная для современной системы образования проблема формирования академических, социально-личностных и профессиональных компетенций требует корректировки содержательно-методического, организационно-управленческого и контрольно-корректирующего компонентов при проектировании и реализации математической подготовки будущих инженеров. В этой связи представляется, что для решения названной сложной задачи необходимо и «жизненно важно» усилиями методической системы обучения математике сформировать у студентов минимально-базовые знания, умения и навыки, которые являются фундаментом и предпосылкой к получению более глубоких знаний и реализации на практике компетентностного подхода. Для этого важно: 1) в программах по математике выделить требования минимально-базового уровня математических знаний по всем изучаемым темам и требовать обязательного их владения [2]; 2) методически системно формировать у студентов навыки и умения свободного оперирования основными математическими понятиями; 3) жестко требовать от студентов воспроизведения по памяти основных правил, таблиц эквивалентных, производных и интегралов; 4) применять информационные таблицы и графические схемы изучаемых разделов.

Литература:

1. Вакульчик В.С., Капусто А.В. Систематический и научно организованный контроль как решающий элемент в процессе обучения математике на технических специальностях // Вестник ПГУ. Педагогические науки, № 7, 2012, С. 68 – 75.
2. Вакульчик В.С., Кузнецова А.П., Цывис Н.В. Методологические аспекты обучения математике в профессиональной подготовке специалистов технического профиля // Материалы международной научно-практической конференции, 20 марта 2008 г., Витебск, с.7 – 8.

Математика перспективного чертежа

Голубева И.А., Мороз О.А.

Белорусский национальный технический университет

Человеку издревле было присуще желание изображать возможные объекты окружающего их трехмерного мира на двумерной плоскости картины. Однако по мере развития такого искусства отображения все чаще возникал вопрос: насколько точно эти плоские образы отражают реальные трехмерные прообразы? На эти вопросы призвана была ответить наука и, в первую очередь, геометрия как область математики. Еще Леонардо да Винчи говорил: «Все проблемы перспективы можно пояснить при помощи пяти терминов математики: точка, линия, угол, поверхность, тело».

Раздел геометрии, в котором изучаются различные методы изображения пространственных форм на плоскости, называется начертательная геометрия.

Новая жизнь проективной геометрии началась с работ французских математиков Г. Монжа и его ученика М. Понселе. Последний, размышляя над вопросом, почему эллипсы пересекаются в четырех точках, а окружности – только в двух, обнаружил, что мы не замечаем двух других точек пересечения в случае окружностей, так как они являются не только бесконечно удаленными, но и мнимыми. Таким образом, в геометрии появились комплексные числа (о которых также можно рассказать на занятиях с архитекторами).

В настоящее время в арсенале математики есть много возможностей облечь визуальные геометрические образы – прямая, плоскость, кривые и поверхности 2-го порядка – в логическую математическую структуру. И в этом видится главная задача изучения курса высшей математики студентами-архитекторами.

В геометрии всегда присутствуют два тесно связанных элемента – наглядная картина и точная формулировка, строгий логический вывод. Если гравюры М.К. Эшера помогают увидеть геометрическое начало во многих явлениях природы и красоту в чисто геометрических построениях, то изучение аналитической геометрии позволяет постичь красоту математических уравнений и преобразований. Будущий архитектор, чтобы стать хорошим специалистом, должен уметь не только красиво нарисовать здание, но и представить эту гармонию в математических конструкциях и формулах. Такой синтез может дать результат самого высокого уровня.

«Дух геометрического и математического порядка станет властителем архитектурных судеб» – Ле Корбюзье.

УДК 51(077)

**Обучение студентов инженерно-строительных специальностей
применению математического аппарата при изучении
специальных дисциплин**

Глушанкова Л.Я., Голубева И.А., Мороз О.А.
Белорусский национальный технический университет

Обучение применению математических объектов при изучении специальных дисциплин, предусмотренных учебными планами вуза для инженерно-строительных специальностей, преследует цель уверенного владения студентами той частью математического аппарата, который используется при изложении этих дисциплин. С математической точки зрения это означает решение соответствующих прикладных задач, связанных с инженерно-строительной специальностью.

Понятно, что основная дидактическая работа, относящаяся к этому элементу содержания математического образования, выполняется, как правило, при изучении специальных дисциплин. Однако для более эффективной математической подготовки специалистов некоторую часть этой работы (особенно раскрытие ее математической сути) могут и должны выполнять преподаватели математики путем использования соответствующих методических приемов. Основным дидактическим приемом в методике преподавания математики студентам инженерно-строительных специальностей для эффективного применения математических объектов является принцип адаптации.

С точки зрения дидактики математики практическая реализация этого принципа помогает решать две задачи. Во-первых, способствует студентам глубже понять суть математических объектов (оторваться от математической абстракции) и, во-вторых, убрать у студентов младших курсов психологический барьер, заключающийся в глубоком убеждении в том, что математика, которую они начали изучать в высшей школе, им не нужна. Наличие в курсе математики ярких примеров, связанных с конкретными задачами соответствующей специальности – убедительнее всяких декларативных утверждений о необходимости и пользе математики.

К сожалению, часть методической работы, связанная с обучением применению математических объектов при изучении специальных дисциплин и базирующаяся на реализации принципа адаптации, по ряду причин (в частности, недостаток соответствующей литературы, нехватка учебных часов) игнорируется преподавателями математики. Изменить ситуацию можно, если осуществить на должном уровне переход на профессиональную направленность преподавания математики.

**О междисциплинарных связях студентов
экономических специальностей**

Гурина Т.Н.

Белорусский национальный технический университет

Изучение курса высшей математики в вузе часто носит абстрактный характер и не позволяет полностью использовать полученные знания по высшей математике при оценке экономических ситуаций. Необходимо развивать у студентов творческое отношение к изучаемому материалу, умение и навыки практической реализации полученных знаний и умений.

Например, при изучении темы «Дифференциальное, интегральное исчисления» студентам предлагается исследовать следующие вопросы. Известны функции спроса и предложения. Требуется: построить на одном чертеже графики зависимости спроса и предложения от цены; найти точку, определяющую рыночную цену; определить области избыточного предложения и избыточного спроса; определить по графикам изменение величины спроса и предложения в зависимости от цены; рассчитать ценовую эластичность спроса и ценовую эластичность предложения; определить излишки (ренту) продавца и покупателя; определить изменение ренты продавца и покупателя, если государство установило потолок цен.

Таким образом студенты изучают темы по математике неабстрактно и при этом наглядны преимущества междисциплинарной связи. Учатся применять математические методы при рассмотрении экономических задач, что позволит им квалифицированно решать экономические проблемы. Углубляются знания студентов: с одной стороны, они наглядно убеждаются в необходимости использования математических методов для решения разнообразных экономических проблем, а с другой стороны - видят, как математика «работает» на экономику. Закрепляется экономическая теория. В пользу углубления междисциплинарной связи математики и экономики свидетельствует и то, что для многих студентов легче проследить действие экономических законов при использовании конкретных числовых примеров. Применение математического аппарата позволяет полнее использовать метод движения от абстрактного к конкретному, от общего к частному в преподавании общей экономической теории.

Междисциплинарная интеграция компонентов курса математики и общих профессиональных дисциплин имеет большое значение и позволяет осуществить планирование курса математики, в соответствии с профессиональными дисциплинами и сформировать ориентацию на будущую профессиональную деятельность студентов-экономистов.

Вычисление собственных функций и значений симметричной матрицы на основе операторов вращения

Демко В.М.
ОИПИ НАН Беларуси

При реализации методов диагонализации симметричных матриц, в частности, QL -алгоритма [1], используются преобразования подобия сложной структуры, которые затруднительно использовать в приложениях.

В данной работе предлагается алгоритм вычисления собственных функций и значений персимметричной матрицы на основе операторов вращения, представляющих собой прямую сумму матриц вращения.

Процедура синтеза собственного преобразования для персимметричной матрицы P размерности $N=2^\alpha$ состоит из m шагов ($m=\log_2 N$). На каждом шаге последовательно выполняются следующие операции: 1) персимметричная матрица P с помощью оператора H преобразуется к блочно-диагональному виду

$$H^T P H = \begin{bmatrix} P_1 & 0 \\ \dots & \dots \\ 0 & P_2 \end{bmatrix} = P_1 \oplus P_2, \quad H = H_1 \oplus H_2 \oplus \dots \oplus H_n, \quad H_i = \sqrt{2}/2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & \dots & -1 \end{bmatrix},$$

где P_1, P_2 - матричные блоки размером $n=N/2$. Причем матрица P_1 является персимметричной, а матрица P_2 приводится к симметричной форме относительно побочной диагонали путем умножения ее слева и справа на ортогональную матрицу $F_n = Q_n T_n$, где

$$Q_n = \sqrt{2}/2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & | & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & | & 0 & 1 & \dots & 0 \\ & & \ddots & & | & & & \ddots & \\ 0 & 0 & \dots & 1 & | & 0 & 0 & \dots & 1 \\ - & - & - & - & | & - & - & - & - \\ 1 & 0 & \dots & 0 & | & -1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & | & 0 & -1 & \dots & 0 \\ & & \ddots & & | & & & \ddots & \\ 0 & 0 & \dots & 1 & | & 0 & 0 & \dots & -1 \end{bmatrix}, \quad T_n = \begin{bmatrix} c_k & 0 & \dots & 0 & | & 0 & \dots & 0 & s_k \\ 0 & c_k & \dots & 0 & | & 0 & \dots & s_k & 0 \\ & & \ddots & & | & & & \ddots & \\ 0 & 0 & \dots & c_k & | & s_k & \dots & 0 & 0 \\ - & - & - & - & | & - & - & - & - \\ 0 & 0 & \dots & s_k & | & -c_k & \dots & 0 & 0 \\ & & \ddots & & | & & & \ddots & \\ 0 & s_k & \dots & 0 & | & 0 & \dots & -c_k & 0 \\ s_k & 0 & \dots & 0 & | & 0 & \dots & 0 & -c_k \end{bmatrix},$$

$$c_k = \cos(k\pi/N), \quad s_k = \sin(k\pi/N), \quad k=1, \overline{N/4-1}.$$

2) процедура повторяется до получения диагональной матрицы.

Таким образом, собственное преобразование имеет факторизованную структуру в виде произведения операторов вращения H_n, Q_n, T_n .

Литература

Парлетт, Б. Симметричная проблема собственных значений. Численные методы / Б. Парлетт. - М.: Мир, 1983. - 382 с.

Дичковский Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Курс «Высшая математика» изучается на первом и втором курсах, когда большинство студентов испытывает затруднения, связанные с качеством школьного образования, отсутствием навыков ведения конспектов, самостоятельной работы с учебниками, неумением планировать свое время. Основные формы организации работы студентов, призванные решать эти проблемы, это аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работы. Внеаудиторная работа играет главную роль и делится на обязательную и необязательную. Обязательная самостоятельная работа является основной и представляет собой логическое завершение аудиторных занятий. Она включает в себя проработку лекционного материала, подготовку к практическим и лабораторным занятиям. Эта работа охватывает всех студентов и её результативность зависит от умения преподавателя её организовать. На первых занятиях рассказать студентам об основных методах и приемах конспектирования, работы с книгой, умению выделить главное из большого объема информации. При формировании домашних заданий, необходимо определять круг основных вопросов, формул, имеющих ключевое значение при изучении математики. С целью контроля внеаудиторной самостоятельной работы, на практических занятиях, целесообразно в течение первых 10-15 минут проводить текущий контроль в виде тестовых заданий с последующим собеседованием по обоснованию выбранных ответов. Необязательная внеаудиторная самостоятельная работа включает проработку научной литературы и написание рефератов, а также подготовке к предметной олимпиаде. Контролем этого вида самостоятельной работы является защита реферата и публичное выступление перед студенческой аудиторией. Вторым видом организации самостоятельной работы является аудиторная, которая реализуется при чтении лекций и проведении практических и лабораторных занятий. Основным акцентом необходимо делать на понимание студентами предлагаемого материала, а не на его запоминание. Для этого на практических занятиях самостоятельное решение задач всеми студентами сопровождается комментарием отдельных этапов решения.

После окончания изучения каждого раздела курса математики можно проводить промежуточный контроль, который проводится в форме коллоквиума, устного собеседования, тестирования или контрольной работы. Итоговый контроль, рассчитанный на проверку усвоения материала всего курса, проводится в виде экзамена или зачета.

Методические аспекты подготовки курсантов Военной академии к математическим олимпиадам

Домашов В.П., Подкопаев П.А.
Военная академия Республики Беларусь

Решение задач является специфической особенностью интеллекта, а интеллект – это особый дар человека, поэтому решение задач может рассматриваться как одно из самых характерных проявлений человеческой деятельности [Пойа Д.].

Задачи, представленные в программном материале (учебных пособиях, практикумах, индивидуальных заданиях и т. д.) направлены преимущественно на формирование определенных навыков действий по определенному алгоритму, шаблону. Однако этот образовательный минимум не способствует расширению поля деятельности курсантов при усвоении математических дисциплин, поскольку встречи с задачами, отличающимися от шаблона, вызывают у них непреодолимые затруднения.

В отличие от стандартной, нестандартная задача – это такая задача, для решения которой в программном курсе не предусмотрено никаких четких правил и алгоритмов решения. К ним относятся такие задачи, замысел решения которых оригинален и скрыт от курсанта, решающего ее.

Общепризнанно, что нестандартные задачи – это своего рода полигон для творчества и развития мыслительных способностей.

В связи с систематической организацией внутри академической олимпиады курсантов по высшей математике, участием курсантов академии в Республиканской олимпиаде, Открытой олимпиаде Белорусско-Российского университета по математике, Всеармейской Олимпиаде курсантов высших военно-учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации по математике, коллективом кафедры высшей математики и физики накоплен большой опыт по разработке и проведению анализа нестандартных задач из различных разделов высшей математики.

Эта работа позволяет реализовать следующие цели и задачи:

- стимулировать развитие математического мышления учащихся;
- демонстрировать возможности математического моделирования при описании действительности (на примере прикладных задач);
- развивать у курсантов навыки работы с учебной и научной литературой;
- обобщать и систематизировать умения и навыки, показывать их применение в нестандартных ситуациях;
- познакомить с новыми подходами к решению задач;
- подготовить курсантов к участию в различных олимпиадах и конкурсах.

Формирование у студентов учебных умений

Ерошевская Е.Л., Минченкова Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Главная цель образования – знания. Знания в современном мире являются фактором, определяющим темп и уровень экономического развития.

Обучение не может быть успешным, если студенты не вооружены системой умений и навыков учебного труда. Умение – это возможность выполнять действие в соответствии с целями и условиями, в которых студенту приходится ориентироваться. Учебные умения по характеру деятельности можно разбить на основные виды: познавательные, практические, организационные, самоконтроля и оценочные.

К основным познавательным умениям относятся: а) умение работать с учебной и научно-популярной литературой, на этой основе самостоятельно приобретать и углублять знания; б) умение проводить наблюдения и на их основе формулировать выводы; в) умение самостоятельно моделировать и строить гипотезы; г) умение самостоятельно ставить эксперимент и на его основе получать новые знания; д) умение объяснять явления и наблюдаемые факты на основе имеющихся теоретических знаний, предсказывать следствия из теорий. Формирование у обучаемых познавательных умений может быть успешным на основе анализа структурных действий.

Изучение курса математики во втузе включает практику решения математических задач, что является уникальным тренингом по установлению логических связей.

Например, умение решать различные задачи на применение векторной алгебры способствует умению устанавливать причинно-следственные связи, строить логические рассуждения при изложении тем «Аналитической геометрии». Кроме того, причинно-следственная связь в курсе математики прослеживается и в предметной связи, установленной через элементы знаний, например, законы между разделами, темами, параграфами курса математики. Обобщенные умения – это те умения, которые студенты могут использовать при решении широкого круга задач, не только в рамках того предмета, при изучении которого осуществлялось формирование данного умения, но и на занятиях по другим предметам, а также в разнообразной практической деятельности и в работе по самообразованию. Успех в формировании обобщенных умений достигается при соблюдении следующего: доступности, постепенности в нарастании трудностей, систематичности, взаимосвязи между учебными предметами, преемственности, творческой активности и дифференцированного подхода к обучаемым.

**Структура электронного учебно-методического комплекса
по математике для студентов специальности «Автомобильные
дороги»**

Забавская А.В.

Белорусский национальный технический университет

При построении электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по математике для студентов специальности «Автомобильные дороги» мы руководствовались: Положением об УМК на уровне высшего образования, разработанным Министерством Образования Республики Беларусь, Кодексом Республики Беларусь об образовании, установленными межпредметными связями математики со специальными предметами при подготовке инженеров-строителей автодорожной отрасли [1].

Нами выделены блоки, представляющие структуру ЭУМК по математике для данной специальности, среди которых: теоретический, практический, контрольно-диагностический, вспомогательный и дополнительный.

Теоретический блок включает курс лекций, сопровождающихся презентациями. Каждая тема лекций содержит план, полное содержание лекции и список литературы. *Практический блок* содержит материалы для проведения лабораторных и практических занятий. Разработка каждой темы практического занятия содержит план, список литературы и перечень заданий для самостоятельной работы студентов. *Блок контрольно-диагностических знаний* УМК содержит материалы текущей (задания для проведения контрольных, проверочных работ, коллоквиумов и тестов для студентов) и итоговой (вопросы к зачету, программа экзаменов) аттестации. *Вспомогательный блок* УМК содержит все необходимые элементы учебно-программной документации (типовой учебный план и учебный план по указанной выше специальности, типовая учебная программа по дисциплине «Математика»), перечень учебных изданий и информационно-методические материалы. *Дополнительный блок* включает материалы по профессиональной направленности изучения математики.

Предложенная структура ЭУМК по математике успешно реализуется с помощью пакета программ Adobe Acrobat DC, функционирующих как в автономном режиме, так и в сети Интернет на мобильных устройствах.

Литература

Забавская, А.В. Межпредметные связи как средство повышения эффективности математической подготовки студентов специальности «Автомобильные дороги» / А.В. Забавская, И.А. Новик // Педагогическая наука и образование. – 2016. - №1. – с.26-31.

**Анализ безубыточности деятельности строительных организаций
в долгосрочном периоде**

¹Капуто А.В., ²Костюкова С.Н.

¹Белорусский национальный технический университет,

²Полоцкий государственный университет

Известно, что целью деятельности предприятия в современной экономике является получение прибыли. Именно при этом условии фирма может стабильно существовать и обеспечивать себе основу для роста. При этом достижение условия безубыточности деятельности предприятием есть мера или критерий эффективности его функционирования.

Проблемы роли и значения анализа безубыточности в реализации эффективного управления прибылью предприятия актуальны для всех субъектов хозяйствования, в том числе и строительных организаций.

В научной литературе анализ безубыточности в традиционном его понимании изложен в привязке к отраслям промышленности, в то время как предлагаемые исследования имеют прикладной характер и раскрывают специфику проведения анализа безубыточности строительными организациями. В [1] учтен длительный характер строительства объектов, а также то обстоятельство, что одновременно возводимые объекты строительства требуют учета сроков начала и окончания работ в течение года. Это обусловлено тем, что строительство имеет договорной характер отношений между заказчиком и подрядчиком. Следовательно, объемы работ, длящиеся более года, будут приносить маржинальный доход и в будущих периодах.

В этой связи актуальной является разработка аналитического инструментария, предназначенного для обеспечения как инвесторов, так и подрядчиков соответствующей информацией для проведения необходимой оценки проектов с целью принятия объективных управленческих решений по анализу безубыточности деятельности в долгосрочном периоде. Следует отметить, что для решения поставленной задачи необходимо использовать дисконтирование денежных потоков, которое предполагает приведение будущих денежных поступлений к настоящему моменту времени. Это позволит учесть реальные денежные средства, получаемые от заказчика в связи с долгосрочным характером строительства объектов.

Литература

Капуто, А.В., Костюкова, С.Н. Обобщение теории и практики при проведении анализа безубыточности в строительстве / А.В. Капуто, С.Н. Костюкова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Д. Экон. и юрид. науки. – 2014.- № 14. – С. – 10-17.

**Компетентностно-ориентированные задания в обучении математике
студентов строительных специальностей**

Капусто А.В., Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Требования современного рынка труда к выпускникам становятся все более разносторонними. Избирательность при приеме работу не ограничивается фактом наличия соответствующего диплома с перечнем освоенных дисциплин, а предусматривает владение определенным объемом знаний по изученным дисциплинам и умений по использованию усвоенного материала в применении на практике. В частности, владение современным программным обеспечением и знание соответствующих специализированных пакетов программ уже не обсуждается при приеме на работу как некое дополнительное достоинство кандидата, а рассматривается как элемент обязательных базовых параметров. В этой связи одним из наиболее результативных направлений построения образовательной среды для овладения студентами как системными, так и специальными знаниями и умениями, при достаточном внимании на формирование социально-лич-ностных качеств, на наш взгляд, выступает компетентностный подход [1].

Компетентностно-ориентированное обучение должно быть нацелено на комплексное получение знаний и на развитие способности студента применять эти знания в практической деятельности. При этом важно не только количество усвоенного материала, но и КПД полученных знаний. Необходимо донести до студента не только значимость теоретического материала, но и усилить интерес к получению знаний через связь с профессиональной деятельностью в смежных областях, а так же показать применение этих знаний в ситуациях, к которым, на первый взгляд, это «не имеет никакого отношения». Проблемный характер постановки – свойство задач такого рода. Цель решения компетентностно-ориентированной задачи, помимо получения определенного ответа, заключается также в получении новых знаний и формировании умений и навыков или переносе их в приложении к этой задаче из других разделов математики или даже дисциплин. Исходя из возможных подходов к решению можно предложить следующую их классификацию: математические, межпредметные, прикладные.

Литература

Капусто А.В. Компетентностный подход в процессе обучения математике студентов строительных специальностей / А.В. Капусто, А.А. Кузнецова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Е. Педагогические науки. № 7, 2015. С. 39–46.

О нерезонантности равномерно вполне управляемых быстро осциллирующих систем малых размерностей

Козлов А.А.

Полоцкий государственный университет

Рассмотрим нестационарную управляемую систему с помехами

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u + w(t), \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad u \in \mathbb{R}^m, \quad w \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0, \quad (1)$$

с локально суммируемыми по Лебегу и интегрально ограниченными матрицами коэффициентов A и B . В рассматриваемой системе $u = u(t)$ и $w = w(t)$, $t \geq 0$, – некоторые измеримые и ограниченные соответственно управление и функция, учитывающая внешние помехи.

Обозначим $f(t) = B(t)u(t) + w(t)$. Тогда система (1) запишется в виде

$$\dot{x} = A(t)x + f(t), \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad f \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0. \quad (2)$$

Определение 1. Система (2) называется *резонансной*, если существует начальное условие $x(t_0) = x_0$ и измеримая и ограниченная при $t \geq t_0$ функция $f(t)$, что порожденное ими решение $x(t)$ неограничено на $t \geq t_0$; система, не являющаяся резонансной, называется *нерезонансной*.

Возьмем в качестве управления u вектор-функцию $u(t) = U(t)x + v(t)$, где $U(\cdot)$ и $v(\cdot)$ – некоторые измеримые и ограниченные $(m \times n)$ – матрица и $(m \times 1)$ – вектор соответственно. Тогда система (1) примет вид

$$\dot{x} = (A(t)x + B(t)U(t))x + B(t)v + w(t), \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad v \in \mathbb{R}^m, \quad w \in \mathbb{R}^n, \quad t \geq 0. \quad (3)$$

Определение 2. Задача нахождения измеримой и ограниченной матрицы-функции $U(t)$, $t \geq 0$, при которой система (3) с управлением $u(t) = U(t)x + v(t)$ является нерезонансной (имеет только ограниченные решения при измеримых и ограниченных воздействиях $v(t)$ и внешних помехах $w(t)$) называется *задачей синтеза нерезонансной системы* (3).

Определение 3. Система (1) (при $w(t) \equiv 0$) называется *равномерно вполне управляемой*, если существуют такие числа $\sigma > 0$ и $\gamma > 0$, что при любых $t_0 \geq 0$ и $x_0 \in \mathbb{R}^n$ найдется измеримое и ограниченное управление $u: [t_0, t_0 + \sigma] \rightarrow \mathbb{R}^m$, удовлетворяющее $\|u(t)\| \leq \gamma \|x_0\|$ и переводящее вектор начального состояния $x(t_0) = x_0$ системы (1) в ноль на этом отрезке.

Теорема. Пусть $n = 2$, $m \in \{1, 2\}$. Если при $w(t) \equiv 0$ система (1) равномерно вполне управляема, то задача синтеза нерезонансной системы (3) разрешима.

Аспекты формирования неприводимых полиномов над полями Гауа

Королёва М.Н., Липницкий В.А.
Белорусский национальный технический университет
Военная академия Республики Беларусь

Роль конечных полей (полей Гауа) в математике и в ее приложениях непрерывно растет. Минимальные поля Гауа как кольца классов вычетов по простому модулю – основной инструмент в современных криптосистемах: RSA, Рабина, Эль Гамаля и их модификациях. Расширения минимальных полей Гауа лежат в основе стандарта шифрования AES, эллиптической криптографии, XTR-криптосистем.

Всякое конечное поле $GF(p^m)$ имеет простую характеристику p , состоит из p^m элементов, при $m > 1$ является m -мерным векторным пространством над своим подполем $GF(p) = Z/pZ$. С фиксированными параметрами p и m поле $GF(p^m)$ единственно и изоморфно фактор-кольцу $\hat{E} = (Z/pZ)[x]/\langle p(x) \rangle$ кольца полиномов $(Z/pZ)[x]$ по максимальному идеалу $\langle p(x) \rangle$, порожденному неприводимым над полем Z/pZ полиномом $p(x)$ степени m . Таким образом, неприводимые полиномы являются обязательным атрибутом формирования конечных полей. К сожалению, отсутствуют признаки, типа критерия Эйзенштейна для поля рациональных чисел, которые бы демонстрировали явный вид неприводимых полиномов тех или иных степеней над полями Гауа. Составители XTR-криптосистемы заметили и успешно применяют тот факт, что полином $x^2 + x + 1$ неприводим над бесконечным множеством полей Z/pZ , а именно, для всех p , таких, что $p \equiv 2 \pmod{3}$. Титов С.С. с учениками (Россия) уже в XXI веке установили неприводимость над полем $Z/2Z$ полинома $F(x) = x^n f(x + x^{-1})$, если неприводим над ним полином $f(x) = x^n + x^{n-1} + \dots + x + 1$. Формирование неприводимых над Z/pZ полиномов является столь же открытой проблемой, как и формирование простых чисел. Эта задача решается рекуррентной процедурой, аналогичной решетке Эратосфена, требующей значительных вычислительных усилий уже для значений $p = 2$ и $k \geq 20$.

Поля и многочлены, элементы полей как корни полиномов

Королёва М.Н., Липницкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

Военная академия Республики Беларусь

Поля относятся к разряду важнейших объектов современной алгебры, элементы которых сочетают в себе и аддитивные, и мультипликативные аспекты. Один из них – характеристика поля. По определению, это аддитивный порядок мультипликативной единицы поля. По значениям характеристики все семейство полей разбивается на бесконечное множество непересекающихся классов. Все поля каждого отдельного класса имеют единственное общее минимальное подполе F – поле классов вычетов Z/pZ по простому модулю p или же поле рациональных чисел Q и являются векторными пространствами над этим минимальным подполем.

Если конкретное поле P имеет конечную размерность n над минимальным подполем, то степени $1, \beta, \beta^2, \dots, \beta^i$ произвольного элемента $\beta \in P$ образуют линейно зависимую над F систему векторов. Коэффициенты равной нулю линейной комбинации названных векторов определяют полином $f(x)$ с корнем β . Разложение $f(x)$ на неприводимые множители определяет неприводимый полином $p(x)$ с корнем β (минимальный полином элемента β).

Поэтому β называют алгебраическим над полем F . Задачу распределения элементов поля Галуа по их минимальным полиномам можно решить двояко. Если β – один из корней неприводимого полинома, то остальными будут элементы $\beta^p, \beta^{p^2}, \dots, \beta^{p^v}$ для $v = i$ или же делящего i .

$$\text{Тогда } p(x) = (x - \beta) \cdot (x - \beta^p) \cdot \dots \cdot (x - \beta^{p^v}).$$

Для получения явных коэффициентов этого полинома из поля F надо раскрыть скобки или же воспользоваться формулами Виета. Всякое конечное поле $GF(p^n)$ единственно, нормально и сепарабельно над полем $F = Z/pZ$.

Поэтому все корни каждого неприводимого над Z/pZ полинома $p(x)$ степени n находятся в этом поле. Отсюда следует методика определения числа всех неприводимых полиномов $p(x)$ степени n .

**Применение Wolfram Mathematica в преподавании дисциплины
«Математика» для студентов инженерных специальностей**

Крушевский Е.А., Крушевская Е.Е.
Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный университет

Привлечение компьютерных программ в процессе проведения практических занятий по дисциплине «Математика» заметно увеличивает эффективность процесса обучения. Если, решая дифференциальное уравнение, вы получите на доске сложный неопределенный интеграл, то большая часть времени занятия может уйти на его вычисление. То есть на сами дифференциальные уравнения времени уже не остается. Ввод подынтегральной функции в соответствующую встроенную функцию пакета Wolfram Mathematica (либо любого другого пакета символьных вычислений) занимает считанные минуты. На выходе - корректное выражение вычисленного интеграла, которое можно просто записать на доске. Кроме того, использование встроенных функций для получения частного решения в явном виде, график которого строится внутри самого пакета практически мгновенно, добавляет практическую составляющую в обучение.

Все это значительно увеличивает эффективность обучения, когда во главу угла ставится именно методика распознавания типов уравнений и применения к ним соответствующих методов решений, а не потраченное время на вычисление громоздких квадратур, не говоря уже о полной невозможности получить графическое представление полученного решения в рамках аудиторного занятия. Кроме того, достаточно эффективным может быть реализация различных вычислительных алгоритмов, когда наряду с формулами для «ручных вычислений» ([1]) применяются встроенные функции пакета Wolfram Mathematica, что позволяет сравнивать точность проведенных вычислений путем наложения полученных точечных графиков решений. В других дисциплинах (см., например, [2]) подобная методика также дает эффективный результат обучения.

Литература

1. Математика: Лабораторные работы для студентов строительных специальностей: в 4 ч. / сост.: В.Ф. Бубнов, В.В. Веременок, Е.А. Крушевский, А.А. Кузнецова. - Минск: БНТУ, 2011. - 4.1. - 74 с.
2. Численные методы решения задач строительства: Лабораторный практикум для студентов специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / сост. А.В. Стрелохин, Г.С. Богомолова, Е.Л. Сорокина. - Минск: БНТУ, 2016. - 116 с.

Обобщение проблемы обращения Якоби и ее действительного аналога для римановой поверхности с краем

Крушевский Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрено формальное возможное обобщение проблемы обращения Якоби

$$\sum_{v=1}^h \zeta(q_v) \equiv q_\mu - k_\mu \pmod{1/\lambda \text{ периодов}}, \lambda > 1,$$

где все обозначения были взяты из [1], [2], [3] для римановой поверхности рода $h \geq 1$ с краем.

Известно, что классическая проблема обращения Якоби для римановой поверхности с краем, реализация которой представлена как пространственная многосвязная область с h «дырками», решается вектор-тэта-функцией Римана $\theta(w(z) - ie) = \sum_{n \in \square^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t n B n + 2\pi i \cdot {}^t n (w(z) - ie)\}$, которая возникает при

подстановке векторного аргумента $w(z) - ie$ в качестве аргумента в классическую тэта-функцию. При этом обозначено B – матрица B -периодов, а верхний индекс t обозначает операцию транспонирования матрицы, записанной после него. Нули такой тэта-функции Римана дают решение проблемы обращения Якоби. Для нахождения этих нулей после применения теоремы о логарифмическом вычете возникает СЛАУ. Вопросы разрешимости такой системы в случае $\lambda = 1$ решены в работе [1].

По аналогии со случаем $\lambda = 1$ получено выражение для тэта-функции Римана с нецелыми характеристиками,

$$\theta(z) = \sum_{n \in \square^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t (n + \frac{1}{\lambda} E_\nu) B (n + \frac{1}{\lambda} E_\nu) + 2\pi i \cdot {}^t (n + \frac{1}{\lambda} E_\nu) (w(z) - ie)\},$$

которая, согласно своим стандартным свойствам квазипериодичности, решает проблему обращения Якоби для $1/\lambda$ периодов, $\lambda > 1$, где E_ν – ν -й столбец единичной матрицы порядка h .

Литература

1. Чеботарев Н.Г., Теория алгебраических функций, М.: Гостехиздат, 1948, 400 с.
2. Зверович Э.И., Проблема обращения Якоби, ее аналоги и обобщения – В сб. Актуальные проблемы современного анализа, Гродно, 2009, с. 69-83.
3. Зверович Э.И., Долгополова О.Б., Крушевский Е.А. Вещественный аналог проблемы обращения Якоби на римановой поверхности с краем, его обобщения и приложения – Сиб. Мат. Ж., Том 57, № 2 (336), Новосибирск, Изд-во Института Математики, 2016, с. 312-331.

Краевая задача проводимости волокнистых материалов с невидимыми идеальными наполнителями и включениями для неконцентрического кольца и некоторых других круговых областей

Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Задача о проводимости волокнистых материалов [1] с невидимыми наполнителями и включениями в статье [2] сведена к задаче R-линейного сопряжения для некоторой специальной многосвязной области

$$\varphi(t) = (1 + \delta_{k0}(\lambda - 1))a_k(t)\varphi_k(t) + b_k(t)\overline{\varphi_k(t)}, |t - \tilde{a}_k| = r_k, k=0, 1, \dots, n, \tilde{a}_0=0, r_0=1,$$

с гёльдеровскими коэффициентами $a_k(t), b_k(t), k=0, 1, \dots, n$ с нулевыми индексами, с дополнительным условием

$|a_k(t)| > |b_k(t)|, |t - \tilde{a}_k| = r_k, k=0, 1, \dots, n, \tilde{a}_0=0, r_0=1$, где δ_{k0} - символ Кронекера, а λ - собственное число задачи. Данная задача решена путем сведения к линейному функциональному уравнению с инверсиями относительно окружностей

$$\begin{aligned} \varphi_k(z) = & - \sum_{m \neq k} \rho_m \left(\overline{\varphi_m(z_m^*)} - \overline{\varphi_m(\tilde{a}_m)} \right) + \rho_k \varphi_k(\tilde{a}_k) + \\ & + \frac{1}{\lambda} \sum_{m=1}^n \rho_m \left(\varphi_m \left(\tilde{a}_m + \frac{r_m^2 z}{1 - \tilde{a}_m z} \right) - \varphi_m(\tilde{a}_m) \right), |z - \tilde{a}_k| \leq r_k, k=1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

Данное функциональное уравнение решено в [2] последовательными операциями дифференцирования и интегрирования полученного решения продифференцированного функционального уравнения.

Доказано, что собственные числа полученного дифференциального оператора стремятся к нулю. Приведена формула для вычисления максимального по абсолютной величине собственного числа при достаточно малых радиусах, что характерно для физического смысла задачи. Рассмотрены примеры для $n=1$ (неконцентрическое кольцо) и $n=2$.

Литература

1. Mityushev, V., Pesetskaya, E., Rogosin, S.: Analytical Methods for Heat Conduction, in Composites and Porous Media in Cellular and Porous Materials Ochsner A., Murch G, de Lemos M. (eds.) Wiley-VCH, Weinheim (2008)
2. Mityushev V.: Composites with invisible inclusions: eigenvalues of R-linear problem, Jnl of Applied Mathematics, 2016.

Системы компьютерной алгебры как информационно-обучающая среда для студентов технических специальностей

Мателенок А.П.

Полоцкий государственный университет

Информационные технологии и применение систем компьютерной алгебры (СКА) становятся необходимой основой для совершенствования процесса обучения курса «Математика» для студентов технических специальностей. Существующая педагогическая практика позволяет выделить в качестве важного компонента информационно-обучающей среды приложения, разработанные в СКА, с помощью которых представление содержания учебного материала осуществляется в основном программными средствами Maple, Mathcad, Matlab.

Следует отметить, что СКА нашли широкое применение в преподавании математических дисциплин. Это обусловлено следующим: приложения, разработанные в системах компьютерной алгебры имеют графические и вычислительные возможности. Они могут быть использованы на аудиторных и самостоятельных занятиях и избавить студентов от выполнения большого объема вычислительных и аналитических преобразований, тем самым расширив круг решаемых задач, усиливая практическую составляющую материала и уменьшая формализм материала. Важная роль СКА в ходе реализации дидактического потенциала визуальных средств обучения математике студентов отмечена в исследованиях А.А. Черняк, Ж.А. Черняк, Л.А. Альсевич, С.А. Мазаник.

Свойства приложений коррелируют с критериями оптимизации, такими как минимально необходимые затраты времени и усилий студентов и преподавателей на достижение базовых знаний, так как обеспечивают доступность понимания математических знаний для студентов с различным уровнем подготовки, усиливают принцип наглядности, обеспечивают простоту в использовании программными средствами и реализуют межпредметные связи.

Вместе с тем приложения, разработанные в системах компьютерной алгебры позволяют реализовать творческий потенциал, как преподавателям, так и студентам.

Практически речь идет о формировании и развитии у обучаемых и обучающихся информационно – коммуникационно - технологической компетентности (ИКТ) сочетающей в себе общие умения и навыки работы с информацией, конкретные предметно-ориентированные умения, а также специфические умения учиться и работать в ИКТ – насыщенной среде.

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Опр. Числовой функцией $f(x)$ числового аргумента (x) будем называть последовательность неких вычислительных действий (понятий описываемых глагольными формами языка математики), проводимых над x (понятие описываемое существительными формами) и дающих в результате число - значение функции. Синтаксически задание функции осуществляется уравнением $y = f(x)$ (аналог утвердительного предложения в естественном языке), где переменной y присваивается значение функции.

Определяющее свойство математических объектов (МО) функции является изменчивость: разным значениям аргументов сопоставляются разные значения функций. Простейшей полноценной функцией является $y=x$, которая описывает вычислительную операцию (действие – глагол) копирование. Рассматривать «взаимодействие» МО функций и переменных, вообще то, не корректно: функции (действия) взаимодействуют только с функциями, а переменные-аргументы используются только для символической записи неких вычислительных действий. Формально, предельным вырождением МО функции является число – $const$, но не равная нулю.

Простейшей оценкой свойства изменчивости функций является – приращение функции $\Delta f = f(x+\Delta) - f(x) = \varphi(x, \Delta)$, вообще то, более сложный МО – функция двух переменных. Эта аддитивно-композиционное сравнение свойств изменчивости функции $y = f(x)$ с эталонной функцией копирования $y = \Delta$ вводит понятие свойства непрерывности функции $f(x)$ по функции x (*жаргонно принято говорить о непрерывности по аргументу*).

Мультипликативное – композиционное сравнение свойств изменчивости двух функций $f(x)$ и $\psi(x)$ так же оценивается более сложной функцией $\varphi(x, \Delta) = (f(x+\Delta) - f(x)) / (\psi(x+\Delta) - \psi(x))$, которая при использовании эталонной функции копирования $\psi(x) = x$ и предельного перехода, позволяет ввести в математику новую бинарную операцию дифференцирования d/d и класс функций дифференцируемых как по x , так и «друг по другу». Интересно, что следующее по иерархии сравнение свойств изменчивости на основе логарифмически-композиционной конструкции

$$\varphi(x, \Delta) = \ln(f(x+\Delta) - f(x)) / \ln(\psi(x+\Delta) - \psi(x)) \rightarrow 1,$$

приводит к вырождению оценочной функции $\varphi(x, \Delta)$ почти для всех значений аргументов гладких функций $f(x)$ и $\psi(x)$. Использование любого «классически не дифференцируемого эталона» $\psi(x)$ порождает свой класс взаимно дифференцируемых функций.

Новиков А.А., Лисов П.А., Святский С.В.
Белорусский национальный технический университет

Теория вероятностей (ТВ), как и всякая точная наука, занимается изучением взаимодействий (понятий описываемых глагольными формами естественного языка) вещественного мира, посредством установления вычислительных связей (описываемых специальными глагольными формами) отдельных количественных характеристик (КХ) взаимодействующих объектов. Опр. КХ (понятия описываемые существительными формами) – свойства вещественного объекта, допускающие прямое или косвенное, механистическое сопоставление с эталонами. При должном выборе масштаба, КХ описываются N -числами.

Специфика ТВ: реальный объект, инициирующий взаимодействие, вообще не наделяется КХ, и вместе с изучаемым взаимодействием описывается образно – вербально. Пример: некто, как-то трясет и выбрасывает на стол игральную кость (ИК). Все доступная нам информация о взаимодействии сводится к констатации фактов: воздействие произошло, результат воздействия – четыре точки на верхней грани ИК. Важно: вещественный объект воздействия – ИК полностью доступен для нашего изучения и будет находиться в этом «статичном» состоянии вплоть до очередного «случайного взаимодействия с чем-то, предположительно той же вещественной природы, что и произошедшее взаимодействие». Вывод: для описания (понимания) взаимодействий случайной природы мы можем использовать только описания возможных состояний объекта воспринимающего эти воздействия.

Опр. Фиксируемое нами состояние вещественного объекта, воспринявшего случайное воздействие, именуют в ТВ – событием. Впрочем, в ТВ принято все возможные состояния объектов, которые могут создаваться случайными воздействиями, именовать – событиями.

Базовый принцип (краеугольная гипотеза) ТВ – постулирование частотной устойчивости изучаемого случайного воздействия, т. е. частота появления каждого состояния объекта воспринимающего воздействие постоянна и является главной КХ, приписываемой и собственно самому случайному воздействию и воздействующему объекту. Эта КХ именуется вероятностью, точнее вероятностной мерой (весом), каждого из возможных состояний доступного нам объекта воспринимающего воздействия.

Методология ТВ типична для всех наук: попытка разделения сложных взаимодействий (глагольных форм) на некие простые составляющие.

**Способы интенсификации учебной деятельности студентов
на практических занятиях по математическому анализу**

Подкопаев П.А., Подкопаева Н.А.
Военная академия Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет

Обучение математике, как правило, построено по алгоритму – от простого к сложному. При этом студент должен усвоить определенный объем знаний в условиях жесткого учебного плана. Индивидуальные особенности усвоения материала каждым отдельным студентом различаются и остаются неучтенными. Особенно это различие заметно на первом курсе, поскольку не все студенты обладают достаточно высокой базовой подготовкой.

Уровень математической подготовки студентов, познавательные способности, интенсивность их самостоятельной работы и ответственность при обучении курсу высшей математики повысятся, если при проведении практических занятий применять индивидуальный подход к студентам. Некоторые учащиеся достаточно быстро усваивают новый материал и способны справляться со сложными задачами, другим на это требуется больше времени. Таким студентам необходимо решать больше базовых задач, так как быстрый переход к более сложным задачам приведет у них к потере интереса к предмету. Предлагаются следующие методические приемы:

- на практических занятиях организовывать решение двух– трех задач у доски параллельно двумя, тремя студентами;
- использовать возможности современных информационных технологий;
- регулярно проводить экспресс-контрольные по пройденным темам;
- осуществлять систематический контроль качества самостоятельной учебной деятельности, анализировать и корректировать её.

При такой организации учебного процесса все обучаемые оказываются вовлеченными в процесс познания, они имеют возможность понимать и рефлексировать по поводу того, что они знают и думают. Каждый вносит в этот процесс индивидуальный вклад, идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Причем происходит это в атмосфере доброжелательности и взаимной поддержки, что позволяет не только получать новые знания, но и развивает саму познавательную деятельность, переводит ее на более высокие формы сотрудничества. В результате такого подхода повышается уровень подготовки студентов и их успеваемость.

Влияние круговой подачи на шероховатость сферической поверхности детали

Попок Н.Н., Кунцевич И.П., Хмельницкий Р.С., Анисимов В.С.

Полоцкий государственный университет

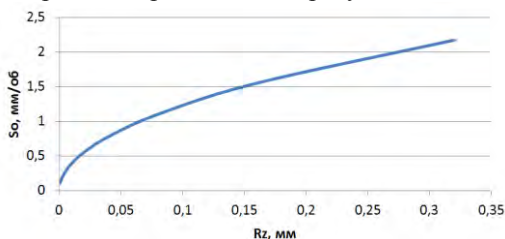
Процесс обработки сферических поверхностей деталей фрезерованием осуществляется при одновременном вращении инструмента и заготовки вокруг своих осей. В зависимости от формы обрабатываемой сферической поверхности оси вращения инструмента и заготовки могут быть расположены как под прямым углом, так и под углом не равным 90° . При этом круговая подача заготовки будет оказывать существенное влияние на формирование шероховатости сферической поверхности детали.

В связи с этим была поставлена задача вывести математическую формулу для определения величины круговой подачи, учитывающую геометрические параметры детали и инструмента. В результате была получена следующая зависимость для скорости круговой подачи:

$$S_o = \sqrt{\frac{-1 + \sqrt{1 + 64r^2 a^2}}{2a^2}},$$

где $a = \frac{2r + R_{сф}}{2 \cdot R_{сф} \cdot Rz} = \frac{4r + D_{сф}}{2D_{сф} \cdot Rz}$; r – радиус округления вершины лезвия инструмента, мм; $R_{сф} (D_{сф})$ – радиус (диаметр) сферической поверхности, мм; Rz – шероховатость сферической поверхности детали, мм.

Полученная зависимость позволяет рассчитать точное значение круговой подачи заготовки исходя из требуемой шероховатости сферической поверхности при заданных геометрических параметрах инструмента и детали. График изменения круговой подачи от шероховатости сферической поверхности представлен на рисунке.



Как видно из рисунка, при малых значениях подачи ($S_o=0-1$ мм/об) шероховатость поверхности интенсивно изменяется ($Rz=0-0,06$ мм) за счёт влияния радиуса округления вершины лезвия.

Зависимость круговой подачи
от шероховатости поверхности

Связь уравнения Клейна-Гордона с обыкновенными дифференциальными уравнениями

Самодуров А.А., Федорако Е.И.
Белорусский государственный университет,
Белорусский национальный технический университет

В работе [1] была установлена связь между решением уравнения Лиувилля

$$U_{xy} = K \exp U$$

и уравнением, описывающим явление, происходящее в условиях спонтанного высвечивания – сверхизлучательной лавины (СИЛ)

$$z''_{xx} + \alpha z'_x + K \exp z + \gamma = 0. \quad (1)$$

Покажем, что решения уравнения (1) связаны с решениями уравнения Клейна-Гордона

$$U_{xz} = G(U). \quad (2)$$

Для этого в уравнении (2) выполним замену переменных:

$$U = z + p(x, y), \quad x_1 = p_1(x, y), \quad y_1 = y, \quad (3)$$

где $z(x, y)$ – новая неизвестная функция, $p(x, y)$ и $p_1(x, y)$ – дважды непрерывно дифференцируемые функции.

В результате выполнения замены приходим к уравнению (1), где

$$f(x, z) = \frac{p''_{1xy}}{p'_{1x} \cdot p'_{1y}}, \quad \Phi(y, z) = \frac{F(z + p(x, y))}{p'_{1x} \cdot p'_{1y}}, \quad F(x, y) = \frac{P''_{xy}}{p'_{1x} \cdot p'_{1y}}.$$

Тогда если $z_0(x, y)$ – решение уравнения (1), то $U_0 = z_0 + p(x, y)$ является решением уравнения (2) при выполнении соотношений (3).

Таким образом, все решения обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка вида (1) находятся среди решений уравнений в частных производных (2) с точностью до замены переменных.

Решения уравнения (2) для различных видов правой части известны и приведены в пособии [2].

Литература

1. Самодуров А.А. О связи уравнения Лиувилля с уравнением сверхизлучательной лавины. //Дифференциальные уравнения. 1989. Т. 25. №2. С. 337.
2. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики. – М.: Физматлит, 2002. – 432 с.

Решение одного интегрального уравнения с нормированной функцией Бесселя в ядре

Скоромник О.В.

Полоцкий государственный университет

Рассматривается интегральное уравнение

$$\left(A_{a+;\sigma}^{\alpha,\lambda} f\right)(x) \equiv \int_0^x \frac{\left(x^\sigma - t^\sigma\right)^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \bar{J}_{(\alpha-1)/2}(\lambda(x^\sigma - t^\sigma)) \sigma t^{\sigma-1} f(t) dt = g(x), \quad x > a,$$

с действительными параметрами $\sigma > 0, \lambda > 0, 0 < \alpha < 1, \beta$, содержащее нормированную функцию Бесселя $\bar{J}_\nu(z)$ [1, § 37.1] в ядре.

Получено решение рассматриваемого уравнения в пространстве $L_p(a, b)$ – суммируемых функций на $[a, b] \subset \mathbb{R}$:

$$\begin{aligned} f(x) &= \left\{ \left(A_{a+;\sigma}^{\alpha,\lambda}\right)^{-1} g \right\}(x) = \left(A_{a+;\sigma}^{-\alpha,\lambda} g\right)(x) = A_{a+;\sigma}^{2-\alpha,\lambda} \left(I_{a+;x^\sigma}^{-2} + \lambda^2\right) g(x) = \\ &= \frac{1}{\Gamma(2-\alpha)} \int_a^x \left(x^\sigma - t^\sigma\right)^{1-\alpha} \bar{J}_{(1-\alpha)/2}(\lambda(x^\sigma - t^\sigma)) \left(\frac{d^2}{\sigma t^{\sigma-1} dt^2} + \lambda^2\right) g(t) dt. \end{aligned}$$

Введем пространства: $AC([a, b])$ – абсолютно непрерывных функций и $I_{a+}^\alpha(L_p(a, b)) := \left\{ g = I_{a+}^\alpha f, f \in L_p(a, b), 1 \leq p < \infty \right\}$ [1, §§ 1, 2].

Теорема. Пусть задано уравнение $\left(A_{a+;\sigma}^{\alpha,\lambda} f\right)(x) = g(x)$, $0 \leq a < x < b < \infty, 0 < \alpha < 1, \sigma > 0, \lambda > 0$; $g(x)$ – заданная на $[a, b]$ функции; $f(x)$ – искомая функция (в случае $a > 0$ полагается, что $f(x) = g(x) = 0$ при $0 < x < a$), тогда его решение f в классе $L_p(a, b), b < \infty$, существует и единственно, если $g(x) \in I_{a+;x^\sigma}^\alpha(L_p(a, b)), p \geq 1$. В случае $p = 1$ оно может быть представлено формулой (1), если еще выполняются дополнительные условия $g(x) \in AC([a, b]), g(a) = 0$.

Доказанное утверждение обобщает результаты, полученные ранее для соответствующего интегрального уравнения первого рода [1, § 37.1].

Литература

Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. Мн.: Наука и техника, 1987–688с.

Инновации в образовании

Федорако Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Задача современного образования – не только подготовить квалифицированного специалиста для той или иной отрасли производства, но и привить будущему работнику готовность стать активным участником инновационных преобразований в обществе. В этой связи очевидна необходимость реформирования традиционных моделей образования, направленных на усвоение и передачу информации, в сторону их большей гибкости, восприимчивости к инновациям.

Виды инноваций в образовании можно классифицировать в три группы:

- *инновация-процесс* – это технологическое и управленческое усовершенствование или создание принципиально нового процесса, повышающего эффективность и качество нового или существующего образовательного процесса;

- *инновация-продукт* – это новшество, имеющее физическую форму готового принципиально нового или усовершенствованного продукта, которое выходит в этой форме за пределы образовательной организации.

- *инновация-услуга* – это комплексное взаимодействие, деятельность, направленная на передачу знаний, умения и навыков общеобразовательного, профессионального характера потребителю с целью удовлетворения личных, групповых и общественных потребностей.

В качестве методологической основы инновационной политики могут выступать различные инновационные образовательные подходы: *деятельностный* подход, *проектный* подход, *компетентностный* подход.

Характерными чертами проектной деятельности являются: личностно-ориентированное взаимодействие, комплексный характер работы, возможности творчества, проблемность, вариативность, альтернативность, авторская позиция. Работа над проектом всегда направлена на разрешение некоторой проблемы. В качестве проблемы может рассматриваться теоретический или практический вопрос, требующий изучения и разрешения.

Основным средством реализации компетентностного подхода являются компетентностно-ориентированные задания (КОЗ). КОЗ включают в себя содержание и технологии обучения, преподавания и оценивания качества подготовки студентов в учебном процессе вуза, обеспечивающие эффективность формирования компетентностей студентов.

Инженерная математика

Моделирование растекания заряда в приповерхностных слоях Ge при лазерном воздействии

Гацкевич Е.И., Князев М.А., Гундина М.А., Тявловский К.Л.
Белорусский национальный технический университет

При воздействии коротких импульсов лазерного излучения на полупроводники происходит генерация неравновесных носителей заряда. Наиболее интересной здесь является ситуация, когда лазерным импульсом возбуждаются неравновесные заряды в локализованной области, поскольку по времени растекания заряда можно судить об электрических свойствах полупроводника. В настоящей работе проведено моделирование растекания заряда в приповерхностных слоях Ge при возбуждении неравновесных носителей заряда n сфокусированным пучком лазерного излучения. Моделировалась ситуация, когда начальная концентрация $n_0(x)$ описывается гауссовой функцией. Предполагалось, что концентрация неравновесных носителей распределена равномерно по толщине приповерхностного слоя. После окончания действия лазерного импульса происходит изменение концентрации носителей заряда в результате диффузии и рекомбинационных процессов.

Изменение концентрации заряда можно описать уравнением:

$$\frac{\partial n(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n(x,t)}{\partial x^2} - \beta_1 n - \beta_2 n^2 - \beta_3 n^3,$$

Здесь в правой части уравнения первое слагаемое обусловлено диффузией электронов и дырок с некоторым эффективным коэффициентом диффузии D , второе слагаемое соответствует убыли концентрации носителей за счёт безызлучательной рекомбинации, третье слагаемое описывает изменение концентрации за счёт излучательной рекомбинации. Четвертое слагаемое соответствует убыли в результате ударной рекомбинации (Оже-рекомбинации). В зависимости от концентрации носителей преобладающим является какой-либо из видов рекомбинации. Параметры β_i зависят от свойств полупроводника, наличия дефектов и примесей, а также от условия возбуждения носителей заряда.

Методом моделирования изучено влияние диффузионных и рекомбинационных механизмов (безызлучательная, излучательная и Оже – рекомбинация) на время растекания заряда в условиях импульсного лазерного возбуждения неравновесных носителей в Ge.

Литература

Взаимодействие лазерного излучения с веществом. / В.П. Вейко [и др.]. – М.: Физматлит, 2008.- 312 с.

**Разработка пользовательского интерфейса для программ
моделирования лазерно-индуцированных процессов
в тонкопленочных системах на диэлектрических
и полупроводниковых подложках**

Гацкевич Е.И., Гундина М.А., Князев М.А.,
Белорусский национальный технический университет

При моделировании лазерно-индуцированных процессов в системах тонкая пленка аморфного Ge на диэлектрических (кварц, сапфир) и полупроводниковых (Si, GaAs) подложках наряду с разработкой алгоритма вычислений важным является создание удобного пользовательского интерфейса, обеспечивающего контроль результатов вычислений и используемых параметров. Именно с этой целью была выбрана интегрированная среда Delphi, которая позволяет использовать готовые компоненты для создания интерфейса приложения.

Разработанный интерфейс включает основное и вспомогательное окна. В основном окне задаются параметры вычислений: плотность энергии облучения, длительность лазерного импульса, количество временных шагов за импульс и время окончания счёта. При нажатии кнопки «выполнить» начинаются вычисления, причем промежуточные результаты вычислений выводятся в окно справа.

По окончании вычислений результаты выводятся в виде графиков временных зависимостей температуры поверхности, температуры на границе пленка/подложка и глубины проплавления. Для того, чтобы контролировать правильность параметров системы пленка/подложка во вспомогательном окне выводятся данные по температурной зависимости параметров, а также зависимости температуры и параметров от координаты. Результаты вычислений записываются в файл, причем имя файла и папка для записи данных выбирается пользователем. При записи в файл автоматически создаются файлы, в которых записаны распределение температур по координате, а также зависимости физических параметров пленки и подложки от координат в заданные моменты времени и когда глубина плавления достигает максимума. Запись осуществляется в моменты времени соответствующие пику интенсивности лазерного импульса, окончанию импульса и времени достижения максимальной глубины плавления.

Отдельные приложения созданы для пленок Ge на полупроводниковых (Si, GaAs) и диэлектрических (SiO₂ и Al₂O₃) подложках.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ по проекту Ф16Р-069.

**Компьютерные тесты для проверки знаний студентов
по информатике**

Гундина М.А., Реутская О.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время для контроля знаний студентов широко применяется тестирование. Данная работа посвящена разработке компьютерных тестов по информатике. Для создания компьютерных тестов необходимо решение двух независимых задач: во-первых, выбор программного продукта, с помощью которого создаётся тест, во-вторых, разработка содержания теста, позволяющего наиболее полно оценить знания студентов по заданным темам.

Были разработаны два типа тестирования. Для тестирования первого типа использовалась программа «Kgrab», находящаяся в открытом доступе в сети Интернет. Программа устанавливалась в компьютерном классе. Тестирование проводилось в компьютерном классе по заранее составленному расписанию. На прохождение теста отводилось 15 минут. Второй вариант разрабатывался с помощью системы Online Test Pad, которая позволяет проводить online тестирование. Доступ в сеть интернет обеспечивался собственными электронными устройствами студентов: ноутбуками, планшетами, смартфонами.

Тестирование проводилось одновременно для нескольких групп. На выполнение теста отводилось 30 минут, принималось во внимание время, необходимое на загрузку заданий в сети Интернет. Тестирование проводилось по желанию студентов в компьютерном классе или online.

Тесты содержали по 30 вопросов, которые выбирались случайным образом из базы вопросов, аналогично, случайным образом выбирался порядок ответов. Таким образом, у каждого студента был свой индивидуальный тест. При выполнении теста студенту автоматически начислялись баллы за правильные ответы. Результаты выполнения тестов выставлялись на облаке и каждый студент мог сравнить свои результаты с результатами других студентов. Кроме того система Online Test Pad позволяла проводить эффективный анализ результатов тестирования по группам, а также выявлять наиболее сложные для выполнения задания.

Использование тестовых заданий позволило оценить уровень знаний каждого студента в отдельности, и группы целиком, определить объем и качество усвоения учебного материала, выявить пробелы в знаниях, оценить уровень достигнутых успехов.

Научный руководитель - Гацкевич Е.И.

**Методы маскирования информации
при передаче по каналам связи**

Бокуть Л.В., Деев Н.А.*

Белорусский национальный технический университет
Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси*

Для защиты речевой информации от прослушивания часто используются технические средства, разработанные на основе аналоговых методов скремблирования. При аналоговом скремблировании речевой сигнал можно преобразовывать по амплитуде, частоте и времени. Амплитудные преобразования при скремблировании не применяются из-за проблем точного восстановления амплитуды речевого сигнала при его обработке. При частотном преобразовании сигнала используются частотная инверсия сигнала, разбиение полосы частот речевого сигнала на несколько сегментов и частотная инверсия спектра в каждом сегменте относительно его средней частоты, разбиение частоты речевого сигнала на несколько сегментов и их частотные перестановки.

При временных преобразованиях производится разбиение сигнала на речевые сегменты и их перестановка во времени: инверсия по времени сегментов речи, временные перестановки сегментов речевого сигнала. При комбинированных методах преобразования сигнала используют одновременно несколько различных способов скремблирования.

Несмотря на высокое качество и разборчивость восстанавливаемой речи, аналоговые скремблеры обеспечивают лишь низкий или средний уровень защиты информации, но их практическая реализация проще и дешевле. При цифровом скремблировании предполагается дискретизация исходного аналогового сигнала и передача его основных компонент путем преобразования их в цифровой поток данных. Этот поток смешивается с некоторой псевдослучайной последовательностью, вырабатываемой ключевым генератором по одному из криптографических алгоритмов. Полученное таким образом сообщение с помощью модема передается в канал связи, на приемной стороне производятся обратные преобразования с целью получения открытого речевого сигнала. Реализация цифрового скремблирования на практике оказывается довольно сложной и дорогостоящей. Предлагается метод маскирования информации, основанный на формировании и обработке скремблированного частотно-модулированного сигнала, произведением двоичных последовательностей, одна из которых псевдослучайная с известным законом формирования, другая – случайная, формируемая с помощью источника физического шума и компаратора.

Автоматизированная система поиска и обработки документации

Бокуть Л.В., Соловей М.П., Алейников П.А.
Белорусский национальный технический университет
Белорусская государственная академия связи

В основе успешной деятельности любой организации лежит правильность и своевременность принятия решений ее руководством, гибкое реагирование на изменения ситуации на предприятии. Постоянный рост объемов информации, необходимой для принятия управленческих решений, приводит к тому, что приходится получать, обрабатывать и хранить документы в большем количестве, чем раньше. Традиционные методы работы с документами становятся при этом малоэффективными. Кроме того, в современных непростых экономических условиях может теряться гибкость в реагировании на изменения рынка, вследствие чего дальнейший рост компании останавливается. Правильно организованный процесс обработки и поиска документации позволяет избежать таких «болезней роста». В связи с этим актуальной является задача разработки автоматизированной системы для поиска и обработки документов, которые необходимы пользователю для работы. Внедрение автоматизированного поиска документации, позволит оптимизировать рабочий процесс, за счет уменьшения времени сотрудника на поиск необходимых документов на том или ином проекте. Несмотря на широкое разнообразие готовых продуктов данной области на рынке, разработка универсальной, недорогой системы для перевода организации с ручного поиска документации на автоматизированный поиск приведет к быстрой окупаемости за счет значительного снижения времени выполнения трудоемких операций. В системе реализованы: простой, понятный и удобный интерфейс, пошаговое добавление документов с добавлением автора, вывод всех добавленных записей, поиск документов, удаление и просмотр документов, открытие последнего просмотренного файла. Данная система использует бесплатную базу данных MySQL, что избавит организацию от дополнительных затрат на коммерческие программы.

После реализации данных функций, в дальнейшем, данная система имеет возможность расширения и улучшения. Для этого необходимо будет перевести всю базу данных с локальной машины на сервер, добавить управление ролями с определенными правами доступа, добавить подсчет количество записей на проекте, функцию подсчета время затрат на работу с документам.

Разработка проводилась с соблюдением принципов объектно-ориентированного программирования.

Романчук В.М.

Белорусский национальный технический университет

Существуют два основных способа сравнения размеров *физической величины*: оценка разности и отношения. Для каждого способа сравнения можно построить шкалу, в которой последовательные пары точек одинаково отличаются друг от друга. Тогда получим арифметическую и геометрическую последовательность координат точек шкалы. Номера точек будем называть рейтингом величины. Если мы измеряем *нефизическую величину*, то можем найти только рейтинг величины.

Эксперт не может сказать, на сколько или во сколько раз одно проявление нефизической величины больше или меньше другого. Поэтому приходим к выводу, что «единственным способом измерения нефизической величины является ее оценивание по шкале порядка».

Кроме того считаем, что выбрана упорядоченная группа объектов (опорные точки), которые «субъективно одинаково отличаются друг от друга». Например, пусть респондент сравнил три объекта с номерами $i=1, 2, 3$ и нашел, что «они одинаково отличаются друг от друга». Это означает, что рейтинг объектов можно принять $r_i=1, 2, 3$. Тогда, если экспериментатор просит респондента сравнить разность значений субъективных величин, респондент отвечает - «они одинаково отличаются друг от друга» и экспериментатор делает вывод, что $p_2-p_1=a$ и $p_3-p_2=a$. Если экспериментатор просит респондента сравнить отношения значений, респондент по-прежнему отвечает, что «они одинаково отличаются друг от друга» и экспериментатор приходит к выводу, что $q_2/q_1=b$, $q_3/q_2=b$. Причем, сравниваемые объекты в первом и втором случае одинаковы.

Рейтинг в нашей модели является объективной величиной, а значения субъективных величин зависят от способа интерпретации эксперимента, являются виртуальными.

В психологии существуют два различных подхода к измерению интенсивности ощущений путем построения психофизической функции - законы Фехнера и Стивенса. Психолог Фехнер считал, что он сравнивает разность значений близко расположенных величин, а математик Стивенс был уверен, что он рассматривает отношения значений величин. Поэтому мы можем проверить нашу модель, сопоставив законы Стивенса и Фехнера. Можно показать, что оба закона, при переходе от величины к рейтингу, совпадают с точностью до неизвестной постоянной (законы эквивалентны), что говорит о подтверждении предлагаемой модели оценивания.

Аппроксимация сингулярными вейвлетами

Романчук В.М., Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

В вейвлете варьируют значения параметра масштабирования a и параметра сдвига b :

$$\frac{1}{a} \psi \left(\frac{t-b}{a} \right). \quad (1)$$

В теории вейвлетов рассматривают скалярное произведение, действительной функции $f(t)$ и вейвлет функции (1), которое называют вейвлет-преобразованием:

$$Wf(b, a) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi \left(\frac{t-b}{a} \right) dt. \quad (2)$$

Можно показать, что если функция $\psi(x)$ в среднем равна нулю

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0, \quad (3)$$

то в преобразовании (2) «малый всплеск» приводит к «маленькой волне», т.е. функция $Wf(b, a)$ для малых a будет близка к нулю. Если базисный вейвлет $\psi(t)$ в среднем не равен нулю, то назовем такой вейвлет сингулярным. Если вейвлет является сингулярным («большой всплеск»), то преобразование $Wf(b, a)$ может привести к «большой волне», т.е. функция $Wf(b, a)$ не будет стремиться к нулю при малых a .

Аппроксимация сингулярными вейвлетами, основывается на регуляризации вейвлет преобразования (2) на основании формулы:

$$W(f - f(b))(b, a) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} (f(t) - f(b)) \psi \left(\frac{t-b}{a} \right) dt. \quad (4)$$

Если вейвлет не является сингулярным, то регуляризованное вейвлет преобразование (4) совпадает с вейвлет преобразованием (2). Но для сингулярного вейвлета «большой всплеск» по-прежнему будет приводить к «маленькой волне», т.е. функция $W(f-f(b))(b, a)$ для малых a будет близкой к нулю.

**Спектральное условие гамильтоновости сбалансированных
двудольных графов**

Бенедиктович В.И.
Институт математики НАН Беларуси

Пусть $G = (V(G), E(G))$ – простой неориентированный граф порядка n . Наибольшее собственное значение $\rho(G)$ его матрицы смежности $A = A(G)$ называется *спектральным радиусом* графа G . Цикл, проходящий через все вершины графа G , называется *гамильтоновым*. Граф G , содержащий гамильтонов цикл, называется *гамильтоновым*. Задача распознавания гамильтоновости заданного графа является *NP*-полной. Двудольный граф G называется *сбалансированным*, если его доли имеют одинаковое количество вершин. Для любых натуральных чисел $k \geq 1$ и $n \geq 2k + 1$ обозначим через B_n^k граф, полученный из полного двудольного графа $K_{n,n}$ удалением всех ребер его полного двудольного подграфа $K_{n-k,k}$. Отметим, что граф B_n^k негамильтонов.

Мы рассматриваем следующую проблему Брюалди-Золхайда.

Среди всех негамильтоновых сбалансированных двудольных графов G порядка $2n$ с минимальной степенью $\delta(G) \geq k$ найти максимальное значение спектрального радиуса.

Последний известный результат в решении этой проблемы был получен сравнительно недавно.

Теорема [1]. Пусть G сбалансированный двудольный граф порядка $2n$ и минимальной степени $\delta(G) \geq k \geq 1$. Тогда если $n \geq (k+1)^2$ и $\rho(G) \geq \rho(B_n^k)$, то G гамильтонов, кроме случая, когда $G = B_n^k$.

Нами получено усиление последнего утверждения в виде следующей теоремы.

Теорема 1. Пусть G – простой граф порядка $2n \geq k^3 + 4k + 2$ с минимальной степенью $\delta(G) \geq k \geq 2$, отличный от графа B_n^k . Тогда если его спектральный радиус $\rho(G) \geq \sqrt{n(n-k)}$, то граф G гамильтонов.

Литература

Li B., Ning B. Spectral analogues of Erdős' and Moon-Moser's theorems on Hamilton cycles. Linear and Multilinear Algebra. V.64, №11. P. 2252–2269. 2016.

Прихач Н.К., Прусова И.В.

Белорусский национальный технический университет

Методы обучения являются одним из важнейших компонентов учебного процесса. Без соответствующих методов деятельности невозможно реализовать цели и задачи обучения, достичь усвоения студентами определенного содержания учебного материала. Методы подразделяют по источникам передачи и характеру восприятия информации на словесные, наглядные и практические. В зависимости от задач, реализуемых на определенном этапе обучения, методы подразделяются на методы приобретения знаний, формирования умений и навыков, применения знаний, творческой деятельности, закрепления, проверки знаний, умений и навыков.

При целостном подходе необходимо выделить три большие группы методов обучения: 1) методы организации и осуществления учебно-познавательной деятельности; 2) методы стимулирования и мотивации учебно-познавательной деятельности; 3) методы контроля и самоконтроля за эффективностью учебно-познавательной деятельности.

В каждой из трех групп отражается взаимодействие преподавателей и студентов. Стимулирующее влияние со стороны преподавателя ведёт к развитию мотивации у обучающихся, т. е. внутреннему стимулированию обучения. Контролирующие действия со стороны преподавателя сочетаются с самоконтролем студентов.

Каждая из основных групп методов может быть подразделена в свою очередь на подгруппы и входящие в них отдельные методы. Поскольку организация и сам процесс осуществления учебного материала предполагают восприятие, осмысливание, запоминание учебной информации и практическое применение получаемых при этом знаний и умений, то в первую группу методов обучения необходимо включить методы словесной передачи и слухового восприятия информации (лекции), методы наглядной передачи и зрительного восприятия учебной информации (презентации, наглядные и раздаточные материалы), методы передачи информации посредством практических занятий.

Восприятие, осмысление и применение знаний может протекать под непосредственным руководством преподавателя, а также в ходе самостоятельной работы студентов. Другие методы обучения реализуются под руководством преподавателя. Это методы устного, письменного и лабораторно-практического контроля и самоконтроля.

Мелешко А.Н., Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

В экзаменационных заданиях с абсолютной величиной (модулем) оценивается понимание смысла этой величины, знание ее свойств и умение применять их при построении алгоритма решения, способность исследования всех возможных вариантов в задаче.

При разработке задания для тестирования с помощью использования свойств модуля и (или) других критериев задачу строим так, чтобы в ходе ее решения некоторые возможные случаи отсекались и, тем самым, сокращалось время выполнения задания.

Так как для тестирования составляется большое число вариантов одной и той же задачи, то удобно формулировать постановку задачи и проводить ее решение в общем виде с параметрами. Затем для каждого варианта параметрам подбираем конкретные числовые значения.

Выбор значений параметров должен подчиняться ряду требований: для каждого варианта единая структура решения, одинаковый объем операций, вычислений, которые должны быть не сложными, не громоздкими и т. д.

Приведем образец тестового задания.

Ставим задачу в общем виде с параметрами:

найдите сумму целых корней уравнения $|ax - |bx + c|| = dx + e$.

Выполняем решение в общем виде.

Уравнение имеет решения, если $dx + e \geq 0$, т. е. $x \geq -e/d$. При таких x числа b и c подбираем так, чтобы было $bx + c > 0$. Тогда получаем $|(a-b)x - c| = dx + e$.

Подбираем a, b, e так, чтобы выполнялось неравенство $e/(a-b) > -e/d$.

При этом, если $-e/d \leq x \leq e/(a-b)$, находим один корень уравнения $x_1 = (c - e)/(d + a - b)$, а если $x > e/(a-b)$, находим второй корень $x_2 = (c + e)/(a - b - d)$.

Вычисляем $x_1 + x_2$.

Замечание. Числа (параметры) a, b, c, d, e подбираются таким образом, чтобы решение задачи удовлетворяло указанным выше требованиям, и было именно так: по одному корню в каждом из двух интервалов, и числа x_1 и x_2 были целые.

Пример.

Для составленного уравнения $|7x - |3x + 17|| = 2x + 5$ по приведенному алгоритму находим корни $x_1 = 2$, $x_2 = 11$, $x_1 + x_2 = 13$.

**Методическое обеспечение по дисциплине «Математика»
для студентов экономических специальностей ПСФ БНТУ**

Кондратьева Н.А., Прихач Н.К.

Белорусский национальный технический университет

Современная экономическая теория и практика требует применения адекватных математических методов и моделей, использование которых позволяет получить количественные оценки различных экономических показателей и принять обоснованные экономические решения. Математический инструментарий, применяемый в экономике, огромен. Существует значительное разнообразие видов, типов экономико-математических моделей, пригодных для использования в управлении экономическими объектами и процессами и в той или иной степени применяемых на практике. Всюду, где возникает необходимость выбора среди множества вариантов, решения какой либо проблемы (получения максимальной прибыли, определение минимальных расходов), выбор наилучшего в каком-то смысле – там и возникают задачи математического программирования. Электронный учебно-методический комплекс подготовлен в соответствии с существующими требованиями и включает: теоретические сведения по дисциплине «Математика» в объеме, предусмотренном для студентов второго курса экономических специальностей заочного отделения ПСФ, контрольную работу, пример решения контрольной работы, тест для самопроверки знаний, а также вопросы к экзамену и список рекомендуемой литературы. Раздел «Теоретические сведения» включает учебный материал по части курса, в которой рассматриваются элементы математического программирования: «Классификация задач линейного программирования», «Графический метод решения задачи линейного программирования», «Симплекс-метод. Двойственность в линейном программировании», «Закрытая и открытая модели транспортной задачи». Учебный материал проиллюстрирован примерами, таблицами и графиками, доступен для самостоятельного изучения. Предложенный вариант контрольной работы составлен для проверки знаний студентов по теоретическому курсу четвертого семестра изучения дисциплины «Математика» для экономических специальностей и предоставляет преподавателю возможность широкого выбора при подготовке заданий для студентов. ЭУМК предназначен для преподавателей и студентов при изучении элементов математического программирования, способствует сознательному усвоению теоретических основ и формированию у студентов устойчивых интересов к математике и применению ее на практике.

Алгоритмические аспекты криптосистемы Рабина

Крупенкова Т.Г., Липницкий В.А.
Белорусский национальный технический университет
Военная академия Республики Беларусь

Данная криптосистема является результатом переосмысления криптосистемы RSA. Рабин М. заинтересовался вопросом выбора ключа e в криптосистеме RSA. Там e всегда взаимно просто с $\varphi(n)$ и, в частности, всегда нечётно. А что произойдёт, если взять чётным? Да, а если возьмём наипростейший случай $e=2$? В результате подробного рассмотрения неожиданно и появилась рассматриваемая здесь криптосистема Рабина.

Пусть p и q – два различных простых числа. Пусть $N = pq$. Зафиксируем число B , $0 \leq B < N$. Пара $\{N, B\}$ есть пара открытых ключей криптосистемы Рабина. Сообщение c рассматривается как элемент кольца Z/NZ и шифруется формулой: $m = c(c+B)(\text{mod } N)$. Расшифровка здесь представляет гораздо более сложную процедуру даже для законного получателя криптотекста. Фактически, сообщение c есть один из корней квадратного уравнения $x^2 + Bx - m = 0$ в кольце Z/NZ . В этом кольце 2, очевидно, является обратимым элементом. Поэтому для решения данного квадратного уравнения вполне пригодны стандартные формулы: $x = (\sqrt{\frac{B^2}{4} + m} - \frac{B}{2})(\text{mod } N)$. Разумеется, деление на 2 здесь

реализуется умножением на $2^{-1} \in (Z/NZ)^*$. Сложность этих вычислений в том, что из каждого квадрата в данном кольце Z/NZ извлекаются 4 различных корня. И лишь один – верный. Как на него указать адресату – дополнительная проблема.

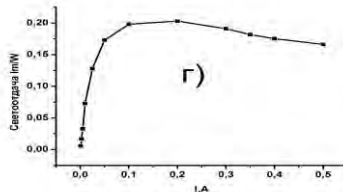
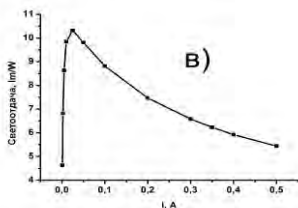
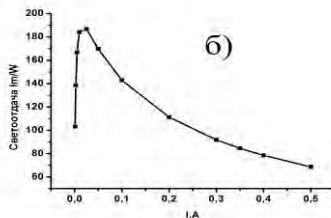
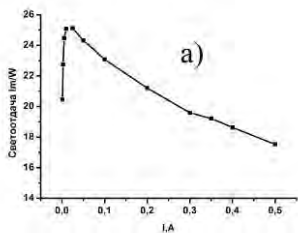
Другая проблема – как найти быстро квадратные корни из данного элемента кольца Z/NZ – в общем случае остаётся открытой. Существенно облегчает её решение знание делителей числа N . Тогда можно воспользоваться китайской теоремой об остатках и формулой Гарнера. Поэтому сложность взлома криптосистемы Рабина такая же, как и криптосистемы RSA.

Физика

Световая отдача светоизлучающих диодов различных цветов

¹Бобученко Д.С., ²Трофимов Ю.В., ²Цвирко В.И.¹Белорусский национальный технический университет²РНПУП Центр светодиодных и оптоэлектронных исследований НАНБ

Одним из основных показателей эффективности и экономичности источников света является световая отдача. Световая отдача источника света – это отношение излучаемого источником светового потока к потребляемой им электрической мощности. В Международной системе единиц (СИ) измеряется в люменах на ватт (лм/Вт). В данной работе в качестве объектов измерений выбраны светоизлучающие диоды фирмы HELIO Optoelectronics Corp. (номинальной мощностью 1 Вт) ультрафиолетового, синего, зеленого и красного диапазонов свечения. Измеренная зависимость квантовой эффективности светодиодов от тока для данных светодиодов примерно одинакова и для тока 0,5 А лежит в интервале 15-30 %. Но световая отдача существенно отличается. На рисунке представлены зависимости световой отдачи от тока для этих светодиодов. По световой отдаче самыми эффективными являются светодиоды зеленого, затем красного, синего, ультрафиолетового свечения. Это обусловлено различными спектрами излучения, и необходимо учитывать при использовании светодиодов в качестве источников света.



Светоотдача (Lm/W) от тока светодиодов Helio для красного(а), зеленого (б), синего (в) и ультрафиолетового (г) свечения.

**Сравнительный анализ различных методов искусственной
деградации светоизлучающих диодов, применяемых
для прогнозирования их срока службы**

¹Бобученко Д.С., ²Трофимов Ю.В.

¹Белорусский национальный технический университет
²РНПУП Центр светодиодных и оптоэлектронных исследований НАН Б

Целью работы являлась разработка комплекса методов быстрой деградации светоизлучающих диодов (СИД), позволяющих заменить долговременные испытания по определению срока службы, и методов выявления потенциально ненадежных СИД.

Использовалось облучение быстрыми (4 МэВ) электронами, воздействие ультразвуком и экстремальными токами. В результате выполнения работы

разработан метод быстрой деградации СИД с использованием ультразвукового воздействия и установлены закономерности изменения их электрических, оптических и тепловых свойств при данной обработке;

обнаружено, что ультразвуковая обработка может приводить к сильным изменениям свойств СИД, происходящим из-за развития или модификации ультразвуком протяженных дефектов СИД, находящихся в области $p-n$ -переходов.

установлены закономерности изменения электрических, оптических, тепловых свойств СИД, а также изменения оптических свойств полимерных линз СИД при облучении;

разработан метод выявления потенциально ненадежных светоизлучающих диодов по измерениям переходных электрических процессов при нагреве короткими импульсами большого тока (выше предельно допустимого).

Предлагаемые методы быстрой деградации светоизлучающих диодов позволяют существенно сократить время их испытаний для оценки их потенциальной надежности и срока службы в отличие от традиционных ускоренных испытаний с использованием высоких температур и рабочих токов и проводимых в течение нескольких месяцев. Метод выявления потенциально ненадежных светоизлучающих диодов по измерениям переходных электрических процессов при нагреве короткими импульсами большого тока является новым.

Работа выполнена в рамках НИР ГБ 14-69. Результаты целесообразно использовать при оценке надежности СИД при входном контроле светодиодов сборки осветительных устройств.

**Анализ механизмов деградации слоя пайки мощных транзисторов
КП723 и КП7209 при термошоковых воздействиях**

Бумай Ю.А., Васьков О.С., Нисс В.С.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы состояла в оценке влияния циклических колебаний температуры на тепловое сопротивление мощных транзисторов КП723 и КП7209 в металлокерамическом корпусе КТ-97В, в связи с чем проведены испытания данных транзисторов на термоудары (5 минут при $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 минут $200\text{ }^{\circ}\text{C}$). Монтаж кристаллов транзисторов на корпус осуществлялся на припой ПОС-40.

Изменение теплового сопротивления связано с развитием дефектов пайки - пустот и неприпаянных областей. При использовании припоя транзисторы в корпусе без термокомпенсатора показали значительный рост теплового сопротивления уже через 100 термоударов, а после 200 циклов уже все образцы имеют превышение допустимого уровня теплового сопротивления. Применение термокомпенсаторов позволило существенно повысить устойчивость к термоударам. При термокомпенсаторе из MD-40 транзисторы остались работоспособными даже после воздействия 500 термоударов, хотя среднее значение теплового сопротивления возросло на 47 %. В то же время при использовании термокомпенсатора из MD-50 оно возросло всего лишь на 10 %.

Установлено, что посадка кристаллов на припой при оптимальной температуре $390\text{--}400\text{ }^{\circ}\text{C}$ обеспечивает наиболее равномерное растекание припоя под кристалл и с наименьшими дефектами в виде пустот, что способствует большей стабильности. При температуре выше $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ олово, как наиболее легкоплавкий элемент припоя начинает «кипеть», что способствует образованию больших пустот в слое пайки, а при температуре менее $390\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдается ухудшение растекания припоя.

Обнаружено, что при испытаниях на термоудар в паяном соединении под кристаллом транзистора без термокомпенсатора реализуются большие градиенты температур из-за высокой теплопроводности нижележащего слоя (медной подложки). Это вызывает сильные механические напряжения, приводящие к частичному отслаиванию кристалла. В случае наличия термокомпенсатора, который обладает меньшей теплопроводностью, градиенты оказываются меньше, что позволяет избежать данного эффекта. Для транзисторов с разными термокомпенсаторами наилучшие результаты получены для MD-50.

Эволюция разностных спектров теплового сопротивления мощных МОП транзисторов КП723 и КП7209 при воздействии высокоинтенсивных термоударов

Бумай Ю.А., Васьков О.С., Нисс В.С.

Белорусский национальный технический университет

Для исследования деградации структуры теплового сопротивления мощных транзисторов КП723 и КП7209 после термоударов (5 минут при $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 минут $200\text{ }^{\circ}\text{C}$) применена методика, основанная на методе тепловой релаксационной дифференциальной спектрометрии (ТРДС) и позволяющая обнаружить малые изменения в структуре теплового сопротивления (до $0,01\text{ К/Вт}$) исследуемых приборов [1].

Выявлено, что при термоиспытаниях в транзисторах происходит тепловая деградация слоя посадки кристалла, в то время как остальные компоненты теплового интерфейса образцов подвержены слабым изменениям. По виду разностных спектров методика позволила идентифицировать и разделить вклад как плоских, так и объемных дефектов слоя посадки.

Во всех исследованных транзисторах наблюдался последовательная деградация теплового сопротивления после воздействия термоударов. Наименьший рост $3\text{--}6\%$ после 600 термоударов зафиксирован в транзисторах КП7209 в корпусе TO254 с термокомпенсатором МД50 с посадкой кристалла на эвтектику AuSi. В тоже время подобные транзисторы, но с термокомпенсатором МД40, показали худшие результаты, как по уровню исходного теплового сопротивления, так и его роста. Образцы с термокомпенсатором выдержали без отказа 500-600, а без него 100-200 термоударов. Обнаружено, что в транзисторах с термокомпенсатором МД40 и без термокомпенсатора дефекты, определяющие тепловое рассеяние, находятся на границе кристалл-припой, а с термокомпенсатором МД50 на границе припой-термокомпенсатор.

Литература

Бумай, Ю.А. Методика электротепловой спектрометрии для исследования малых изменений теплового сопротивления полупроводниковых приборов при термоиспытаниях / Ю.А. Бумай, О.С. Васьков, В.К. Кононенко, В.С. Нисс, А.Ф. Керенцев, А.Н. Петлицкий, Я.А. Соловьев // Материалы и структуры современной электроники: сб. тр. VII Междунар. науч. конф., Минск, 12–13 окт. 2016 г. /Белорус. гос. ун-т. – Минск: БГУ, 2016. – С. 34–37.

Кооперативная ап-конверсия в оксифторидной стеклокерамике с наноразмерными кристаллами дифторида свинца

¹Вилейшикова Е.В., ²Рачковская Г.Е., ²Захаревич Г.Б.

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный технологический университет

Оксифторидные стекла характеризуются неоднородной структурой по причине относительно слабой растворимости фтора в оксидной матрице [1, 2]. Наличие в стекле микрообластей, обогащенных фторсодержащими группами: фторидов и оксифторидов металлов, приводит к тому, что концентрация иттербия в этих областях, введенного в матрицу как YbF_3 , оказывается достаточной для возбуждения димера $\text{Yb}^{3+}\text{-Yb}^{3+}$ в состояние с энергией $2E(^2F_{5/2})$. В работе исследована кооперативная ап-конверсия в оксифторидной стеклокерамике, содержащей наноразмерные ($\sim 5\text{-}10$ нм) кристаллы Eu^{3+} , Tb^{3+} , $\text{Yb}^{3+}\text{:PbF}_2$. На рис. 1,а приведены спектры люминесценции кооперативной ап-конверсии (АКЛ) исходного и термообработанного при 400°C стекла. В процессе кристаллизации фазы PbF_2 , в спектрах наблюдается перестройка интенсивностей между полосами АКЛ ионов Eu^{3+} и Tb^{3+} .

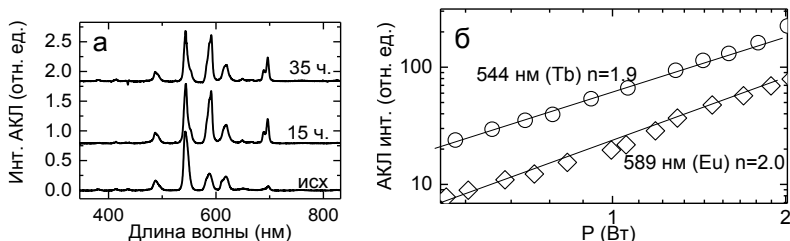


Рис. 1 Спектры АКЛ оксифторидного стекла, активированного (Eu^{3+} , Tb^{3+} , Yb^{3+}) (а), зависимости интенсивности АКЛ от поглощенной мощности излучения накачки (б)

Для определения механизмов наблюдаемой ап-конверсии были зарегистрированы зависимости интенсивности АКЛ от поглощенной мощности излучения накачки, рис. 1,б, характер которых оказался близким к квадратичному, $\sim P^2$, что соответствует кооперативному процессу второго порядка. Синтезированные стеклокерамики обладают перспективами для разработки на их основе мультицветовых ап-конверсионных люминофоров.

Синтез и спектроскопические характеристики фторцирконатных и фторгафнатных стекол системы $Zr(Hf)F_4-BaF_2-LaF_3-AlF_3-NaF$, активированных ионами Er^{3+}

¹Вилейшикова Е.В., ²Лойко П.А., ³Бреховская М.Н.

¹Белорусский национальный технический университет,

²Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

³Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской академии наук, Москва

Фторцирконатные и фторгафнатные стекла относятся к перспективным прозрачным оптическим материалам с низкочастотным положением спектра фононов. В настоящей работе исследованы стекла системы $Zr(Hf)F_4-BaF_2-LaF_3-AlF_3-NaF$, активированные ионами Er^{3+} , с целью определения перспектив разработки на их основе прозрачной стеклокерамики. Стекла были синтезировали в графитовых гнездах с пиролитическим углеродным покрытием при температуре 730-740 °С, после чего стекла охлаждались в холодной части печи с температурой 150 °С. Исследования спектров оптического поглощения проводилось на спектрофотометре Cary 5000 в спектральной области 200-2800 нм и в области 2000-8000 cm^{-1} на фурье-спектрофотометре Bruker Vertex-70. Зарегистрированные спектры приведены на рисунке. Исследуемые стекла характеризуются достаточно большой областью прозрачности, которая определяется в ИК-области спектра поглощением ОН-групп и колебательными переходами высокофононных составляющих, а в коротковолновой области спектра – шириной запрещенной зоны матрицы. В ближней ультрафиолетовой области спектра все исследуемые образцы стекол характеризуются сильным поглощением $\alpha > 100 cm^{-1}$, которое ассоциируется с прямым межзонным переходом. Исследуемые матрицы характеризуются относительно высокими значениями $E_g > 3.39$ эВ. В области 200–2500 нм наблюдается множество узких пиков поглощения, спектральное положение которых характерно для переходов ионов трехвалентного эрбия, Er^{3+} . В спектре ИК поглощения в области 2000–4000 cm^{-1} наблюдается слабая ($< 0.1 cm^{-1}$) полоса, относящаяся к колебаниям ОН групп в стекле. Несущественное поглощение в этой области, вместе с хорошей прозрачностью в ближней УФ области спектра, говорит о перспективности исследованных стекол как оптических матриц для разработки люминесцентных и лазерных материалов.

**Температурные зависимости концентрации носителей заряда
в полупроводниковых пленках $Pb_xSn_{1-x}Te$**

¹Иванов В.А., ¹Малаховская В.Э., ¹Красовский В.В., ²Гременок В.Ф.

¹Белорусский национальный технический университет

²ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Полупроводниковые соединения $PbSnTe$ являются перспективными материалами для приборов ИК-оптоэлектроники и эффективных термоэлектрических устройств. Целью настоящей работы было исследование температурных зависимостей концентрации носителей заряда в полупроводниковых пленках $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($0,05 \leq x \leq 0,80$) в температурном интервале 100–400 К. Температурные зависимости концентрации носителей заряда определялись из температурных зависимостей электропроводности и подвижности носителей заряда. Подвижность носителей заряда определялась методом Холла в магнитном поле 1,72 тесла. Исследованные пленки получены на стеклянных подложках термическим вакуумным нанесением методом «горячей стенки». Все полученные пленки p -типа проводимости толщиной 1,0–3,0 мкм были поликристаллическими, однофазными и имели кубическую структуру.

В результате исследования установлено, что концентрация носителей заряда с ростом температуры медленно уменьшается, что свидетельствует о металлическом характере электропроводности. На пленках с различной концентрацией атомов свинца скорость уменьшения концентрации различная. Если для пленок с небольшой концентрацией атомов свинца с ростом температуры концентрация носителей заряда уменьшается интенсивно, то для относительно больших концентраций свинца она уменьшается относительно медленно и даже для отдельных образцов наблюдается небольшое температурное повышение концентрации носителей заряда с ростом температуры. С ростом в пленке концентрации атомов свинца металлический характер электропроводности начинает проявляться при более низких температурах. При небольших температурах рассеяние носителей заряда происходит на различных дефектах, а с повышением температуры начинает преобладать механизм рассеяния носителей на тепловых колебаниях решетки.

Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания ИК-фотоприемников и тонкопленочных ветвей термоэлектрических преобразователей.

Исследование лазерно-модифицированных пленок CdS-CdSe

Ивлев Г.Д., Манего С.А., Гацкевич Е.И.
Белорусский национальный технический университет

Поликристаллические полупроводниковые пленки на основе твердых растворов CdS-CdSe обращают все большее внимание в связи с возможностью их применения в качестве фотовольтаических приборов. Однако требования к улучшению совершенства кристаллической структуры и снижению скорости поверхностной рекомбинации на границах зерен остаются актуальными, поэтому, целью данного исследования является поиск новых методов улучшения фотоэлектрических характеристик пленок. Одним из таких методов является модификация поликристаллической структуры пленок путем воздействия на них мощного лазерного излучения. С этой целью использовалось моноимпульсное излучение рубинового лазера на длине волны 0,694 мкм в интервале плотности энергии (W) от 0,05 до 0,15 Дж/см². Исследовались зависимости фоточувствительности (ФЧ) и фотолюминесценции (ФЛ) облученных пленок от величины W .

Анализ спектров люминесценции поликристаллических пленок CdS_xSe_{1-x} (0,2 < x < 0,5) показал, что при 4,2 К и 293 К наблюдаются широкие краевые полосы люминесценции (КПЛ). Краевые полосы имели длинноволновые плечи, что говорит о присутствии излучательных переходов связанных с примесью и флуктуациями основного состава. Наиболее ярко, флуктуация основного состава наблюдается в пленках твердого раствора CdS_{0,5}Se_{0,5}, обуславливающих широкие полосы, ответственные за излучательные переходы в микрообъемах CdS и CdSe. Обнаружено перераспределение интенсивностей полос А ($\lambda_1=930$ нм) и В ($\lambda_2=1180$ нм) пленок CdS_{0,2}Se_{0,8} при изменении плотности энергии лазерного воздействия. Так в диапазоне плотностей энергии 0,05-0,13 Дж/см² происходит интенсивное формирование дефектов ответственных за полосу В, дальнейшее увеличение плотности энергии 0,15-0,25 Дж/см² к заметному уменьшению концентрации дефектов обуславливающих полосы А и В. Анализ величины ширины запрещенной зоны, температурной зависимости этих полос, условий получения и лазерного воздействия позволяют предположить, что полоса А связана с вакансией селена (V_{Se}) и серы (V_S). Аналогичные полосы наблюдали после термического отжига поликристаллических пленок и монокристаллов CdSe, а полоса В обусловлена взаимодействием вакансий серы и селена с кислородом и/или с атомами меди.

Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

Конкурентоспособность светодиодных (СД) осветительных приборов, несмотря на такие их достоинства как долговечность, экологичность и низкое напряжение питания, снижает высокая себестоимость их производства. Существует несколько способов получения светодиодов белого свечения, из которых наиболее рентабельным является нанесение на InGaN-светодиод, излучающий в полосе длин волн 440–470 нм, фотолуминофора (ФЛ) с широкой спектральной полосой излучения с максимумом в желтой области спектра. Для улучшения индекса цветопередачи возможно применение двухкомпонентного ФЛ с максимумами спектральных полос в желто-зеленой и красной областях соответственно или трехкомпонентного в комбинации с УФ СД.

Однако на сегодняшний день реализован лишь первый из названных вариантов, где ФЛ представляет собой алюмоиттриевый гранат, активированный церием, $Y_3Al_5O_{12}:Ce$. Такой ограниченный выбор ФЛ обусловлен очень высокой плотностью мощности возбуждения при ближнем конформном расположении люминофора, которая для СД 1 Вт с площадью чипа 1×1 мм² составляет порядка 2500 Вт/см³. Чтобы ФЛ-конвертор работал эффективно, необходима высокая концентрация активаторных центров и, в особенности, очень малое время их послесвечения. Частное от этих величин представляет так называемый концентрационно-кинетический критерий, который для названного люминофора составляет порядка $8 \cdot 10^{25}$ см⁻³с⁻¹ и значительно превышает объемную плотность возбуждения, составляющую около $2 \cdot 10^{22}$ см⁻³с⁻¹, в то время, как для таких широко применяемых в других осветительных устройствах люминофоров (ZnCd)S:Cu,Au или Y₂O₂S:Eu этот критерий не превышает $1 \cdot 10^{20}$ см⁻³с⁻¹.

Значительно расширить ряд ФЛ, пригодных для создания светодиодных осветительных устройств позволяет переход от ближнего расположения к геометрии удаленного люминофора, так как в этом случае значительно снижается объемная плотность возбуждения ФЛ. Более того, как показывают расчеты, применение такой геометрии позволяет получить энергетический выигрыш до 30 % в результате лучшего вывода излучения из светоизлучающей структуры. Следует учитывать также необходимость спектрального совмещения полосы возбуждения ФЛ со спектральной полосой излучения светодиодной геттероструктуры.

Новые керамические люминофоры на основе гранатов $\text{Ca}_2\text{YSc}_2\text{GaSi}_2\text{O}_{12}$, активированных ионами Eu^{3+}

¹Лойко П.А., ²Хайдуков Н.М., ³Юмашев К.В.

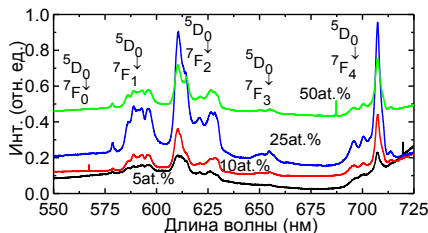
¹Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

²Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской академии наук, Москва

³Белорусский национальный технический университет

Керамические люминофоры, активированные ионами Eu^{3+} на основе редкоземельных гранатов характеризуются широкой температурной структурной устойчивостью и высокой эффективностью возбуждения люминесценции в видимой области спектра. В настоящей работе исследованы структурные и люминесцентные свойства люминофоров на основе гранатов $\{\text{Ca}_2\text{Y}_{1-x}\text{Eu}_x\}[\text{Sc}_2](\text{GaSi}_2)\text{O}_{12}$. На рис. 1 приведены спектры люминесценции образцов при возбуждении на длине волны 488 нм. В спектре наблюдаются полосы при 575 (${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_0$), 587 (${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_1$), 611 (${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$), 650 (${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_3$), 690 нм (${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_4$).

Электрический дипольный (ED) переход ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$ ионов Eu^{3+} является гиперчувствительным к симметрии локального окружения, в отличие от магнитного дипольного (MD) ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_1$. В зависимости от симметрии локального окружения и степени ее искажения, отношение интенсивностей $R = I_{\text{ED}}/I_{\text{MD}}$ различно. Параметр $R = 0.36 < 1$ согласуется с симметричными представлениями о координации ионов Eu^{3+} в позициях симметрии D_2 .



Спектры люминесценции редкоземельных гранатов $\{\text{Ca}_2\text{Y}_{1-x}\text{Eu}_x\}[\text{Sc}_2](\text{GaSi}_2)\text{O}_{12}$, активированных ионами Eu^{3+}

Для всех образцов цвет люминесценции – красно-оранжевый с высокой чистотой цвета ($\rho > 99\%$), цветовые координаты: ($x = 0.625$, $y = 0.374$), доминантная длина волны $\lambda_d = 598.1$ нм. Синтезированные материалы перспективны для разработки керамических люминофоров красной области спектра.

Анализ спектров люминесценции светодиодов с малым телом свечения

Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

Исследования проблемы эффективного контроля и диагностики состояния сложных светодиодных устройств (СУ) являются чрезвычайно актуальными на современном уровне развития техники, поскольку существенный рост сложности создаваемого оборудования и эксплуатация его в условиях напряженного режима функционирования выдвигают качественно новые требования к методам контроля и диагностики. Таким образом, высоконадежные светоизлучающие устройства (СУ) требуют наличия составных компонентов, обладающих высокой надежностью, сохраняющейся на этом уровне в течение всего времени эксплуатации СУ. В работе для получения объективной информации о надежности СУ содержащих СИД с МТС, с учетом комплексного влияния всех воздействующих факторов, была проведена количественная оценка изменения параметров спектров электролюминесценции СИД с МТС, созданных на основе чипа ELC-645-29-20 фирмы EPIGAP Optoelectonik GmbH в корпусе КТ-1-4.04НБ (40 шт., $\lambda = (600-700)$ нм, $I = 10$ мА, $T = 80^\circ\text{C}$ и 110°C , $t = 1400$ ч), подвергнутых термоэлектрическому отжигу.

Анализ экспериментальных данных показал, что краевые полосы люминесценции соответствуют стандартным форм-факторам (гауссовым и лоренцевым уширениям). Для описания реальных спектров электролюминесценции светодиодов применялся форм-фактор в виде $1/\text{ch}(\delta)$ с экспоненциальными асимптотами

$$I(\delta) = 2 / [\exp(\delta / \varepsilon_1) + \exp(-\delta / \varepsilon_2)],$$

где δ – частотная расстройка.

Расчеты показывают, что для светодиодов фирмы EPIGAP Optoelectonik GmbH (ELC-645-29-20) ($\varepsilon_1 = 0.0510$ эВ и $\varepsilon_2 = 0.0482$ эВ). Ширина спектра на половине максимума $\Delta h\nu = 46$ мэВ. Оценка эффективного релаксационного времени ~ 6.3 фс, т.е. данный форм-фактор относится к не-марковскому процессу релаксации. Определяя константы ε_1 и ε_2 асимметричных экспоненциальных асимптот в процессе термоэлектрического отжига, можно, провести сравнительный анализ изменения этих информационных параметров, т. е. исследовать деградационные процессы и использовать их для прогнозирования надежности СИД с МТС.

Свойства слоев кремния, имплантированных аргоном¹Просолович В.С., ¹Янковский Ю.Н., ²Черный В.В.¹Белорусский государственный университет²Белорусский национальный технический университет

Ионная имплантация (ИИ) аргона в кремний представляет интерес как с точки зрения формирования внутренних геттеров технологических примесей (ТП), так и с точки зрения возможности прецизионного управления профилями распределения основных легирующих примесей. ИИ Ag^+ проводилось с энергиями $E = 50$ кэВ, 100 кэВ и 46.9 МэВ дозами $1 \cdot 10^{12} - 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ в пластины Si *n*-типа. Процессы генерации, трансформации и отжига дефектов, а также активации и диффузии примесей в имплантированных слоях в процессе термического отжига (ТО) исследовались методами измерения эффекта Холла, резерфордского обратного рассеяния, масс спектрометрии вторичных ионов, ИК поглощения и нейтронно-активационного анализа.

Установлено, что при ИИ Ag^+ с $E=50$ и 100 кэВ максимум распределения радиационных дефектов (РД) находится на глубине 0.8 - 0.9 R_p . При этом предварительная ИИ B^+ приводит как к увеличению концентрации РД в имплантированном слое, так и к уширению их профиля распределения. При ИИ Ag^+ с $E=46.9$ МэВ наблюдается две области радиационных нарушений. Первая – 0.3 R_p содержит повышенную концентрацию дивакансий. Вторая – 0.8 - 0.9 R_p содержит области разупорядочения. При ТО слоев, имплантированных Ag^+ с $E=50$ и 100 кэВ, с уменьшением концентрации РД наблюдается диффузия к поверхности наряду с диффузией Ag. Предполагается, что миграция Ag происходит совместно с диффузией точечных дефектов из областей их максимальной концентрации. Отжиг при $T > 950$ °С приводил к практически полному отжигу РД и электрической активации предварительно внедренной примеси бора.

При отжиге в печи слоев кремния, имплантированных ионами Ag^+ с $E=46.9$ МэВ, смещения максимума профиля Ag отмечено не было. При ТО $T > 1000$ °С наблюдалось уширение профиля распределения, обусловленное диффузией Ag по объему. При быстром ТО ($T=1000$ °С, 30 сек.) форма профилей распределения Ag не изменялась. Исследование поведения ТП показало, что при различных ТО наблюдается их перераспределение. При этом форма профилей практически соответствовала профилю распределения аргона. Данный экспериментальный факт позволяет заключить об их эффективном геттерировании аргоном.

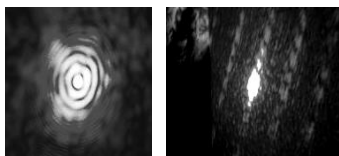
Применение дифракционного анализа для определения состава продуктов тонкого измельчения

Развин Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В ряде технологических процессов широко используются методы диспергирования, в результате которых формируются дисперсные среды в виде микрочастиц различных размеров и геометрии. Совершенствование процессов диспергирования связано с разработкой новых методов анализа для определения содержания частиц различных размеров. Эффективность известных методов анализа заметно снижается при микронных размерах частиц. Целью данной работы является исследование возможности применения дифракционных методов для определения состава продуктов тонкого измельчения.

Были разработаны соответствующие модели, описывающие достаточно точно исследуемые структуры. В расчетах распределения интенсивности излучения при дифракции на микрочастицах были рассмотрены варианты различного их взаимного расположения. Дифракционная картина, создаваемая большим числом беспорядочно распределенных частиц круглого сечения, совпадает с дифракционной картиной, соответствующей одной частицы. Хаотичность распределения частиц исключает возможность получения систематического интерференционного эффекта между световыми пучками, дифрагировавшими на разных частицах. Получены расчетные формулы, позволяющие проводить оценку размеров микрочастиц. В качестве моделей частиц в экспериментах использовались стеклянные микросферы, различные образцы микрочастиц восстановленного железа и цемента.



Дифракция зондирующего излучения на различных образцах исследуемых сред

На экране возникает периодическое распределение интенсивности света в виде концентрических колец (для сферической микрочастиц) или более сложной формы (для частиц прямоугольного сечения). Также выполнялись микроскопические исследования. Качественное сравнение результатов выполненных исследований используемых образцов подтверждает перспективность дифракционного метода.

Исследование полупроводниковых приемников инфракрасного излучения

Развин Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Инфракрасное излучение наиболее широко применяется в системах дистанционного управления, слежения, системах обеспечения безопасности и т.д. Незаменимыми элементами таких систем являются приемники ИК-излучения. В данной работе проведено сравнительное исследование режимов работы ряда полупроводниковых приемников инфракрасного излучения: фоторезистора, фотодиода и фототранзистора, а также интегрального ИК-модуля. Для выполнения экспериментов была собрана установка, позволяющая проводить исследования по осциллографической методике.

Фоторезисторами являются полупроводниковые приборы, проводимость которых изменяется под действием падающего на них оптического излучения. В работе использовались образцы фоторезисторов серии ФКС, отличающиеся размерами и геометрией фоточувствительных площадок. Были определены темновые характеристики исследуемых образцов, их чувствительность и получены зависимости временных параметров от уровня освещенности и рабочего напряжения. Фотодиоды и фототранзисторы являются приемниками ИК-излучения с р-п-переходом. Такие ИК-приемники характеризуются повышенной чувствительностью и быстродействием в сравнении с фоторезисторными. В работе применялись кремниевые фотодиоды ФД-7, ФД-17 и ФД-25 и фототранзисторы серии ФТ-2. Исследование данных ИК-приемников проводилось в режимах постоянной и импульсной засветки.

В работе проведены сравнительные оценки рабочих характеристик традиционных ИК-приемников типа КДФ-111В и ФД-265 и ИК-модуля



HS0038A2. На рисунке приведена функциональная схема данного модуля, в котором фоточувствительным элементом является pin – диод. Форма корпуса ИК-модуля способствует фокусировке принимаемого

излучения на чувствительную поверхность фотодиода. Данная интегральная схема обеспечивала приём оптического сигнала на расстоянии ~ 30 м от источника ИК-излучения.

**Практическое применение эффектов поляризационной динамики
лазерных систем**

Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе на примере апробированных в эксперименте математических моделей лазеров класса А и класса В обозначены возможные (помимо лазерной физики и точного приборостроения) области практического использования эффектов поляризационной динамики, обусловленных симметрией динамической системы по отношению к изменению состояния поляризации волн генерации.

Анализ свойств инвариантности уравнений генерации позволил обнаружить новые физические механизмы управления бистабильностью и мультистабильностью, что может быть использовано для создания элементов компьютерной логики, а также устройств оптической обработки информации и связи [1]. Показано, что управление бистабильностью стационарных режимов генерации может осуществляться изменением знака фазовой анизотропии резонатора. В присутствии продольного магнитного поля на активной среде управление бистабильностью периодических и квазипериодических режимов с колебаниями интенсивностей и эллиптичностью волн, азимуты которых вращаются в противоположные стороны (правые и левые спирали) осуществляется изменением направления магнитного поля на противоположное. Отметим, что режимы с вращающимся азимутом могут представлять интерес для медицины. В кольцевом лазере управление бистабильностью регулярных и хаотических режимов генерации можно осуществлять изменением знака отстройки и направления распространения света. Бистабильность хаотических аттракторов с различной топологией может представлять интерес при создании устройств кодирования и защиты информации.

Обнаруженная аналогия симметрии периодических режимов генерации с симметрией акиральных и киральных биологических макромолекул создает перспективы для применения лазерной динамики при изучении процессов эволюции в биологии, связанных с происхождением жизни на Земле [2].

Литература

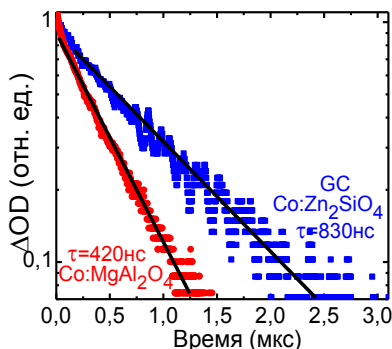
1. Svirina, L. Symmetry Breaking Phenomena in Vector-Field Lasers // Optical Memory & Neural Networks. – 2011. – Vol. 20, № 1. – P. 76–83.
2. Svirina, L. Chiral and achiral symmetry in dynamics of vector-field lasers // Proc. of SPIE. – 2012. – Vol. 8337. – P. 83370H-1–83370H-6.

Релаксация просветленного состояния ионов кобальта в ситаллах, содержащих нанокристаллы $\text{Co}^{2+}:\text{Zn}_2\text{SiO}_4$

¹Скопцов Н.А., ¹Глазунов И.В., ²Дымщиц О.С., ²Жилин А.А.,
²Алексеева И.П., ²Шемчук Д.В., ¹Маляревич А.М., ¹Юмашев К.В.
¹Белорусский национальный технический университет,
²НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия

Пассивные затворы на основе ситаллов с нанокристаллами $\text{Co}^{2+}:\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ являются перспективной средой для пассивной модуляции добротности лазеров спектрального диапазона 1,4-1,7 мкм.

В данной работе приводятся результаты исследования времени релаксации ионов кобальта в ситаллах, приготовленных на основе исходного стекла калиево-цинковоалюмосиликатной системы. Стекло синтезировано в платинородиевом тигле при температуре 1590°C, отлито на металлическую плиту и отожжено при температуре 500°C. Стекло обрабатывалось при температуре 860 °C в течение 2 часов. Согласно данным РФА после термообработки в стекле формируются нанокристаллы виллемита $\text{Co}^{2+}:\text{Zn}_2\text{SiO}_4$.



Кинетика релаксации ионов кобальта в ситаллах с нанокристаллами $\text{Co}^{2+}:\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ и в монокристалле $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$

На рисунке приведены результаты измерения кинетики релаксации ионов кобальта в ситаллах с нанокристаллами $\text{Co}^{2+}:\text{Zn}_2\text{SiO}_4$. Для наглядности рисунок также содержит кинетику известного монокристалла шпинели $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$. После моделирования экспериментальных данных было установлено, что время релаксации ионов кобальта составляет 830 нс.

Особенности электрических и оптических свойств контактных структур

Черный В.В.

Белорусский государственный университет

Широко используемые светодиоды на основе контакта полупроводниковых материалов InGaN/GaN обладают высокой квантовой эффективностью излучения. Улучшение их параметров требует дальнейших исследований.

В данной работе исследовались электрические и оптические свойства указанных светодиодов.

В спектрах электролюминесценции наблюдалась широкая полоса излучения с максимумом при энергиях фотонов, равной 2,6 эВ. Квантовая эффективность составляла 6 % при прямом смещении $U = 3$ В и токе 20 мА. Максимальное значение квантовой эффективности наблюдалось при напряжении $U = 2,5$ В и токе 2,5 мА.

Вольт-фарадные характеристики светодиодов в координатах $C^2(U)$ оказались нелинейными. При увеличении прямого смещения от $\sim 0,5$ до ~ 1 В емкость резко возрастала (\sim на 50–60 %). При приближении к напряжению отсечки ($\sim -2,5$ В) наклон кривых $C^2(U)$ уменьшается.

Статические вольт-амперные характеристики в полулогарифмическом масштабе оказались нелинейными до напряжений 2,3–2,4 В. Характер нелинейности типичен для захвата носителей заряда [1]. При дальнейшем росте напряжения до 2,9 В данные характеристики оказались линейными и соответствовали модели рекомбинации через примесные центры в области пространственного заряда.

Зависимость интегральной интенсивности излучения от напряжения в интервале напряжений от 2,1 до 2,4 В хорошо описывается экспоненциальной кривой. Квантовая эффективность в данном интервале также растет по экспоненциальному закону.

Полученные данные находятся в качественном соответствии с предложенной рядом авторов моделью. Согласно данной модели, квантовая эффективность и положение линии излучения определяются эффективностью электрической или оптической инжекции носителей заряда в глубокие локализованные состояния хвостов плотности состояния активного слоя InGaN.

Литература:

1. Шуберт, Ф. Светодиоды / Ф. Шуберт. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.

О парадоксах в термодинамике для студентов технического вуза

Есман А.К., Зыков Г.Л., Потачиц В.А.
Белорусский национальный технический университет

Одним из постулатов статистической физики является утверждение о существовании термодинамического равновесия для газовой среды. Этот постулат при более глубоком рассмотрении представляется не столь уж очевидным. Более того, приближение адиабатически замкнутой системы к равновесию, сопровождающееся возрастанием энтропии, на первый взгляд кажется противоречащим законам классической механики. Законы классической механики инвариантны относительно перемены знака времени, в то время, как следствие второго начала термодинамики о возрастании энтропии во времени необратимо. Это противоречие было сформулировано в виде парадоксов Лошмидта и Цермело. Лошмидт первым указал, что если в некоторый момент времени скорости всех молекул изменить на противоположные, то эволюция в газовой среде пойдет в противоположном направлении и энтропия будет убывать. Парадокс обратимости Цермело основан на возвратной теореме Пуанкаре, которая утверждает, что изолированная система с ограниченной энергией и конечными размерами за достаточно большой промежуток времени (период цикла Пуанкаре) вернется в состояние сколь угодно близкое к первоначальному. По Больцману возрастание энтропии при необратимых процессах есть следствие перехода системы от менее вероятных к более вероятным; состояние равновесия выступает как более вероятное. В системах с небольшим числом частиц отклонения от наиболее вероятного распределения (флуктуации) велики. Например, взвешенная в жидкости броуновская частица получает кинетическую энергию от молекул окружающей среды, хотя их температуры одинаковы. Для таких систем второе начало термодинамики неприменимо. Для макроскопических систем с большим числом частиц вероятность флуктуаций мала. Тем не менее, как бы ни был велик промежуток времени, на протяжении которого верен закон возрастания энтропии, еще для больших промежутков времени должно иметь место возврата к исходному состоянию, т.е. будет восстанавливаться обратимость, заложенная в микроскопических законах движения. Правда, для газа, заключенного в умеренном объеме, период цикла Пуанкаре составляет $\sim 10^{10}$ лет, что больше времени существования нашей Вселенной.

Таким образом, строгого запрета для процессов, происходящих с уменьшением энтропии, нет. Они просто маловероятны для обычных промежутков времени.

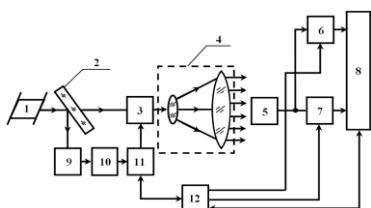
О методике исследования спектральной чувствительности фотоприемников

Есман А.К., Зыков Г.Л., Потачиц В.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время полупроводниковые фотоприемники имеют широкий спектр применения, так как позволяют на их основе создавать устройства приема, передачи, обработки и хранения информации, в первом приближении аналогичные зрительному аппарату человека со многими присущими ему достоинствами. Наиболее практически востребованы кремниевые фотодиоды, обладая наиболее удачным сочетанием таких параметров как чувствительность, быстродействие, динамический диапазон линейного преобразования и т. д.

Важнейшим параметром фотоприемника является спектральная чувствительность S_λ . Хотя именно чувствительность определяет уровень реакции приемника, но не она обуславливает предельно малое значение измеряемой величины, которое можно обнаружить приемником. Это значение равно минимальному потоку излучения, который может быть обнаружен на фоне собственных шумов, называется порогом чувствительности. Следовательно, значение измеряемой величины должно быть меньше, чем уровень помех или шумов при данных условиях измерения.



Блок-схема устройства

- 1 - источник излучения,
- 2 - светоделительный элемент,
- 3 - оптоэлектронный модулятор,
- 4 - коллимирующий элемент,
- 5 - исследуемый фотоприемник,
- 6 - аттенуатор,
- 7 - формирователь опорного напряжения,
- 8 - схема сравнения,
- 9 - эталонный фотоприемник,
- 10 - блок регулировки,
- 11 - аналоговый сумматор,
- 12 - персональный компьютер

Нами разработана достаточно универсальная методика исследования интегральной чувствительности одиночных и матричных фотоприемников. Блок-схема устройства, реализующего её, приведена на рисунке. Все операции по исследованию спектральной чувствительности

осуществляются без изменения пространственного расположения элементов и последующей юстировки оптического тракта, а возникающие любые колебания мощности источника излучения компенсируются изменением положения рабочей точки оптоэлектронного модулятора.

Термодинамическая модель регулярных растворов с учетом параметра взаимодействия компонентов при различных температурах

Юркевич Н.П., Савчук Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является определение параметра взаимодействия атомов алюминия и кремния в термодинамической модели регулярных растворов при различных температурах.

С учетом параметра взаимодействия термодинамический потенциал Гиббса записывался в виде

$$F^m(x, T) = (1-x)F_i^m(T) + xF_j^m(T) + RT(x \ln x + (1-x) \ln(1-x)) + L^m x(1-x),$$

где $F_i^m(T)$, $F_j^m(T)$ – термодинамические потенциалы Гиббса жидких фаз i -го и j -го компонентов в m -ой фазе; x – атомная доля компонента j ; T – температура; R – универсальная газовая постоянная; L^m – параметр взаимодействия компонентов i и j в m -ой фазе. Расчетные данные для L^m приведены в таблице.

Расчетные значения параметров взаимодействия L^m в термодинамической модели расплавов

| Si, % | L^m , Дж/моль | | |
|-------|-------------------------------------|--|-----------------------------|
| | в твердом состоянии при $T = 500$ К | при температуре эвтектического превращения $T = 850$ К | в расплаве для $T = 1000$ К |
| 0.001 | 15172.44 | 7168.25 | 2602.76 |
| 0.002 | 15173.24 | 7166.21 | 2608.88 |
| 0.005 | 15175.63 | 7160.07 | 2627.24 |
| 0.006 | 15176.43 | 7158.03 | 2633.35 |
| 0.007 | 15177.23 | 7155.98 | 2639.47 |
| 0.008 | 15178.82 | 7153.94 | 2645.59 |
| 0.009 | 15179.62 | 7151.89 | 2651.71 |
| 0.010 | 15179.62 | 7149.85 | 2657.83 |
| 0.012 | 15181.23 | 7145.76 | 2670.06 |
| 0.015 | 15182.61 | 7139.63 | 2688.41 |
| 0.016 | 15184.80 | 7136.56 | 2697.59 |

Представленные данные могут быть использованы для численного расчета и прогнозирования свойств α -твердых растворов при фазовых переходах в системе Al-Si с учетом взаимодействия атомов компонентов в расплаве при различных температурах.

Физические свойства диэлектриков с комплексной перовскитной структурой состава $A(\text{Sm}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$)

Савчук Г.К., Юркевич Н.П.

Белорусский национальный технический университет

Новые поколения систем и устройств СВЧ-диапазона должны иметь минимальное потребление энергии и обладать узкой частотной избирательностью. Этим требованиям удовлетворяют диэлектрики, к которым относятся комплексные перовскиты составов $A(\text{B}'_n\text{B}''_m)\text{O}_3$.

Целью данной работы являлось исследование физических свойств в зависимости от условий получения новых перовскитных диэлектриков состава $A(\text{B}'_{1/2}\text{B}''_{1/2})\text{O}_3$, где $A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$; $\text{B}' = \text{Sm}$; $\text{B}'' = \text{Nb}$.

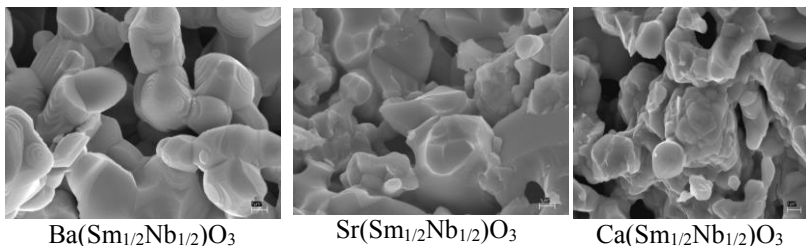


Рис. 1. Микроструктура диэлектриков состава $A(\text{Sm}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) при оптимальных условиях получения

По результатам изучения микроструктуры керамик (см. рис. 1) для различных составов определены оптимальные условия синтеза и спекания, установлено их влияние на степень упорядочения ионов в В-подрешетке. Получено, что наличие ионов Sm в В-подрешетках приводит к монотонному увеличению тангенса угла диэлектрических потерь при росте температуры. Это показывает, что потери обусловлены, в основном, электропроводностью керамик. Установлено (см. рис. 2), что для материалов составов $\text{Sr}(\text{Sm}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ термический коэффициент диэлектрической проницаемости в интервале температур $-70^\circ\text{C} \dots +400^\circ\text{C}$ равен нулю.

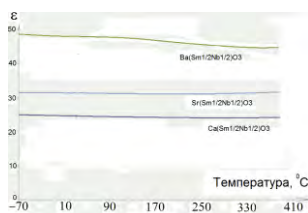


Рис. 2. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости

Таким образом, в результате проведенных исследований получен ряд новых керамик на основе составов комплексных перовскитов, обладающих низкими диэлектрическими потерями и высокой термостабильностью диэлектрической проницаемости в широком интервале температур.

УДК 378.147

Методика структурирования учебного процесса по физике для студентов первого курса

Климович И.А., Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

По результатам централизованного тестирования средний балл по физике на многих специальностях строительного и горно-механического профилей составляет чуть больше 30. Имея невысокую подготовку по физике, студенты первокурсники подвергаются стрессу, обусловленному многими причинами, главная из которых информационная перегрузка. Так, для учащихся старших классов скорость поступления информационных элементов, согласно нормативным документам, составляет 0,5 элементов в минуту, то есть за урок старшеклассник получает 10–15 информационно-смысловых элементов. По нашим оценкам первокурснику приходится воспринимать информацию в среднем со скоростью 0,6–0,8 элементов в минуту, то есть за одну лекцию иногда количество информационных элементов может достигать 45–50. Такое количество приводит к информационным перегрузкам и, как следствие, ухудшению восприятия материала, снижению успеваемости. Для решения этой проблемы следует реализовать ряд методологических задач по структурированию учебной деятельности.

Таковыми задачами, на наш взгляд, являются:

- формирование устойчивых знаний, развитие у студентов стремления к активной творческой деятельности;
- индивидуальный подход при проведении практических и лабораторных занятий;
- выдача разноуровневых заданий. Использование для этих целей учебно-методических материалов и учебных пособий, подготовленных преподавателями кафедры физики;
- все виды учебной деятельности должны быть направлены на мотивацию учебной, научно-исследовательской деятельности студентов;
- рациональная организация самостоятельной и контролируемой самостоятельной работы;

- подготовка рефератов, презентаций по изучаемым темам, докладов на студенческую конференцию;
- организация текущего, тематического, итогового контролей, выявляющих слабые места в организации учебного процесса и устанавливающего обратную связь преподавателя и студента;
- научить студента правильно учиться, т.е. рационально использовать время на подготовку к занятиям, работать с источниками информации.

УДК 530 (075)

**О реализации темы «Элементы квантовой механики»
на лекционных и практических занятиях**

Климович И.А., Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

В курсе физики для технических вузов на изучение основ квантовой механики отведено небольшое количество часов. Это не позволяет сформировать у студентов законченное представление о наиболее перспективной области физики.

Изложение основ квантовой механики затруднено тем, что большинство положений нельзя представить наглядно. Поэтому разработка методики изложения основ квантовой механики для студентов технических вузов является актуальной.

Законы классической физики не применимы к явлениям микромира. Это обусловлено необычными свойствами микрочастиц: они одновременно обладают и корпускулярными, и волновыми свойствами. Разобраться в этих сложных вопросах помогают аналогии. Так, дифракция рентгеновских лучей наблюдается при прохождении их через тонкую пластину кристалла. Дифракционная картина будет наблюдаться и при падении на кристалл пучка электронов. Обе дифракционные картины одинаковы, если длина волны рентгеновских лучей совпадает с длиной волны де Бройля для электронов. Такие аналогии позволяют студентам глубже осмыслить основные положения квантовой механики.

Понятия координаты и скорости частиц могут применяться в квантовой механике с ограничениями вследствие соотношения неопределенностей Гейзенберга. Это соотношение для координат и импульсов говорит о том, что траектория движения частиц в квантовой механике не имеет смысла. Чтобы студент более четко уяснил это положение, следует рассмотреть дифракцию электронов на щели, координата которых определяется с точностью до ширины щели, а также поведение микрочастиц в бесконечно глубокой потенциальной яме.

Применение соотношения неопределенностей позволяет оценить размеры атома, объяснить, почему энергия стационарных состояний в атоме имеет определенное значение, получить оценку нулевой энергии гармонического осциллятора, показать, если проекция момента импульса на ось Z имеет определенное значение, то проекции его на другие оси точно не определены.

Все перечисленные вопросы, рассмотренные на практических и лекционных занятиях, позволяют существенно улучшить восприятие студентами непривычных понятий квантовой механики.

УДК 531.535

Аэродинамический маятник и связанные с ним задачи

Кириленко А.И., Рубанов И.В.

Белорусская государственная академия авиации

Аэродинамический маятник, представляющий собой поворачивающуюся лопасть на подвесе - стержне, давно применяется в лабораторном практикуме. В установке при колебаниях реализуется два режима, в которых при поперечном положении лопасти преобладают силы аэродинамического сопротивления, а при продольном, когда хорошо обтекаемая лопасть располагается в плоскости колебаний, преобладающими силами являются силы вязкого трения. Рассмотрим первый случай, пренебрегая вязкостью.

Дифференциальные уравнения колебаний вытекают из уравнений моментов. В общем случае это уравнение Релея - типовое уравнение нелинейных колебаний. Для малых колебаний оно приводится к виду

$$\varphi'' + a(\varphi')^2 + \omega_0^2\varphi = 0, \quad (1)$$

где $\omega_0^2 = \frac{mgl}{J}$, $a = c_x \frac{\rho}{2J} SL^3$, m - масса маятника, l - расстояние от оси

подвеса до центра масс, J - момент инерции всего маятника, $c_x \approx 1,1$ - аэродинамический коэффициент сопротивления квадратной тонкой лопасти, ρ - плотность среды, S - площадь лопасти, L - расстояние от оси до середины лопасти.

Решения этого уравнения известны в неявном виде

$$t = C_2 \pm a \int_0^\varphi \left[C_1 a^2 e^{-2ax} + \omega_0^2(0,5 - ax) \right]^{-0,5} dx. \quad (2)$$

Анализ решений уравнения (1) можно провести аналитически лишь в

тривиальном случае: при $\alpha = 0$ это простые гармонические колебания. Применение математического пакета Wolfram mathematica 9.0 результата не дало – получаются неустойчивые решения. То же самое относится и к функции (2) $t(\varphi)$. Однако если в (1) добавить член пропорциональный первой производной, то получаются легко узнаваемые затухающие гармоники и релаксации. При использовании пакета с неизвестным алгоритмом численного метода трудно оценить погрешности расчета.

Проведенные нами эксперименты с аэродинамическим маятником при углах отклонения менее 5° не выявили зависимости периода колебаний от номера этого периода. Также и амплитуда колебаний убывала в геометрической прогрессии в зависимости от номера периода.

УДК 531.535

Установка для определения коэффициента линейного расширения

Дмитриев В.А., Кириленко А.И.

Белорусская государственная академия авиации

При изменении температуры в пределах сотен кельвинов для большинства металлов справедлив закон линейного расширения стержня с температурой. При этом коэффициент линейного расширения α определяется выражением

$$\alpha = \left(\frac{L}{L_0} - 1 \right) \frac{1}{\Delta T}.$$

$\Delta L = L - L_0$ - изменение начальной длины стержня L_0 при его нагревании на ΔT К. Чем больше величина ΔL , тем точнее можно определить α , при том, что ΔL пропорционально L_0 .

На основе этих соображений установка должна содержать достаточно длинный стержень из материала с большим α . При этом возникает проблема равномерного прогрева стержня по всей длине. Мы прогревали алюминиевый стержень длиной 60 см диаметром 8 мм с плоскими торцами, помещенный внутри трубчатых резисторов типа ПЭВ. Стыки между резисторами герметизированы и теплоизолированы. Для усиления конвективного теплообмена резисторы нанизываются на вертикальный стержень, выполненный из алюминия. Измеряется линейное расширение этого же стержня. Контроль за температурой стержня осуществляется посредством двух термопар хромель-алюмель – верхней и нижней. На начальном этапе эксперимента осуществляется прогрев установки с контролем температуры. Как только температура сверху и снизу

выравнивалась, прогрев прекращался и начинаются измерения. Верхний торец стержня заделан в диэлектрическую пластинку, нижний, свободный, опирается в головку индикатора биений (точность измерения перемещения стержня 0,01 нм). Построив график зависимости удлинения от температуры, находим величину α . Измерения проводились в начале при нагреве стержня, а затем при его охлаждении. Мы также располагали стержень горизонтально и проводили измерения при нагреве и охлаждении.

Для нагрева требуется источник тока, предпочтительно не связанный с сетью. Исходя из номиналов резисторов мы использовали напряжение 110 В. Производился нагрев до 100 °С. Более высокий нагрев возможен, но в целях безопасности не проводился. Стержень охлаждался до 40 °С. При большем охлаждении появлялась значимая разность температур.

УДК 539.2 (075.8)

Влияние углеродных наночастиц на свойства полимерных пленок

Петренко С.И., Попко С.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в конструкциях авиационной техники постоянно растет содержание полимерных материалов. Ученые работают над улучшением эксплуатационных свойств применяемых материалов. Одно из решений этой задачи сводится к нанесению на известные материалы одно- и многослойных полимерных композитов.

В данной работе определялись механические характеристики и поверхностная энергия полистирола (ПС) и полистирола, модифицированного фуллеренами C_{60} . Структуры ПС+ C_{60} были получены методом полива ПС раствором C_{60} в толуоле. Для определения механических характеристик исследуемых материалов использовали прибор IMPULSE -1R. Результаты эксперимента показали, что легирование полимера углеродными наночастицами увеличивает модуль Юнга этих материалов в 1,5-2 раза и уменьшает коэффициент вязкости от 171596,1 Н²с/м² до 57198,5 Н²с/м² в зависимости от объёмной доли фуллеренов. Определение поверхностной энергии γ проводили методом покоящейся капли. На образце формировались капли воды и глицерина диаметром 1-2 мм. С помощью камеры видеонаблюдения и персонального компьютера фиксировался профиль капель, по которому определялись краевые углы смачивания для обеих жидкостей, значение которых позволяет рассчитать дисперсионную $\gamma_{ТГ}^d$ и полярную $\gamma_{ТГ}^p$ компоненты поверхностной энергии и в итоге найти значение γ по формуле

$\gamma = \gamma_{\text{ТГ}}^d + \gamma_{\text{ТГ}}^p$. Результаты эксперимента показали, что введение C_{60} незначительно уменьшает γ полистирола со 145 мДж/м² до 132 мДж/м², когда масса фуллерена составляла 1% от массы полистирола, что, очевидно, вызвано структурированием областей полистирола, прилегающих к углеродным наночастицам.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что легирование полистирола фуллеренами C_{60} приводит к улучшению некоторых свойств этого материала, в частности, повышает прочность, в то же время легирование приводит к уменьшению поверхностной энергии, что, как известно, согласно Гриффитсу облегчает разрушение, растрескивание материала. Поэтому, чтобы добиться нескольких преимуществ, целесообразно создавать многослойные покрытия, не забывая о том, что широкому использованию в промышленности наноразмерных материалов препятствует их высокая стоимость.

УДК 53: 378.147.091.3

Консультации – эффективный фактор активизации самостоятельной работы студентов

Бибик А.И., Журавкевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

В техническом вузе на изучение общего курса физики отводится сравнительно небольшое количество часов, что создает известные трудности для усвоения программного материала. Это приводит к поиску новых эффективных методов и форм организации учебного процесса. Важное место отводится самостоятельной работе студентов, способствующей прочному усвоению изучаемого материала. Формы организации самостоятельной работы могут быть самыми разнообразными: домашние контрольные задания, написание рефератов и т.д. Самостоятельная работа требует умения пользоваться учебной и специальной литературой, правильно вести конспект. Однако, зачастую, особенно студенты-первокурсники, имеют пробелы в понимании физических терминов, затрудняются в пользовании системами единиц, плохо могут представлять физические модели при решении задач... Консультации при правильной их организации могут сыграть важную роль как в устранении этих недостатков, так и в повышении активности самостоятельной работы. Наибольшее распространение получили групповые консультации. важная роль таких консультаций, организуемых как правило перед экзаменом или зачетом, несомненна. Но на наш взгляд, и опыт это показывает, консультации в течение семестра, особенно в

индивидуальной форме, дают мощный дополнительный стимул к познавательной деятельности, являются эффективным фактором активизации самостоятельной работы студентов. Лектор должен предложить такие формы индивидуальных консультаций, чтобы студенты воспринимали их как одну из основных форм учебного процесса. Например, лекцию можно построить таким образом, чтобы у студента возникла потребность в личном общении с преподавателем. Можно пригласить студентов на консультацию для более широкого рассмотрения проблемы. На консультации порекомендовать дополнительную литературу и одновременно свою помощь в работе над ней. Можно на лекции выдвинуть несколько объяснений какого-то явления, а затем предложить студентам самостоятельно выбрать из них правильное и обосновать этот выбор на консультации. Если в лице преподавателя студент найдет внимательного собеседника, то консультации помогут студенту овладеть методикой работы с литературой, научат находить рациональные методы самостоятельного решения проблем.

УДК 512.64

О необходимости создания у студентов инженерных специальностей целостной картины восприятия физических закономерностей

Журавкевич Е.В., Бибик А.И.

Белорусский национальный технический университет

Практика показывает, что студенты начальных курсов, еще не имеющие опыта самостоятельных исследований, часто рассматривают физику, а также другие естественные науки как набор некоторого числа фактов и закономерностей, не задумываясь об их взаимосвязи и диалектическом развитии физических теорий.

В первую очередь, как нам представляется, студенты должны понимать, что изучение физики невозможно без соответствующей математической базы. Так изучение интегрирования позволяет получить уравнения движения материальной точки, используя определения мгновенной скорости и ускорения, а также показать, что закон всемирного тяготения справедлив не только для точечных, но и для сферических тел.

В каждом разделе физики можно найти примеры взаимосвязи между различными на первый взгляд законами и явлениями. Так, в механике, анализ второго закона Ньютона, сформулированного в виде “скорость изменения импульса материальной точки равна равнодействующей приложенных к ней сил”, и третьего закона Ньютона, описывающего

взаимодействие материальных точек, позволяет получить закон сохранения импульса для замкнутой системы материальных точек. В электричестве закон Ампера, сформулированный им в 1820 году и определяющий силу, действующую на проводник с током со стороны магнитного поля, может быть получен как суперпозиция сил Лоренца (математическая формула получена в 1892 году), действующих со стороны магнитного поля на отдельные электрические заряды, движущиеся в этом проводнике. В оптике диалектическое развитие французским физиком Френелем в 1815 году принципа, сформулированного нидерландским физиком Гюйгенсом в 1678 году, и лежащего в основе объяснения законов геометрической оптики позволило объяснить такое явление волновой оптики как дифракция света. В атомной физике постулат стационарных состояний атома Бора (предложен в 1913 году) может быть сопоставлен с тем фактом, что, на каждой стационарной орбите электрона укладывается целое число длин волн, величину которых можно определить согласно гипотезе французского физика Луи де Бройля, высказанной в 1924 году.

Мы уверены, что каждый преподаватель физики сможет привести еще немало примеров, иллюстрирующих развитие этой удивительной науки.

УДК 530.145

Алгоритм непертурбативного вычисления энергетического спектра связанных ангармонических осцилляторов

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе применяется операторный метод приближенного решения уравнения Шредингера для системы с несколькими степенями – связанных ангармонических осцилляторов. Вначале рассматривается система связанных несимметричных гармонических осцилляторов, классические траектории которой в общем случае описываются достаточно сложными фигурами Лиссажу, что в квантовом случае соответствует нетривиальной зависимости энергетического спектра от параметров гамильтониана. Данная система рассматривается для анализа применимости используемого метода и его сравнения с известными аналитическими результатами, полученными в рамках адиабатического и одночастичного приближений.

Проведенный анализ показывает, что ни адиабатическое, ни одночастичное приближения не приводят к получению равномерно пригодных аппроксимаций для энергетического спектра, в то время как использование операторного метода уже в нулевом порядке позволяет

получить такую аппроксимацию. Учет поправок более высоких порядков улучшает точность полученных результатов.

Далее в работе рассматривается система связанных ангармонических осцилляторов, в гамильтониане которой выделяется диагональная часть с помощью перехода к представлению вторичного квантования в соответствии с процедурой операторного метода. После такого перехода возникающие при нем частоты осцилляторов рассматриваются как вариационные параметры, значения которых выбираются из условия наилучшего приближения в нулевом порядке метода. При решении возникающей системы дифференциальных уравнений у системы возникает дополнительный интеграл движения, обусловленный перестановочной симметрией, который необходимо учесть уже в нулевом порядке приближения для корректного описания возникающего вырождения энергетического спектра.

В работе получены аналитические выражения для энергии системы связанных ангармонических осцилляторов в пределах слабой и сильной связи, а также численные результаты при промежуточных значениях параметров гамильтониана.

Все полученные данные хорошо согласуются с известными результатами.

УДК 530.145

Учет кумулянтов высших порядков при непертурбативном расчете статистической суммы и его влияние на точность результатов

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассматривается алгоритм построения равномерно пригодного приближения для статистической суммы квантовой системы. Специфика задачи состоит в том, что кроме приближенного расчета энергетического спектра нужно провести приближенное суммирование по квантовым состояниям системы. Кроме этого, статистическая сумма зависит от температуры системы, которая выступает в роли дополнительного параметра системы. Для построения приближения для энергетического спектра применяется операторный метод приближенного решения уравнения Шредингера.

Для проведения приближенного суммирования по квантовым состояниям системы используется кумулянтное разложение, справедливое при усреднении любого экспоненциального оператора при суммировании по нормированному базису.

Показано, что уже в нулевом порядке приближения операторного метода и кумулянтного разложения полученных результаты являются равномерно пригодными. Получены аналитические выражения для статистической суммы модельных систем в пределах высоких и низких температур, а так же в пределах сильной и слабой связи по параметрам гамильтониана.

Далее исследуется влияние поправок к нулевому приближению на точность результатов. Показано, что к наиболее низкой погрешности приводит учет кумулянтов высоких порядков в кумулянтном разложении, а учет поправок к энергии системы влияет на точность аппроксимации в меньшей степени. К сожалению, строгое доказательство того, что при учете последующих кумулянтов приближение будет сходиться к точному значению, не представлено, однако численные расчеты вплоть до кумулянтов 10 порядка демонстрируют сходимость приближения. Показано, что наиболее важным моментом для получения точной аппроксимации является тщательный учет поправок к нулевому приближению по температуре.

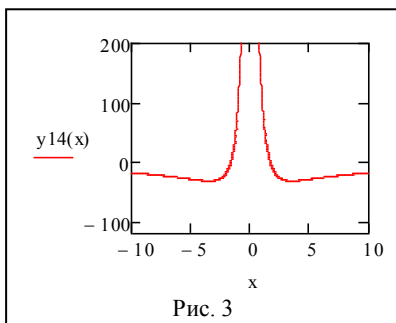
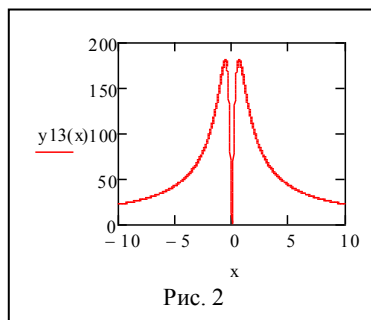
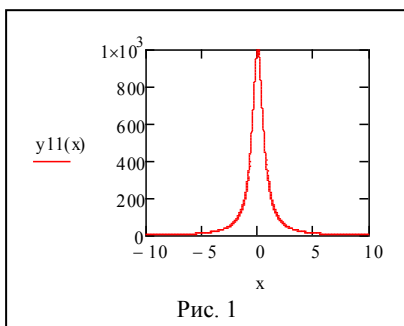
Все полученные результаты находятся в хорошем согласии с известными численными данными (точность не ниже 90% уже в нулевом порядке приближения), а в предельных случаях совпадают с аналитическими выражениями для статистической суммы.

Использование анизотропии датчиков магнитного поля при контроле свойств объектов

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Проведены расчеты напряженности импульсных магнитных полей для магнитных носителей с разной анизотропией свойств для нахождения распределений магнитных полей вблизи объектов из электропроводящих материалов. Источником поля являлся линейный индуктор. Ось индуктора параллельна поверхности объекта. На рис.1 изображена зависимость $y_{12}(x)$ нормальной составляющей напряженности магнитного поля, созданного линейным индуктором, от расстояния x до проекции оси индуктора.



Размерность по оси абсцисс – cm , по оси ординат – A/cm .

На рис.2 изображена зависимость $y_{13}(x)$ нормальной составляющей напряженности магнитного поля, взятой по абсолютной величине, от расстояния x до проекции оси индуктора. Если преобразователь обладает одинаковой тангенциальной и нормальной анизотропией, причем

нормальная анизотропия не зависит от знака поля, то зависимость суммарного сигнала от x будет такой, как показано на рис.3.

Указанные на рис. 1-3 зависимости использованы для определения вторичных магнитных полей контролируемых объектов.

Применение визуализирующих пленок для определения электрических и магнитных свойств объектов

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

С помощью визуализирующей магнитные поля пленки можно находить распределения напряженности магнитного поля вблизи металлических объектов при воздействии на них импульсным магнитным полем и по ним определять удельную электропроводность и неоднородности структуры материала объекта.

На рис.1 показана фотография алюминиевых полос и изображение накрывающей их алюминиевой пластины (светлое изображение, расположенное слева от магнитных полос). На рис. 2 показана фотография визуализирующей пленки с изображением магнитных полей алюминиевых полос в результате воздействия на них импульсом магнитного поля линейного индуктора. Ось индуктора перпендикулярна осям полос. Изображения полос на рисунке 1 и их полей на рисунке 2 выполнены в одном масштабе.



Рис. 1. Фотография алюминиевых полос с алюминиевой фольгой

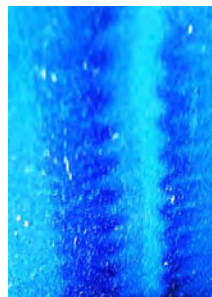


Рис. 2. Фотография визуализирующей пленки с отпечатком магнитных полей

При воздействии импульсом магнитного поля алюминиевые полосы были полностью закрыты алюминиевой пластиной. Проекция оси индуктора на пленку на рисунке 2 соответствует вертикальной светлой полосе с зигзагообразными краями. Темные участки изображения обусловлены действием нормальной составляющей напряженности магнитного поля и соответствуют участкам пленки вне полос.

Андреенок Ю.И.

Белорусский национальный технический университет

Неотъемлемым компонентом успешной подготовки студентов в техническом вузе является обучение пониманию постановки задачи и составлению плана решения их. Математически корректно поставленные задачи, отображающие исследуемые системы и процессы адекватно решаемой проблеме, принято называть математическими моделями.

Большое количество физических задач в зависимости от выбора математической модели могут иметь разное аналитическое решение, а могут и не иметь такого решения вообще. В этом случае используются численные методы решения. Для ознакомления студентов с такими задачами и привития навыков решения их целесообразно на практических занятиях по физике рассмотреть такие случаи.

Например, задача о падении тела у земной поверхности с учетом силы сопротивления воздуха. В общем случае модуль силы сопротивления пропорционален v^n , где v – скорость тела, а n – целое число, которое зависит от значения числа Рейнольдса. Без учета силы сопротивления и при линейной зависимости силы сопротивления от скорости эта задача имеет аналитическое решение. При нелинейной зависимости силы сопротивления от скорости задача аналитического решения не имеет и решается численно. Так же можно рассмотреть различные математические модели задачи о движении тела, брошенного под углом к горизонту с учетом силы сопротивления воздуха.

Приведем еще в пример «простую» задачу об остывании тела. Если теплопроводность достаточно высокая, то можно считать, что при остывании температура равномерно нагретого тела практически мгновенно выравнивается по всему объему, и не рассматривать распределение температуры по объему. Пренебрегая лучистым теплообменом и считая, что теплоемкость и коэффициент теплоотдачи не зависят от температуры, эта задача легко решается аналитически. Если, например, коэффициент теплоотдачи является функцией температуры, то задача аналитического решения не имеет и для ее решения необходимо использовать численные методы.

Моделирование таких задач позволяет обобщить знания по различным разделам курса физики. Кроме того, при составлении различных математических моделей одной и той же задачи студенты получают навыки моделирования физических задач.

Контроль свойств электропроводящих объектов в импульсных магнитных полях

Гаранина Е.А., Карпович М.А.

Белорусский национальный технический университет

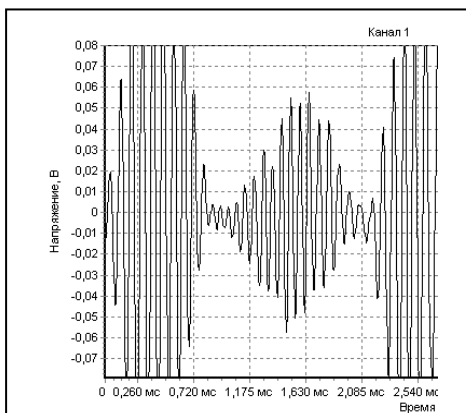


Рис. 1. Зависимость $U(t)$, считанная МГ

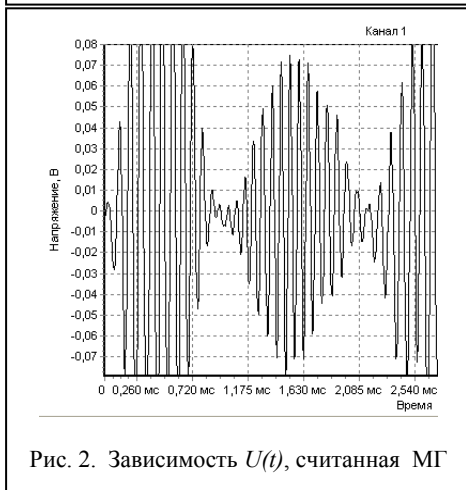


Рис. 2. Зависимость $U(t)$, считанная МГ

С помощью дискретных датчиков магнитного поля определяли удельную электропроводность, магнитную проницаемость и геометрические параметры электропроводящих объектов, на которые воздействовали импульсами магнитного поля линейного индуктора.

На рис.1 и рис.2 показаны зависимости электрического напряжения $U(t)$ на выходе магнитной головки (МГ), сканирующей датчик с записями магнитных полей, от времени t для алюминиевых пластин толщиной соответственно 0,14мм и 0,16мм.

Из графиков видно, что с увеличением толщины пластин в этих пределах амплитуда центрального максимума распределения $U(t)$ увеличивается с 0,11В до 0,15В, что обеспечивает высокую точность контроля толщины указанных пластин, дефектов сплошности и других неоднородностей их структуры, а также удельной электропроводности, магнитной проницаемости и геометрических

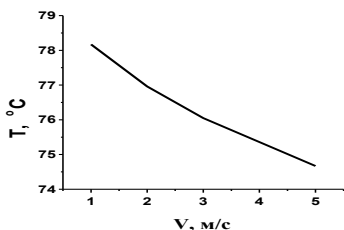
параметров объектов из электропроводящих и магнитных материалов.

Компьютерное моделирование малогабаритного алмазного датчика для измерения скорости потока газа

Хорунжий И.А., Мартинович В.А., Казючиц Н.М., Русецкий М.С.
Белорусский национальный технический университет

Экологические требования к современным двигателям внутреннего сгорания предполагают поддержание определенного соотношения воздуха и топлива в топливно-воздушной смеси на всех режимах работы. Только в этом случае каталитический нейтрализатор полностью удаляет вредные вещества в отработавших газах. Для решения этой задачи требуется точная информация о количестве (расходе) всасываемого воздуха, получаемая от датчика, измеряющего скорость потока воздуха. Для корректной работы датчик должен обладать хорошей чувствительностью к скорости движения газа и достаточно высоким быстродействием, чтобы давать информацию в реальном времени. В настоящей работе предлагается использовать для указанной цели датчик, изготовленный из тонкой пластины синтетического алмаза с встроенными в него миниатюрными термосопротивлениями [1]. Достоинствами такого датчика являются его малые габариты, устойчивость к химическим воздействиям (при работе в химически агрессивных средах), а также высокое быстродействие, обусловленное высокой теплопроводностью алмаза.

Для оценки параметров такого датчика было проведено компьютерное моделирование. В компьютерной модели рассматривалась алмазная пластинка размером 4×4 мм², толщиной 360 мкм, обтекаемая с двух сторон потоком воздуха. На одном краю пластинки находится встроенный малогабаритный (200×200 мкм²) нагреватель мощностью 0,7 Вт, а на другом краю



– термосопротивление, позволяющее контролировать температуру пластинки. На приведенном графике показано изменение температуры датчика в зависимости от скорости движения воздуха.

Литература

1. Мартинович, В.А. Теплоотвод на основе алмаза со встроенным датчиком температуры / В.А. Мартинович, И.А. Хорунжий, М.С. Русецкий, Н.М. Казючиц // Нано- и микросистемная техника. – 2016. – №4. – С. 209–217.

**Лабораторный практикум по физике как основа
для организации НИРС**

Мартинovich В.А., Хорунжий И.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из главных аспектов эффективности подготовки дипломированного специалиста является формирование у него навыка самостоятельно приобретать знания, умение правильно решать научно-исследовательские задачи, с которыми он может встретиться в процессе профессиональной деятельности. Физика дает наиболее общие представления об окружающем мире, использует методы познания, которые широко используются в науке и технике. Поэтому курс общей физики всегда будет основой для подготовки будущего инженера.

Научно-исследовательскую работу студентов на кафедре можно организовать на базе существующих учебных лабораторий по механике и молекулярной физике, электричеству и магнетизму, оптике и атомной физике, ядерной физике. Учебное оборудование постоянно обновляется, что позволяет формулировать современные и актуальные задачи для лабораторных исследований в рамках учебной программы. На каждую работу отводится 2 академических часа, что не позволяет студенту даже при домашней подготовке глубоко вникнуть в суть физического явления и метода. Преподавателями кафедры разрабатываются темы для исследований, которые тесно связаны с лабораторными работами, но отличаются более сложным заданием, необходимостью детальной теоретической подготовки и проведения дополнительных измерений.

Так, в лаборатории оптики и атомной физики студентами выполняется работа по изучению дифракции света. Использование современных теоретических и экспериментальных спектроскопических методов исследования является неотъемлемой частью работы многих научно-исследовательских или заводских лабораторий. В лабораторной работе необходимо по спектру излучения ртутной лампы, полученного с помощью дифракционной решетки, используя измеренные гониометром углы дифракции рассчитать длины волн в первом порядке и сравнить полученные значения с табличными. В качестве дополнительного задания в рамках исследовательской работы рассчитывается угловая дисперсия дифракционной решетки для желтого дублета и сравнивается с ее теоретическим значением. Затем проводится весь комплекс измерений для другой дифракционной решетки. Соответствие теоретических и экспериментальных значений длин волн и угловой дисперсии говорит о высокой точности предлагаемого метода.

Температурные эффекты в дезактивации триплетных состояний стерически напряженных металлопорфиринов

¹Зенькевич Э.И., ²Старухин А.С., ²Кнюкшто В.Н., ²Горский А., ³Кияк М.,
³Соларски Я., ³Валук Я., ⁴Семейкин А.С., ⁴Любимова Т.Н.

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

³Институт физической химии ПАН, Варшава, Польша

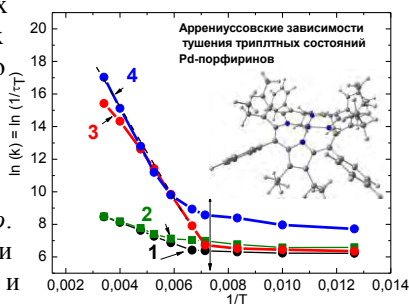
⁴Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия

Молекулы пигментов в нативных структурах находятся в непланарных лабильных конформациях, что существенно влияет на оптические свойства и электроно-транспортные характеристики молекул и, соответственно, на протекание физиологических процессов *in vivo*. Нами впервые показано, что моно- и димезоарилзамещение в порфиринах и химических димерах с фенильным

спейсером резко усиливает безызлучательную дезактивацию T₁-состояний при 293 К, не влияя на дезактивацию S₁-состояния. Удобными объектами для изучения спектральных проявлений конформационной динамики в T₁-состоянии стерически затрудненных порфиринов являются Pd-комплексы.

В докладе приведены результаты изучения характеристик триплетных состояний для серии Pd-порфиринов с возрастающим числом мезо-фенилов (293-77 К): 1) положения T-уровня в шкале энергий, 2) времен жизни фосфоресценции и наведенного T₁-T_n поглощения, 3) квантовых выходов фосфоресценции, 4) энергии активации процессов безызлучательной релаксации триплетных состояний, 5) констант скоростей взаимодействия стерически напряженных порфиринов с молекулярным кислородом. Показано, что усиление стерических взаимодействий в ряду порфиринов Pd-5Ph-OEP→Pd-5,15Ph-OEP→Pd-5,10Ph-OEP→Pd-5,10,15Ph-OEP→Pd-5,10,2015Ph-OEP приводит к сильному тушению T-состояний (239.8 нс→89.7 ns) и падению эффективности генерации синглетного кислорода (от 1.0 до 0.05).

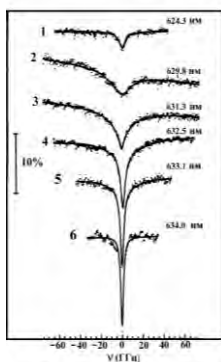
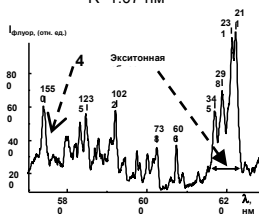
Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта № 645628 международного проекта H2020-MSCA-RISE-2014-METCOPH.



Селективная лазерная спектроскопия тетрапиррольных соединений

¹Зенькевич Э.И., ²Старухин А.С.¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

В последние годы спектроскопия высокого спектрального и пространственного разрешения широко применяется для изучения электронной структуры и динамических свойств светособирающих комплексов *in vivo*, а также органических наноструктур *in vitro*. В докладе представлены результаты, полученные нами методами селективного лазерного возбуждения (СЛВ) и выжигания спектральных провалов (ВСП) для химических димеров порфиринов и хлоринов при 1.8-10 К. Обсуждаются закономерности межхромороных взаимодействий в условиях спектрального неоднородного уширения уровней энергии и дефазировки экситонных состояний.



Установлено, что спектральные эффекты в симметричных этан-бис-порфиринах обусловлены в условиях неоднородного уширения переносом энергии от “синего” сольвата к “красному”, определяющим ВСП эффективность. Обосновано, что БФЛ-структура в спектрах возбуждения флуоресценции димера хлорина ($ZnOEtCh$)₂

связана с преимущественной ролью экситонных взаимодействий (делокализованный экситон), а формирование последовательности бесфоновых линий обусловлено вкладами франк-кондоновских факторов соответствующих вибронных состояний.

Разработанные методы селективной спектроскопии нанообъектов различной морфологии и природы позволяют решать широкий круг междисциплинарных задач в физике, физической химии, оптике и спектроскопии, биофизике, медицинской физике, квантовой информатике, а также осуществлять оперативную диагностику и высокочувствительный спектральный анализ сложных молекулярных систем и биоструктур.

Применение флуоресцентного метода для оперативного контроля трансформаторного масла

Маркова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Надежность и срок службы электроэнергетического оборудования в большой степени зависят от состояния рабочих жидкостей, в частности, трансформаторных масел. Для проведения ранней диагностики и предупреждения аварийных ситуаций, вызванных деструкцией электроизоляционного масла, важной задачей является создание методов и устройств диагностики состояния масла в реальном времени. Одним из перспективных направлений решения этой задачи является флуоресцентная спектроскопия. Трансформаторные масла являются в основном минеральными, содержат парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды. Последние являются флуоресцирующими молекулами. Установлено, что в ходе деградации трансформаторного масла содержание ароматических соединений и кислотность повышаются, что ведет к увеличению числа двойных связей $C=O$ и $C=C$.

В ходе окисления минерального трансформаторного масла спектр его флуоресценции смещается в длинноволновую область. На этом явлении основан разработанный флуоресцентный метод оперативного контроля изоляционного масла. Оценка степени окисления выполняется по диагностическому параметру – «показатель окисления», который определяется как отношение интенсивности флуоресценции, измеренной в более длинноволновом спектральном диапазоне, к интенсивности, измеренной в более коротковолновом спектральном диапазоне.

Проведена оценка степени окисления трансформаторного масла флуоресцентным методом в сравнении со стандартными методами измерения общего кислотного числа: методом титрования согласно стандарту ASTM D974-11 и спектральным методом по стандартной методике (ASTM standard practices E2412-04). Установлено, что изменение показателя окисления, измеренного флуоресцентным методом, коррелирует с характером изменений показателей, измеренных спектральным методом и методом титрования, однако, показатель окисления обеспечивает более раннюю регистрацию начала окисления масла.

Датчик, реализующий флуоресцентный метод, может быть встроен в маслonaполненную систему или выполнен как портативный прибор.

**Практикум по дозиметрии в программе подготовки
инженеров - энергетиков для Белорусской АЭС**

Качан С.М.

Белорусский национальный технический университет

Лабораторный практикум по дозиметрии является частью учебной программы по дисциплине «Дозиметрия» для студентов БНТУ, обучающихся по специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электростанций». Данный практикум предназначен для ознакомления студентов с методами и аппаратурой дозиметрического и радиометрического контроля в объеме, необходимом для формирования культуры радиационной безопасности и компетенций в сфере радиационных измерений у будущих инженеров атомной электростанции.

За 28 учебных часов в лаборатории ядерной физики и радиационной безопасности студенты осваивают основные методы и приборную базу радиационного контроля. В работах используется современное оборудование отечественного научно-производственного предприятия «Атомтех», активно эксплуатируемое в настоящее время на атомных станциях Российской Федерации: дозиметры-радиометры МКС-АТ1117М, МКС-АТ1125, МКС-АТ6130, а также портативный спектрометр МКС-АТ6101В.

В практикуме представлены лабораторные работы, охватывающие важные сферы практической дозиметрии: контроль радиационной обстановки и поверхностного загрязнения в рабочем помещении, определение активности источников ионизирующего излучения, изучение характеристик основных типов детекторов ионизирующего излучения – газоразрядных и сцинтилляционных, а также изучение основных принципов формирования дозовой нагрузки от источника.

В процессе выполнения и оформления лабораторных работ студенты развивают навыки графической обработки и математического анализа экспериментальных данных, используя широкие возможности прикладного научно-инженерного пакета «Origin». Также важной частью практикума является анализ результатов измерений, проводимых в реальных условиях с учетом геометрии источника, детектора и вклада рассеянного излучения (так называемая «геометрия широких пучков»).

Таким образом, в результате выполнения практикума помимо базовых компетенций дисциплины «Дозиметрия» студенты развивают ряд междисциплинарных компетенций и формируют комплексный аналитический подход к решению инженерных задач.

**Особенности гидридных фазовых превращений
в приповерхностных слоях сплавов PdH_x, инициированных
повышением давления водорода**

Жиров Г.И., Гольцова М.В.

Белорусский национальный технический университет

В физике твердого тела и физике металлов общеизвестной истиной является то, что в полиморфных твердых телах фазовые переходы могут быть вызваны как изменением температуры (обычно при нормальном давлении), так и повышением давления.

Однако, в силу различных причин и, прежде всего, в силу сложностей эксперимента со сверхвысокими давлениями (иначе эффекты малы!), сложившиеся представления о природе и возможных структурных механизмах фазовых превращений в металлах (прежде всего, в сталях и сплавах на основе железа, титана и других полиморфных металлов) в основном формировались на основе экспериментов, когда фазовые превращения в полиморфных материалах вызываются охлаждением или нагревом с различными скоростями и в разных практических условиях. В результате такого воздействия в полиморфных материалах реализуются мартенситные, бейнитные, диффузионные превращения, превращения смешанного типа и т.д.

Инициацию прямых $\alpha \rightarrow \beta$ гидридных превращений в этой серии экспериментов осуществляли повышением давления водорода выше равновесного на $\Delta P_{H_2} = 0,15$ МПа при постоянной температуре. Как показали предварительные исследования, повышение давления на 0,15 МПа в принципе достаточно для инициации прямых гидридных превращений. При этом выяснилось, что важным фактором инициации $\alpha \rightarrow \beta$ гидридного превращения является скорость подачи водорода. С приближением исходных условий эксперимента к критической точке системы Pd–H для инициации превращений оказалось необходимым повышать скорость подачи водорода.

Эти эксперименты, по нашему мнению, дают новую, полезную возможность, во-первых, для размышлений о природе и структурных механизмах фазовых превращений как физического явления в целом, и, во-вторых, для раскрытия некоторых конкретных особенностей гидридных фазовых превращений в системах Me–H в условиях их термодинамической открытости и обмена с внешней средой не только энергией, но и веществом (водородом).

Измерение электрофизических свойств кремния по времени жизни неравновесных носителей заряда

Францкевич А.В., Францкевич Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что термообработка кремния при температурах свыше 350°C может отрицательно повлиять на его электрофизические свойства. Нашей целью было определить изменение электрофизических свойств пластин кремния, прошедших имплантацию и последующие термическую и плазменную обработки в процессе формирования нанотрубок в объеме и конических наноструктур на поверхности. Контроль времени жизни неравновесных носителей заряда позволяет решать эту задачу.

Для измерения времени жизни τ использовался бесконтактный СВЧ-метод, основанный на измерении фазового сдвига φ между интенсивностью возбуждающего излучения и сигналом фотопроводимости образца. Фотопроводимость возбуждалась излучением ИК-светодиода с длиной волны 0,83 мкм и частотой модуляции излучения 6 кГц. Для пластин р-типа отжиг в выбранных режимах приводит к уменьшению времени жизни носителей в объеме. Для пластин n-типа зависимость времени жизни от температуры отжига более сложная и определяется дозой имплантации гелия. Так при малых дозах имплантации ($1 \cdot 10^{15}$ и $5 \cdot 10^{15}$ см⁻²) отжиг при температуре 650°C - 750°C уменьшает время жизни носителей. Однако при дозе имплантации $1 \cdot 10^{16}$ см⁻² отжиг в области температур 650 - 750°C приводит к повышению времени жизни. Увеличение времени жизни носителей n-типа в объеме, вероятно, обусловлено очисткой пластин от рекомбинационно-активных примесей вследствие присутствия в них геттерирующих центров, сформированных в результате имплантации. Отсутствие положительного эффекта для пластин р-типа может быть объяснено снижением эффективности геттерирования примесей в них вследствие образования комплексов “рекомбинационно-активная примесь – бор”, которые, как известно, имеют низкий коэффициент диффузии в решетке кремния. Измерение времени жизни неравновесных носителей на поверхности проводилось на пластинах кремния КДБ12В, для которых начальное τ не превышало 0,5 мкс. Для фотовозбуждения неравновесных носителей заряда на поверхности пластин использовали свет с длиной волны 0,63 мкм. Независимо от режимов обработки наблюдалось незначительное (не более 0,2 мкс) увеличение τ . Это может быть объяснено пассивацией поверхностных рекомбинационных центров в результате формирования тонкого оксидного слоя на поверхности после плазменной обработки.

Развитие навыков исследовательской работы при проведении практикума по физике

Корбан Н.Р.

Белорусский национальный технический университет

Профессиональная ориентация учащихся является важнейшей задачей учреждений среднего образования, т.к. правильный выбор будущей профессии позволит в будущем более полно раскрыться творческим возможностям каждой личности. Для достижения хорошего результата очень важно, чтобы выбор профессии происходил осознанно, на основе собственного, пусть пока и небольшого, опыта. С этой целью при проведении лабораторных и практических занятий по физике в лицее Белорусского национального технического университета вводятся элементы творческой исследовательской работы. Реализуется это различными способами, но наиболее эффективными приемами являются следующие два: 1) на практических занятиях по решению задач лицеистам предлагаются задачи с минимально определенными исходными данными, но четко сформулированной целью, которую необходимо достичь. Такая постановка задачи побуждает лицеистов более глубоко осмыслить соответствующие разделы физики, а также физические законы, которые могут быть использованы при решении задачи. Обсуждение возможных вариантов решения, критика одних подходов и обоснование и защита других позволяют развивать логику и аргументацию лицеистов, а также приучают их применять творческий, нестандартный подход. Особенно хороший эффект дает задание таких задач на дом для самостоятельной работы, т.к. является стимулом для изучения дополнительной учебной и научной литературы, поиска нестандартных вариантов решения. Кроме того, такие задания создают в классе атмосферу самостоятельности и коллективного творчества, позволяющую полнее раскрыться творческому потенциалу каждого лицеиста. 2) на лабораторных занятиях лицеистам даются усложненные задания, которые требуют творческого подхода к выбору метода измерения, а также анализ и при необходимости корректировку методики обработки полученных данных. Такие задания развивают творческий подход к поискам решения поставленной задачи, умение сопоставить несколько вариантов измерения нужного параметра и выбрать лучший из них. Кроме того, действия не по предложенному шаблону развивают у лицеистов инициативу и творческий подход.

**Мониторинг знаний студентов при выполнении
лабораторных работ по физике**

¹Неумержицкая Е.Ю., ²Белая О.Н.

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный педагогический университет

Необходимость адаптации образования к потребностям современного общества обуславливает поиск научно обоснованных оценок качества образования и наблюдения за процессами его развития. Важнейшим условием повышения качества образования являются систематический контроль и анализ объективных данных о качестве обучения и подготовленности студентов.

Процесс управления качеством образования может быть эффективным только при наличии постоянной обратной связи, обеспечивающей субъектов образования надежной валидной информацией о качестве всей системы образования и ее составляющих.

Анализ литературы по данной проблеме позволил сделать вывод, что само понятие мониторинга трансформировалось от более общего – «проверка и учет знаний студентов», количественного – «оценка знаний и умений», к более жесткому – «контроль и учет знаний и умений», далее к неопределенному – «отслеживание учебных достижений студентов» – и более диагностичному – «измерение уровня достижения студентов образовательного стандарта» – и, наконец, к современным понятиям – «диагностика качества образования», «образовательный мониторинг», «экспертиза качества образования», «квалиметрический мониторинг».

Алгоритм проведения мониторинга знаний студентов при выполнении лабораторных работ по физике включает: применение основных законов физики для решения прикладных инженерных задач; знание новейших достижений в области физики и перспективы их использования в науке и технике; умение использовать основные измерительные приборы; производить обработку результатов физических экспериментов; защита отчетов по выполненным лабораторным работам.

**Химия
и химические технологии**

Определение активности промышленных отходов

Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет

На тепловых электростанциях проводится химическая водоочистка методом известкования и коагуляции, при которой образуется шлам ХВП. Отход состоит в основном из $\text{CaCO}_3 \sim 75 \dots 80$ масс. %, $\text{SiO}_2 \sim 3 \dots 4$ масс. %. Учитывая химический состав этих отходов можно их использовать для производства вяжущих материалов. Активность шлама обусловлена содержанием в нем веществ, находящихся в химически активной форме. Одним из методов оценки активности минеральной добавки является определение количества CaO в мг, поглощаемого из известкового раствора 1г добавки SiO_2 . (Рис1.)

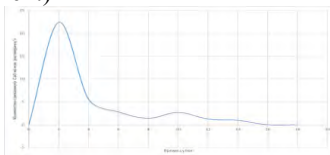


Рис.1 Гидравлическая активность шлама водоподготовки

Результаты определения активности свидетельствуют о слабом связывании оксида кальция. Шлам ХВП имеет пуццолановую активность по поглощению CaO 37,1 мг/г. Его можно использовать для получения вяжущих материалов совместно с мелкодисперсным кремнеземом.

Гранитные отсевы являются более перспективным сырьем для производства геополимерных вяжущих. Активность гранитных отсевов фракции 5 мкм составляет 73,7 мг/г, что обусловлено высоким содержанием в них кремнезема, частицы которого характеризуются большой дисперсностью. По результатам проведения испытания установлено, что гранитные отсевы фракции 5 мкм являются высокоактивными (рис.2)

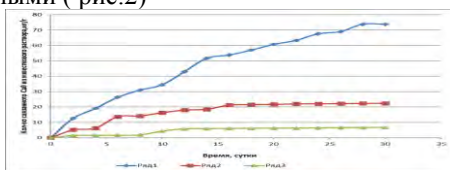


Рис.2 Гидравлическая активность гранитных отсевов

(ряд1-фракция 5мкм, ряд2-фракция , ряд3-фракция)

Данную группу отсевов возможно в дальнейшем использовать в качестве минеральной активной добавки для создания цементных материалов.

Изучение каталитической активности композиционных материалов на основе шлама водоочистки

Слепнёва Л.М.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время интенсивно изучаются фотокаталитические добавки, включающие диоксид титана, и их возможность использования в строительных материалах с целью очистки от окружающих загрязнителей и для сохранения исходного цвета изделий промышленного производства, подвергающихся воздействию этих загрязнителей. Так, в частности, широко известно применение диоксида титана в форме анатаза в качестве фотокатализатора в цементных составах. В производстве различных конструктивных элементов обычно образуют цементную основу без диоксида титана, а затем она снаружи покрывается диоксидом титана, дополнительно смешанным со связующими различных типов. В фотокаталитических цементах цементная составляющая одновременно адсорбирует атмосферные загрязнители за счет установления быстрого динамического равновесия с окружающей средой, затем разлагается фотокатализатором. Переход к ультрадисперсным полупроводниковым материалам позволяет существенно повысить их реакционную активность. Существенное влияние на структуру частиц, формирующихся золь-гель методом оказывают условия синтеза – тип растворителя, температура, концентрация и кислотность раствора. Золь-гель процесс получения наноразмерных частиц диоксида титана основан на реакции гидролиза титан-содержащего прекурсора $Ti(OC_4H_9)_4$ и реакции поликонденсации в водно-спиртовой среде. Протекающие реакции приводят к формированию коллоидной системы нанокластеров. Нами была поставлена задача изучения каталитической активности комплексов диоксида титана с продуктами прокаливания отходов водоочистки теплоэнергетических станций. Основную часть отходов водоочистки составлял карбонат кальция, прокаливание которого при $1000\text{ }^\circ\text{C}$ приводило к образованию преимущественно оксида кальция (95%). С целью образования композиционного материала, включающего оксиды кальция и титана (IV), к водной суспензии продукта прокаливания отходов добавляли раствор тетрахлорида титана в изобутиловом спирте при нагревании и перемешивании. После охлаждения до комнатной температуры осадок отфильтровывали и прокаливали 1 час при $600\text{ }^\circ\text{C}$. Полученный композиционный материал проявлял фотокаталитическую активность по отношению к разложению раствора метилоранжа в водной

среде, однако количественное определение фотокатализа было затруднено вследствие ярко выраженной адсорбционной активности композиционного материала.

УДК 628.5:621.311.22

Гидравлическая известь на основе шлама химводоподготовки тепловых электростанций

Глушонок Г.К.

Белорусский национальный технический университет

Десятки тысяч тонн шламов образуются в процессе снижения жесткости воды на стадии предварительной очистки на тепловых электростанциях (ТЭС). Проблема утилизации и переработки этих отходов стоит сегодня особенно остро. В настоящее время не существует универсального метода обработки и утилизации шлама химводоочистки (ХВО). Основным компонентом шлама является CaCO_3 .

Одним из способов последующей утилизации шлама является традиционный способ получения вяжущих веществ. Наиболее близким по технической сущности является способ производства вяжущих на базе карбонатного сырья, основанный на технологии обжига при $1000 - 1200^\circ\text{C}$. По данной технологии получают строительную известь. Целью настоящего исследования было изучение возможности получения гидравлической извести из шлама водоочистки ТЭС.

Методами дифференциального термического анализа (ДТА) изучено разложение образцов шлама без добавок (1) и шлама в присутствии AlOON (2) и SiO_2 (3). Молярное отношение компонентов шлам : добавка в образцах (2) и (3) составляло 1:1. Для всех образцов фиксируется эндотермический процесс разложения CaCO_3 с максимумом при температурах 758°C (1), 742°C (2) и 732°C (3). Оценка количества содержания CaCO_3 в шламе по данным ДТА для образца (1) ~ 86%.

Были проведены рентгеноструктурные исследования исходных образцов (1), (2) и (3) и образцов (1), (2), (3) прогретых при 1000°C 2 часа. Исходный шлам идентифицируется на рентгенограмме в виде CaCO_3 в кристаллической модификации кальцит. Рентгенограмма шлама прогретого при 1000°C 2 часа не содержит сигналов кальцита, а заменяется рентгенограммой с сигналами от CaO в кристаллической модификации лайм. В исходных образцах (2) и (3) идентифицируются CaCO_3 (кальцит) и AlOON (бемит) для (2) и CaCO_3 и SiO_2 (кварц) для (3), а в образцах прогретых при температуре 1000°C 2 часа наблюдается образование $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ для (2) и $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (ларнит) для (3).

Таким образом, показано, что разложение высокодисперсных частиц шлама (CaCO_3) и взаимодействие их с оксидами, придающими гидравлические свойства извести, может осуществляться при температуре не выше 1000°C .

УДК 661.882'022-14:544.77.051.1

Фотокаталитический композиционный материал на основе каолина

Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Благодаря своей химической стабильности и нетоксичности диоксид титана перспективен для применения в строительной индустрии. Нанесенный на бетонную поверхность TiO_2 под действием УФ-света и влаги катализирует окисление техногенных загрязнителей (NO_x , CO , летучих органических соединений и др). Современные фотокаталитические строительные материалы чаще получают процессом простого физического смешивания различных компонентов, в результате связь между фотокатализатором и вяжущими веществами существует только по границам контакта частиц. Глубокий контакт фотокатализатора с минеральными элементами строительных материалов является необходимым условием эффективного фотокаталитического действия. В данное время имеется потребность в недорогих фотокаталитических строительных композициях, в которых фотокатализатор стабильно интегрирован с минеральными составляющими (например, цементом).

В связи с этим нами был получен и изучен каталитический материал на основе комбинации метакаолин – TiO_2 . Метакаолин вводится в цементные смеси с целью улучшения их качества, так как он обладает и пуццолановой активностью, и позволяет повысить плотность структуры твердеющей композиции. Метакаолин получали из каолина ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) путем термообработки при $T = 970 \text{ K}$ в течение 1 часа. Далее в приготовленную водную суспензию метакаолина при температуре 343 K постепенно при перемешивании вводили раствор TiCl_4 в изобутиловом спирте (для получения смеси с массовым отношением TiO_2 (30%) + метакаолин (70%)). Для нейтрализации образующейся в результате гидролиза тетрахлорида титана кислоты (HCl) добавляли раствор NH_4OH до pH 8-9. Через сутки образовавшийся осадок фильтровали, сушили и прокаливали 1 час при 920 K . Фотокаталитическую активность полученного композита изучали на модельной реакции окисления красителя метилоранжа фотокалориметрическим методом (при $\lambda = 540 \text{ nm}$) при воздействии ультрафиолетового и видимого света. Облучение проводили при

постоянном перемешивании раствора, пробы для определения оптической плотности отбирали каждые 20 мин. Степень разложения метилоранжа в течение двух часов составила около 30 %. Полученный материал на основе метакаолина и TiO_2 может при необходимой доработке использоваться в качестве фотокаталитической добавки в строительные смеси.

УДК 541.45:541.135

Композиционный материал на основе оксидов РЗЭ техногенного происхождения

Горбунова В.А., Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет

Замещенные редкоземельные манганиты (например, LaMnO_3) со структурой перовскита (ABO_3) являются перспективными материалами, обладающими необычными электрическими, магнитными и каталитическими свойствами. Активно исследуется их применение в процессах фотокатализа и в топливных элементах. Широкие возможности варьирования природы катионов по А- и В- положениям позволяют повысить концентрацию ионов $\text{Mn}(+4)$, что приводит к образованию анионоизбыточных состояний и позволяет, в конечном итоге, тонко подстраивать структуру перовскита под разнообразные окислительные процессы.

Цель работы: на основе базовой структуры манганита лантана LaMnO_3 путем замены соединений чистого лантана на полилантаноидный концентрат, ранее полученный из стеклополировальных отходов белорусских предприятий, термохимическим методом получить серию сложных манганитов состава $\text{La}_{(1-x)}\text{Ln}_x\text{MnO}_3$ со степенью замещения $x=0,2-1$, где Ln – смесь металлов цериевой группы: La, Nd, Ce, Pr, и определить фазовый состав полученных композиционных материалов. В качестве исходного сырья применялись растворы нитрата марганца (II) и отходный азотнокислый полилантаноидный концентрат. Процесс получения полилантаноидного манганита осуществляли терморазложением (1170-1270 К) смеси азотнокислых солей, что приводило к росту парциального давления кислорода в зоне реакции и тем самым способствовало более эффективному синтезу перовскитной оксидной структуры.

Синтезированный полилантаноидный манганит был исследован методом рентгенофазового анализа. Для образцов составов с $x=0-0,2$ установлено наличие перовскитной кубической фазы на основе дефектного полилантаноидного манганита, для составов с x более 0,4 обнаружены две фазы – перовскитная кубическая фаза на основе

манганита и флюоритная кубическая фаза на основе CeO_2 . Таким образом, образцы полилантаноидных манганитов со степенью замещения более 0,4 обладают микрогетерогенной структурой, сочетающей две кубические перовскитную и флюоритную фазы. Такие структуры обладают высокой термической стабильностью и повышенной каталитической активностью, поэтому полученные сложноокисные манганиты могут быть рекомендованы для изучения их каталитической активности в реакциях окисления CO и углеводородов.

УДК 628.5:621.311.22

Способы активации гранитных отсеков

Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из важнейших направлений дальнейшего развития шлакощелочных вяжущих связано со снижением содержания щелочного активатора и шлака за счет введения в состав вяжущего различных осадочных пород. На кафедре химии БНТУ разработаны различные составы бетонов на основе минерально-щелочного вяжущего (например, номер состава 1 и 2: вяжущее (гранит 352 г, шлак 111 г), активатор (сликат натрия 98 г, гидроксид натрия 18 г), заполнитель (состав 1 песок 1226 г, состав 2 – 1386 г), вода (состав 1 – 214 г, состав 2 – 188 г) и определены основные направления их исследования. В качестве основного компонента вяжущего использовали магматическую горную породу кислого состава – гранитную муку, в качестве модифицирующей добавки – основной доменный шлак Новолипецкого металлургического комбината (первый сорт, химический состав: коэффициент качества \bar{K} не менее 1,65, содержание оксида алюминия - не менее 8 %, оксида магния - не более 15 %, оксида титана (IV) – не более 4 %, оксида марганца (II) – не более 2 %. Гидравлические свойства доменного шлака оценивают при помощи коэффициента качества (K), который определяют по формуле:

$$K = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + \%MgO}{\%SiO_2 + \%TiO_2}$$

Для активизации процессов твердения применяли гидроксид натрия реактивной квалификации (растворяли в 60 мл воды) и натриевое жидкое стекло (45% основного вещества, силикатный модуль 3, растворяли в 50 мл воды). Для приготовления бетонов использовали заполнитель песок.

Образцы были прокалены при температуре 60–200°C в течение 8 часов. После естественного охлаждения образцов *водопоглощение по массе* ($m_{\text{воды}}^*100/m_{\text{образца}}$) через 1 сутки выдерживания в воде при комнатной

температуре составило 10,5-10,9 %.

Установлено, что добавка доменного шлака позволяет получить большую прочность минерально-щелочного вяжущего, чем добавки портландцемента и гидроксида алюминия. Установлено, что при использовании добавки шлака в количестве 8-10 % вяжущее набирает прочность в нормальных условиях и при тепловлажностной обработке. Выявлено снижение прочности вяжущего, содержащего добавку шлака, в условиях сухого прогрева. Установлено, что наиболее эффективной добавкой, обеспечивающей водостойкость вяжущего, является доменный гранулированный шлак в количестве 8-25%.

УДК 542.06

Прогнозирование возможности применения вторичного полиэтилена как вяжущего нетрадиционных композитов ямочного ремонта дорог

Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее изнашиваемым элементом дороги является асфальтобетонное покрытие.

Ремонт дорожного покрытия должен обеспечивать на дороге безопасное движение автотранспорта с разрешенной Правилами дорожного движения скоростью.

В то же время, утилизация вторичного полиэтилена (ПЭ), в основном из бытовых отходов, является одной из глобальных задач.

Целью данной работы является изучение возможности применения вторичного полиэтилена как вяжущего компонента композиционного материала, применяемого при ремонте дорог.

Композиционный материал получали смешением гранитного отсева (Микашевичи, Беларусь) с измельченными отходами изделий из ПЭ (одноразовые полиэтиленовые пакеты, б/у тепличная пленка, б/у тепличная пленка фото-. термостабилизированная) в количестве 10% с последующей выдержкой в течение 30 мин при температурах 115°C, 125°C, 135°C. Установлено, что применение материала из одноразовых ПЭ пакетов при всех температурах приводит к его спеканию без образования композита; применение б/у тепличной пленки приводит к образованию композита с неравномерным распределением вяжущего при температурах 125°C и 135°C; использование в качестве предполагаемого вяжущего б/у тепличной пленки стабилизированной приводит к получению цельного композита с равномерным распределением полимера при температуре 135°C. Для определения оптимального количества вторичного полимера

были изготовлены образцы с содержанием исходного материала в количествах 7, 10 и 15% с последующей выдержкой 30 мин при температуре 135°C. Оптимальное количество, при котором гранитный отсев полностью покрывается полимером с образованием цельного образца составляет 15% .

Таким образом, использование в качестве вяжущего б/у тепличной пленки фото-. термостабилизированной можно рассматривать как перспективный вариант нетрадиционных композиционных материалов, применяемых при ямочном ремонте дорог. Также визуальный анализ образцов позволяет предположить возможность использования шлама водоочистки для дополнительного армирования полученных материалов и усиления сцепки автомобильных шин с дорогой, что в свою очередь, может частично решить проблему утилизации указанных видов отходов.

УДК 546.536

Исследование химической устойчивости карбонитридов титана в щелочных растворах

Медведев Д.И., Медведева Н.Д.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что использование тугоплавких бинарных соединений (карбидов, нитридов, силицидов) и неорганических связующих приводит к получению композиций, свойства которых во многом идентичны свойствам исходных порошкообразных наполнителей. Более того они приобретают и новые, например, адгезионные свойства. Наиболее изученными являются композиции на основе ультрадисперсных наполнителей и кислых связующих (фосфатных, алюмо- и хромфосфатныхсвязующих). Однако, недостатком подобных систем является разупрочнение структур твердения при повышенных температурах. Поэтому более перспективным является разработка композиций на основе щелочных связующих, которые свободны от указанных выше недостатков.

В качестве порошковой составляющей карбонитриды титана широкой области гомогенности, которые сочетали бы лучшие свойства карбидов (механическая прочность, устойчивость при повышенных температурах) и нитридов (пластичность, электропроводность).

Ультрадисперсные карбонитриды титана с удельной поверхностью от 10 до 26 м²/г характеризовались широкой областью гомогенности, которая варьировалась от TiC_{0,5}Ti_{0,5} до TiC_{0,3}N_{0,7}. В качестве жидкой составляющей применяли 10,20 и 40%-ные растворы NaOH.

В результате проведенных исследований установлено, что при комнатной температуре (20°C) карбонитриды титана в пределах области гомогенности практически устойчивы как 10, так 40%-ых растворах NaOH.

При увеличении концентрации щелочи и температуры кипения растворов степень разложения карбонитридов титана увеличивается до 1,2 и 2,0% в течение часа. Причем с увеличением содержания углерода в продукте степень разложения несколько возрастает, что свидетельствует о более высокой активности карбонитридов в щелочных растворах по сравнению с TiN. Следует отметить, что химический состав твердого остатка практически не отличался от первоначального, что свидетельствует о разложении карбонитридов без изменения состава твердого остатка.

Следует отметить, что величина удельной поверхности карбонитридов не оказывает такого существенного влияния на устойчивость в растворах щелочей по сравнению с кислыми средами.

УДК 628.5

Шлам водоочистки как активная минеральная добавка в цементное вяжущее

Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время активно ведется разработка методов снижения экологической нагрузки на окружающую среду с помощью вторичного использования отходов производства.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что шламы химводоочистки (ХВО) ТЭС, являющиеся производственным отходом, могут служить ценным сырьем для многих отраслей промышленности и сельского хозяйства. Шлам ХВО электростанций состоит в основном из карбонатов кальция и магния.

Исследование гранулометрического состава шламов показало, что 74,2% состоит из частиц 10 - 25 мкм, 25,7% частиц – 5 - 10 мкм, 1,1% - 25 - 10 мкм.

Изучение технологических свойств исходных масс на основе шламов ХВО и цемента проводились по таким показателям как пластичность, формовочная влажность, и связующая способность, а также водопоглощение и прочность образцов вяжущих материалов.

В ходе проведенных исследований было установлено, что в условиях нормального твердения на поверхности раздела фаз цемент-шлам

образуются низкоосновные гидросиликаты кальция различного состава, что значительно увеличивает прочность гидратированного цементного камня, а высокая дисперсность шлама обеспечивает хорошую адгезию композиционного вяжущего к мелкому заполнителю.

Введение карбонатного шлама в количестве 10 – 15% от массы цемента позволяет регулировать структурно-реологические и деформативные свойства цемента на всех этапах гидратации. Отчетливо просматривается роль добавки карбонатного шлама как фактора увеличения времени формирования структуры на начальном этапе твердения, что обеспечивает получение кристаллических соединений в условиях максимального растворения клинкерных минералов и проявление их химической активности.

Анализируя опытные данные, можно утверждать, что введение ультрадисперсного микрозаполнителя в состав цемента позволяет снизить расход клинкерной составляющей без ухудшения его качества; управлять кинетикой и степенью гидратации минералов цемента, снижать объемные деформационные процессы в растворной или бетонной смеси; повышать трещиностойкость цементного камня, а следовательно, его долговечность в условиях эксплуатации.

УДК 628.5

Прессование изделия на основе шлама водоочистки

Шагойко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Проблемы утилизации и переработки отходов стоит сегодня особенно остро. В настоящее время не существует универсального метода обработки и утилизации шлама химводоочистки (ХВО) в состав которого входит: CaCO_3 , CaO , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$. В настоящее время шлам ХВО утилизируется как отход. Одним из перспективных направлений использования тонкодисперсных шламов является применение их в качестве активаторов твердения и наполнителей в производстве цементных и композиционных строительных растворов.

Применение шламов в строительном производстве позволяет не только получить высококачественные добавки, но и значительно снизить экологический ущерб окружающей среде, снизить расход цемента, повысить качество строительных материалов. Исходным материалом для проведения работы служил цемент марки ПЦ500ДО, молотый песок (< 40 мкм), шлам ТЭС, содержащий около 85% CaCO_3 .

При введении дисперсных добавок очень важно их равномерное

распределение по объёму. Для повышения однородности смесь вначале тщательно перемешивалась в сухом состоянии, а далее в присутствии воды. Влияние карбоната кальция проявляется в зоне контакта CaCO_3 - цемент. Оптимальное содержание добавки определяется так же её воздействием на процесс гидратации цемента, формирование контактной зоны между частицами добавки и цементного камня, т.е. протеканием физического и химического взаимодействия. Определение прочности образцов производилось следующим образом. Образцы в виде таблеток диаметром 5 см изготавливались из смеси различных составов. Для изготовления образцов использовался пресс с усилием прессования 25 МПа с последующей допрессовкой. Образцы после прессования твердели 24ч на воздухе в естественных условиях. Дальнейшее твердение в течении 28 суток происходило под водой. Часть образцов подвергалась 6 часовой пропарке при 90°C.

Анализ результатов исследований показал, что соотношение Ц/П/Ш – 15/50/30 является оптимальным, о чём свидетельствует относительная прочность (более 35 Мпа) испытуемых образцов, водопоглощение (7%) и плотность (1,19%). Наиболее стабильные результаты были получены прессованием с нагружением 25 МПа с последующей допрессовкой 75 МПа. В большей степени прочность повышается только через 28 суток после пропаривания. В настоящее время проводятся исследования применения карбонатного шлама с пластифицирующими добавкой (С-3).

УДК 691

Карбонатный гиперпрессованный кирпич

Яглов В.Н., Костюченко Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Прочностные характеристики искусственного камня определяются свойствами и состоянием поверхности, составляющих его компонентов.

Известна роль высокодисперсных частиц карбоната кальция в качестве возможного микронаполнителя цементных связующих. Обладая определенными размерами, твердостью, химическим и минералогическим составом, частицы карбоната кальция играют роль микрозаполнителя, образуя при этом пространственный зернистый каркас, т.е. создают структуру микробетона. В этом отношении реализуется физическая сущность структурообразующей роли карбоната кальция. Однако, следует отметить, что может проявляться и химическая его роль. В этом случае основными предполагаемыми механизмами формирования прочности карбонатно-цементных материалов являются следующие:

- Образование скоутита: $6\text{CaO}-6\text{SiO}_2-\text{CaCO}_3-2\text{H}_2\text{O}$ $\{\text{Ca}_7\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{CO}_3)_2\text{H}_2\text{O}\}$ за счет внедрения CaCO_3 в структуру гидросилкатов кальция;
- Образование основных карбонатов кальция: $\text{CaCO}_3-\text{Ca}(\text{OH})_2-m\text{H}_2\text{O}$ в присутствии извести;
- Образование гидрокарбонатов в системе: $\text{CaCO}_3-6\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$
- Образование гидрокарбоалюминатов кальция: $6\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaCO}_3-11\text{H}_2\text{O}$ и $3\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaCO}_3-31\text{H}_2\text{O}$ за счет взаимодействия карбоната кальция с алюминатными фазами цемента.

Рассматривая возможность химического взаимодействия карбоната кальция с продуктами гидратации цемента, следует иметь в виду чрезвычайно широкое разнообразие габитусов кристаллов кальцита (до нескольких десятков тысяч), что позволяет ему служить хорошей подложкой для наращивания не только вышеуказанных соединений, но и гидросиликатов кальция.

Технология производства гиперпрессованного кирпича - инновационный метод изготовления материала без обжига и сложной подготовки сырьевой смеси. Формование изделий – основной и самый важный этап всей технологической цепочки. Именно на этом этапе изделия приобретают свою геометрическую форму и свойственные им характеристики. Прессовые станки для гиперпрессованного кирпича работают по принципу так называемой холодной сварки, когда активированные мельчайшие фракции веществ соединяются между собой посредством воздействия на смесь высокого давления. Оптимизированный составы сырьевых смесей и режимы прессования.

УДК 628.5:621.311.22

Шлако-минеральные вяжущие

Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Современная тенденция создания новых строительных материалов связана с необходимостью снижения их ресурсо- и энергоемкости, а также повышения их технических и эксплуатационных характеристик. В этой связи на первый план выходит проблема создания безобжиговых вяжущих и строительных материалов на их основе. Такие материалы были созданы на Украине Глуховским В.Д. и его учениками. В качестве сырьевых материалов были использованы шлаки активированные соединениями щелочных металлов (гидроксиды натрия, калия и лития, силикаты натрия и калия, карбонаты этих металлов), содержание которых достигало 12% масс. от шлака. Однако столь высокое содержание щелочных активаторов

ограничивало применение таких вяжущих по экономическим и технологическим причинам, учитывая высокую стоимость активаторов, а также пониженную трещиностойкость и повышенное высолообразование бетонов.

Следует отметить, что аналогичные исследования, но со значительно меньшим содержанием щелочных активаторов проводились Калашниковым В.И. и его учениками. Так было установлено, что наиболее активными активизаторами отверждения порошкообразных горных пород в щелочной среде являются нейтральные и основные гранулированные металлургические шлаки. Вместе с тем роль шлака, как основного связующего, которую он играл в чистых шлакощелочных вяжущих, радикально меняется в композиционных минерально-шлаковых бетонах. В этом случае возможно протекание не только процессов гидратации при термовлажностной обработке, но и твердении минерально-шлаковой системы в условиях безводного сухого прогрева высококонцентрированного раствора, а затем расплава щелочи. Роль малых добавок щелочей сводится к начальному каталитическому воздействию на шлаковое стекло.

Следует также отметить, что в процессе сухого прогрева непрерывно повышается концентрация щелочи и согласно закона Рауля, повышается температура кипения раствора, вплоть до плавления чистой щелочи (NaOH или KOH), которая может кристаллизоваться в виде $\text{NaOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ и $\text{KOH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с последующей дегидратацией при нагреве. Интересным представляется также факт наличия эвтектики в системе NaOH – KOH (170°C), позволяющий проводить термообработку вяжущей композиции при относительно невысокой температуре. Установлена возможность получения шлако-щелочных вяжущих на основе гранитных отсеков и шлаков Беларуси.

Содержание

Технические и прикладные науки

| | |
|--|-----|
| Проектирование дорог | 3 |
| Строительство и эксплуатация автомобильных дорог | 42 |
| Транспортные сооружения | 86 |
| Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов | 151 |
| Современные методы проектирования деталей машин и механизмов | 191 |
| Механика материалов и конструкций | 218 |
| Разработка месторождений полезных ископаемых | 226 |
| Инновационные технологии в геодезии и картографии | 258 |

Общепромышленные и комплексные проблемы

| | |
|---|-----|
| Охрана труда | 281 |
| Метрология, стандартизация и управление качеством | 298 |
| Микро- и нанотехника | 316 |
| Инженерная экология | 330 |
| Организация упаковочного производства | 366 |

Естественные и точные науки

| | |
|---|-----|
| Математика и приложения | 376 |
| Естественно-научные дисциплины | 400 |
| Методы математического моделирования в научных и прикладных исследованиях | 418 |
| Инженерная математика | 449 |
| Физика | 462 |
| Химия и химические технологии | 508 |

Научное издание

**НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ**

Материалы 15-й Международной
научно-технической конференции
(70-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных работников, докторантов
и аспирантов БНТУ)

В 4 томах

Том 3

Ответственный за выпуск *В. В. Ляшенко*

Подписано в печать 09.11.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 30,34. Уч.-изд. л. 23,77. Тираж 100. Заказ 803.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

